

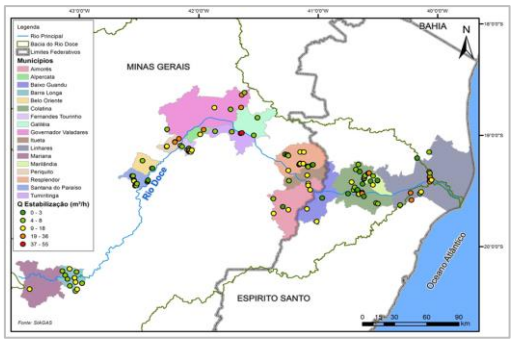
(http://www.fundacaorenova.org)

ESTUDOS DE CAPACIDADE DE MANANCIAIS SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEOS, VISANDO A CONSTRUÇÃO DE SISTEMAS ALTERNATIVOS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Relatório n°1 - Levantamento dos estudos e informações existentes pertinentes ao objeto do estudo

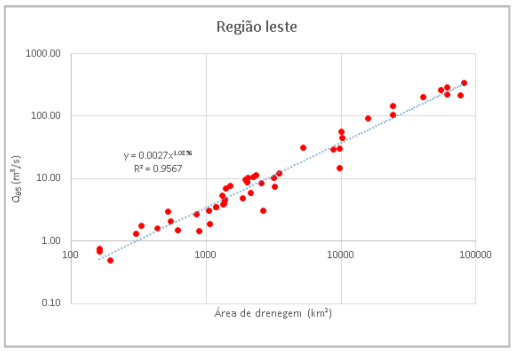
Relatório nº 2 - Estudo em nível conceitual e identificação de potenciais mananciais a serem avaliados

Relatório nº 3 – Elaboração e apresentação de documento de apoio à elaboração da especificação técnica da contratação dos serviços



Relatório preparado para:

Fundação RENOVA
Av. Getúlio Vargas, 671-4º andar
Belo Horizonte – MG
CEP 30112-021



Preparado por:

NHC Brasil Consultores Ltda.
R. Funchal 263, 2º andar, Conjunto 21
São Paulo – SP
CEP 04551-060

RHAMA Consultoria Ambiental Ltda.
Av. Cristóvão Colombo, 3084/702
Porto Alegre – RS

especialistas em recursos hídricos

INFORMAÇÕES DE CONTATO DO CONTRATANTE

Nome: Yone Melo de Figueiredo Fonseca (Líder de Programa)

E-mail: yone.fonseca@fundacaorenova.org

Telefone: +55 (31) 98411-3459 / +55 (61) 98151-0605

Nome: Mateus L.aboissière Mol (Responsável do contrato)

E-mail: mateus.mol@fundacaorenova.org

Telefone: +55 (31) 98459-8284 / (31) 97329-5005

NOTIFICAÇÃO

Este documento foi preparado pela e NHC Brasil Consultores Ltda. (NHCB) e pela RHAMA Consultoria Ambiental Ltda., doravante denominado conjuntamente como NHC-RHAMA de acordo com as práticas de engenharia e geociência geralmente aceitas. Destina-se ao uso exclusivo e benefício da Fundação Renova (RENOVA), para quem foi elaborado, e para aplicação específica a questões técnicas relacionadas à elaboração da especificação técnica para estudos e projetos de sistemas alternativos de abastecimento de água na bacia do rio Doce. Nenhuma outra garantia, expressa ou implícita, é feita.

A NHC-RHAMA e seus diretores, funcionários e agentes não assumem qualquer responsabilidade pela utilização deste documento ou de qualquer de seus conteúdos por qualquer outra parte que não a RENOVA, para quem o documento foi preparado.

CITAÇÃO

NHC-RHAMA. 2017. **Estudos de capacidade de mananciais superficiais e subterrâneos, visando a construção de sistemas alternativos de abastecimento de água.** NHC Brasil Consultores Ltda. e RHAMA Consultoria Ambiental Ltda.

NHC BRASIL CONSULTORES LTDA. E RHAMA CONSULTORIA AMBIENTAL LTDA.

Coordenadores

Guilherme de Lima, Doutor, Eng. Civil (CREA: 5061121350)

Carlos Eduardo Morelli Tucci, PhD, Eng. Civil (CREA: RS006684)

Malcolm Leytham, PhD, P.E.

Equipe técnica

Marcus Vinícius Estigoni, Doutor, Eng. Ambiental (CREA: 5062958274)

Antônio Silvio Jornada Krebs, Doutor, Geólogo (CREA: RS006070)

Bibiana Rodrigues Colossi, Mestre, Eng. Ambiental (CREA: RS194845)

APRESENTAÇÃO

Como consequência do acidente da barragem de rejeitos de Fundão, em Mariana, Minas Gerais, foram liberados rejeitos para jusante que impactaram a bacia do rio Doce e geraram adversidades no abastecimento de água das cidades ao longo do rio devido à alta turbidez da água.

A Fundação Renova contatou as empresas NHC Brasil Consultores Ltda. e Rhama Consultoria Ambiental Ltda. para realizar o estudo denominado "Elaboração da especificação técnica para estudos e projetos de sistemas alternativos de abastecimento de água na bacia do rio Doce".

O trabalho foi concebido para ser realizado em três etapas.

O primeiro relatório referente à Atividade 1 do trabalho, intitulada "Levantamento dos estudos e informações existentes pertinentes ao objeto de estudo", foi entregue em fevereiro de 2017, com revisão em abril de 2017. O referido relatório tinha como objetivo sintetizar o processo de levantamento dos dados e a análise crítica dos estudos anteriores, identificando as localidades, as demandas de abastecimento e os estudos existentes, além de estimar preliminarmente a disponibilidade hídrica superficial e subterrânea em escala regional para discussão e consolidação da metodologia do estudo e desenvolvimento da concepção da complementariedade da oferta de água para as cidades.

O segundo relatório referente à Atividade 2 do trabalho, intitulada "Identificação, avaliação e estudo conceitual de potenciais mananciais alternativos", foi entregue em junho de 2017, com revisão em julho de 2017. Apresentou dados revisados das demandas de abastecimento, o estudo de disponibilidade hídrica superficial e subterrânea de acordo com metodologia discutida e validada em reunião realizada dia 23/02/2017 em Nova Lima/MG, entre equipe técnica da NHC-RHAMA, técnicos da Fundação RENOVA e técnicos de instituições membro da CT-SHQA (ANA, IGAM/MG, SEMAD/MG, AGERH/ES, IEMA/ES e SEDURB/ES), e estudo em nível conceitual de diferentes sistemas de captação e adução de água em mananciais superficiais e subterrâneos para cada uma das localidades, além de fazer uma comparação e aconselhar a alternativa mais atraente.

O presente relatório corresponde ao relatório final deste estudo, ele é cumulativo em conteúdo em relação aos relatórios anteriores e inclui as análises referentes à Atividade 3 do trabalho, intitulada "Elaboração e apresentação de documento de apoio a elaboração da Especificação Técnica da contratação de estudos e serviços subsequentes", contemplando todas as atividades realizadas ao longo do estudo. É apresentada a especificação técnica para os estudos detalhados em nível de projeto a serem realizados para a efetiva escolha das alternativas selecionadas e para elaboração de projetos e execução da construção dos sistemas de captação e adução. São detalhados os métodos de estudos hidrológicos a serem empregados, requisitos de monitoramento hidrológico, sugestões de locação dos poços, bem como normas NBR a serem seguidas na perfuração e testes de bombeamento, especificações dos métodos para estudos das obras hidráulicas e de adução e recomendações gerais.

O Sumário Executivo apresentado a seguir apresenta, em linguagem clara e sucinta, o escopo e objetivo dos estudos, métodos e dados empregados, principais resultados, limitações e recomendações para as próximas fases do estudo de implantação e uso dos novos mananciais em nível de detalhe de projeto, além de uma análise geral do estudo.

São Paulo, agosto de 2017.

NHC Brasil Consultores Ltda. e Rhama Consultoria Ambiental Ltda.

SUMÁRIO EXECUTIVO

Como consequência do acidente da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais, os rejeitos acumulados na barragem (em geral partículas muito finas) deslocaram-se para jusante, causando impactos nos cursos d'água, zonas de várzeas e áreas adjacentes.

O evento causou aumento expressivo na turbidez[1] da água dos rios comprometendo o abastecimento de água de várias comunidades que usavam a água dos rios para abastecimento humano e animal. No uso de água para abastecimento público[2] a turbidez deve ser removida durante o processo de tratamento de água, porém cada Estação de Tratamento de Água (ETA) possui uma determinada capacidade limite de turbidez para tratamento, que é função de suas características físicas e das técnicas e produtos empregados. Logo após o acidente, quando houve aumento da turbidez, as ETAs que captam águas do rio Doce pararam suas atividades ou operaram com capacidade de tratamento reduzidas. Com os depósitos de rejeitos no fundo dos rios e reservatórios, sempre que aumenta a vazão em dia chuvoso ocorre aumento da turbidez, podendo impactar os serviços.

De acordo com a cláusula 171 do Termo de Transação de Ajustamento de Conduta (TTAC)[3], os municípios que tiveram seu abastecimento de água afetado pelo rompimento da barragem devem ser contemplados com novos sistemas de abastecimento de água alternativos ao rio Doce (e demais corpos hídricos afetados pelo acidente). No TTAC foram identificadas 24 localidades que tiveram seu Sistema de Abastecimento de Água (SAA) afetados ou que necessitam implementação de novo sistema de captação de águas para abastecimento humano.

Objetivos

Este estudo teve como objetivo identificar e avaliar em nível conceitual potenciais mananciais alternativos, superficiais e/ou subterrâneos, para as 24 localidades identificadas no TTAC. Estes novos mananciais visam a diminuição da dependência de abastecimento rio Doce[4], minimizando riscos de eventual desabastecimento. O estudo também apresenta especificação técnica para contratação de estudos detalhados em nível de projeto para a construção dos sistemas de captação e adução de água.

Os objetivos específicos deste estudo foram os seguintes:

- Identificar fontes alternativas de abastecimento de água para as cidades afetadas e que são relacionadas na Cláusula 171 do TTAC;
- Identificar alternativas de abastecimento da demanda prevista no TTAC e elencar em nível de concepção as melhores alternativas de acordo com os dados secundários usados neste estudo;
- Elaborar as especificações técnicas para os estudos subsequentes e obras complementares.

---

1 A turbidez da água é a medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar uma certa quantidade de água. As principais causas da turbidez da água são: presença de matérias sólidas em suspensão (silte, argila, sílica, coloides), matéria orgânica e inorgânica finamente divididas, organismos microscópicos e algas.

2 A turbidez recomendada para abastecimento de água é inferior a 5 NTU. Na classificação dos rios, a resolução do Conama 386/2005 estabelece que, para classe 1, o valor deve ser inferior ou igual a 40 e, para classe 2 e 3, o valor deve ser inferior a 100 NTU.

3 Termo de Transação de Ajustamento de Conduta (TTAC) firmado entre Samarco, Vale e BHP Billiton com os governos federal e dos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo em março de 2016.

4 O rio Doce é o rio que recebeu os rejeitos e vem drenando os mesmos até o Oceano.

O estudo se baseou em informações secundárias para identificar a disponibilidade hídrica dos mananciais superficiais e subterrâneos para as localidades. Foram elencadas pelo menos duas alternativas para cada localidade, com avaliação preliminar das condições dos mananciais em relação a potencial poluição, necessidade de obras de infraestrutura, procedimentos de licenciamento e estimativa de custo de implantação dos sistemas de captação e adução.

Bacia Hidrográfica e Localidades afetadas

A bacia hidrográfica do rio Doce possui área de drenagem de 82.300 km², sendo 86% pertencente ao estado de Minas Gerais e o restante ao estado do Espírito Santo. A Figura i a seguir apresenta a localização da bacia hidrográfica, dos municípios contemplados no presente estudo e dos rios impactados pelo acidente.

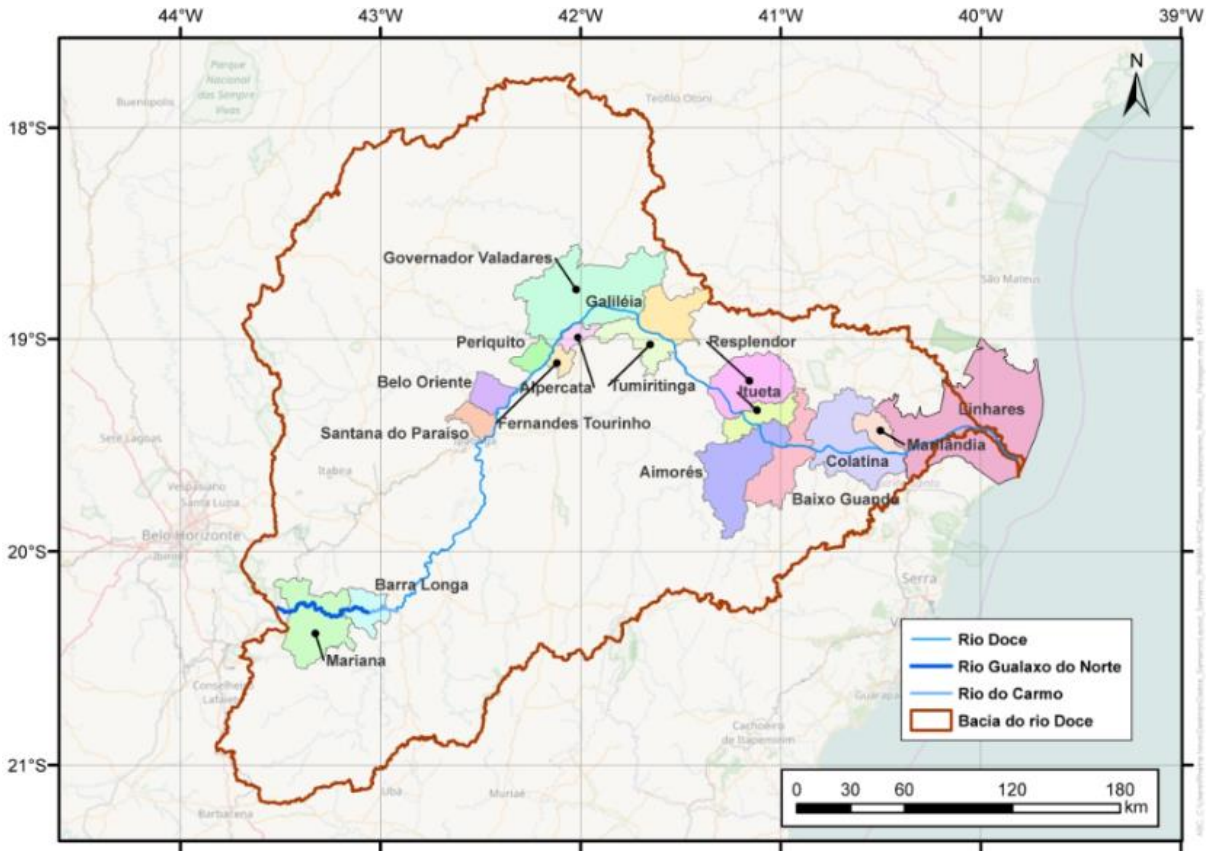


Figura i. Mapa da bacia hidrográfica do rio Doce, municípios estudados e corpos d'água impactados.

As localidades que fazem parte do estudo são aquelas identificadas no TTAC que sofreram impacto devido a elevação da turbidez no rio Doce. Identificou-se também que o TTAC abrange algumas localidades impactadas e que não possuem SAA. O TTAC contempla 24 diferentes localidades, desde aquelas com população da ordem de 100 mil habitantes até distritos com reduzida população. Foi estabelecido que os mananciais alternativos tenham capacidade de fornecer vazão suficiente para redução da dependência do uso das águas do rio Doce em 30% para localidades com até 100.000 habitantes e 50% para localidades com população maior. Ressalta-se que o TTAC prevê uma vazão

mínima de atendimento, contudo em situações específicas optou-se pelo uso de uma meta superior para a vazão.

A Tabela i a seguir apresenta as localidades afetadas, a vazão de referência, a redução percentual necessária da captação da localidade no rio Doce, conforme o TTAC, e a vazão meta, calculada com base na vazão de referência e na redução estipulada

Tabela i. Localidades em estudo, vazão de referência e vazão meta estabelecida pelo TTAC.

Nº	Município	Sede / Localidade	Vazão referência do TTAC (L/s)	Redução percentual (%)	Vazão meta (L/s)
1	Aimorés	Sto. Antônio do Rio Doce (Mauá)	6,00	30	1,80
2	Alpercata	Sede	23,72	30	7,12
3	Baixo Guandu	Sede	140,00	30	42,00
4	Baixo Guandu	Mascarenhas	6,00	30	1,80
5	Barra Longa	Barreto	4,00	30	1,20
6	Barra Longa	Gesteira	4,00	30	1,20
7	Belo Oriente	Perpétuo Socorro (Cach. Escura)	40,00	30	12,00
8	Colatina	Sede	384,00	50	192,00
9	Fernandes Tourinho	Senhora da Penha	4,00	30	1,20
10	Galiléia	Sede	23,63	30	7,09
11	Governador Valadares	Sede	1.343,00	75	1.008,00
12	Governador Valadares	São Vitor	6,00	30	1,80
13	Itueta	Sede	17,16	30	5,15
14	Linhares	Sede	400,00	50	200,00
15	Linhares	Regência	20,00	30	6,00
16	Mariana	Camargos	4,00	30	1,20
17	Mariana	Paracatu de Baixo	4,00	30	1,20
18	Mariana	Pedras	4,00	30	1,20
19	Marilândia	Boninsegna	4,00	30	1,20
20	Periquito	Pedra Corrida	11,00	30	3,30
21	Resplendor	Sede	60,00	30	18,00
22	Santana do Paraíso	Ipaba do Paraíso (Ipabinha)	4,00	30	1,20
23	Tumiritinga	Sede	19,00	30	5,70
24	Tumiritinga	São Tomé do Rio Doce	5,00	30	1,50

Análise dos Mananciais Alternativos para as Localidades

Para cada uma das localidades foi feito um mapeamento sistemático dos corpos d'água próximos (mananciais superficiais) e da estrutura hidrogeológica e poços da região (mananciais subterrâneos).

No caso dos mananciais superficiais foi estimada a disponibilidade hídrica para cada um deles de acordo com o método de regionalização de vazão e a vazão outorgável (com base nas legislações estaduais). O procedimento consistiu em identificar os corpos d'água próximos aos aglomerados populacionais das localidades e/ou de infraestrutura existente dos Sistemas de Abastecimento de Água (SAA), delimitar sua bacia hidrográfica e calcular a vazão outorgável para cenário sem regularização e com regularização de vazão.

O estudo de alternativas considerou os mananciais que possuíam capacidade de atender a demanda e o arranjo do sistema de adução até a ETA da localidade. Este estudo baseou-se em imagens aéreas, vazão do rio, topografia local e, principalmente, proximidade da infraestrutura existente dos SAA. Para

cada alternativa foi identificada a fonte de abastecimento, a demanda de infraestrutura para regularização ou captação, o arranjo de infraestrutura para a adução até a ETA e estimativa preliminar do custo de implantação. Foram identificados os procedimentos de licenciamento envolvidos e foi feita avaliação preliminar de qualidade da água baseada na análise de estado de conservação da bacia hidrográfica.

No caso do uso de manancial subterrâneo (perfuração de poços) foram empregados dois métodos para estimativa de disponibilidade hídrica. Foi feita uma análise estatística para calcular a probabilidade de ocorrência de vazões em um poço, e foi feita a análise da vazão média dos poços dos munícipios, de modo que se pudesse estimar o número de poços necessários para atendimento da demanda de cada localidade. A taxa de recarga do aquífero também foi estimada, sendo esta taxa estipulada como vazão limite para exploração (exploração de vazão maiores que a taxa de recarga afetariam as reservas permanentes do aquífero).

Para cada localidade foram avaliadas pelo menos duas alternativas e foi realizada a comparação entre elas, sendo sugerida uma ordem de classificação.

Disponibilidade Hídrica Superficial

A disponibilidade hídrica de um manancial superficial é a vazão que sua bacia pode produzir ao longo do tempo. A disponibilidade hídrica dos mananciais superficiais foi estimada por meio de técnicas de regionalização de vazão para as vazões: vazão média de longo período (Q_{mlp}), Q_{90}[5], Q_{95}[6] e $Q_{7,10}$[7].

A regionalização de vazões é um método utilizado para transferir informações de locais com dados para os locais sem dados ou com dados limitados (Tucci, 2002a). Corresponde à representação do comportamento da distribuição da vazão em função da área de drenagem. Na prática é uma equação que permite calcular a vazão em um determinado ponto de um corpo d'água em função de sua área de drenagem. O procedimento para determinação das equações consiste em se agrupar postos fluviométricos que se localizem em uma área hidrologicamente homogênea, calcular as vazões de interesse (por exemplo Q_{mlp}, Q_{90}, Q_{95} e $Q_{7,10}$) para cada um dos postos fluviométricos e, por fim, determinar a equação da curva que melhor represente a tendência de distribuição da vazão em função da área de drenagem.

Dentre os 476 postos fluviométricos na bacia do rio Doce foram identificados 143 postos que possuíam dados diários de vazão, dos quais 45 atendem aos critérios definidos neste estudo para seleção. Os critérios foram: série de dados de no mínimo 20 anos; existência de dados em pelo menos 90% do período coberto pela série; e avaliação de indicadores dos dados quanto a consistência como coeficiente de escoamento, relações entre vazões, entre outros.

Os 45 postos fluviométricos selecionados foram utilizados para a obtenção das equações de regionalização de vazão. Com base no comportamento hidrológico da bacia a área de estudo foi dividida em duas regiões hidrologicamente homogêneas, Leste e Oeste. Para cada um dos postos fluviométricos selecionados foram calculadas a vazão média de longo período (Q_{mlp}), vazão Q_{90}, vazão Q_{95} e vazão $Q_{7,10}$.

---

5 Q_{90} é a vazão que corresponde a 90% da curva de permanência, ou seja 90% do tempo as vazões são maiores ou iguais a Q_{90}.

6 Q_{95} é a vazão que corresponde a 95% da curva de permanência, ou seja 95% do tempo as vazões são maiores ou iguais a Q_{95}.

7 $Q_{7,10}$ é a vazão média de 7 dias com 10 anos de tempo recorrência.

Para uso da água é necessária a obtenção de outorga, que estabelece os critérios de concessão do direito de uso das águas superficiais num determinado curso d´água. Para as águas de domínio da União os critérios são definidos pela ANA, e para as águas de domínio dos estados são definidos de acordo com legislações estaduais.

A legislação do Espírito Santo e de Minas Gerais são semelhantes quanto aos critérios de vazão outorgável, sendo permitido a captação de até 50% da vazão de referência e, no caso de construção de reservatórios para regularização de vazão, manutenção de vazão equivalente a 50% da vazão de referência para jusante. Sendo que a vazão de referência no Espírito Santo é a Q_{90} e em Minas Gerais é a $Q_{7,10}$. Para estimativa de disponibilidade hídrica considerando a construção de barragem de acumulação para regularização de vazão foi adotado como potencial capacidade de regularização de um manancial a vazão regularizada (Q_r) de 60% da vazão média, conforme sugerido por Tucci (2002a).

A Tabela ii a seguir apresenta os critérios para estimativa de disponibilidade hídrica e vazão outorgável para cada cenário de uso da água superficial, com e sem regularização de vazão e de acordo com o critério da vazão outorgável de cada Estado.

Tabela ii. Disponibilidade hídrica com e sem regularização considerando vazão outorgável nos estados do Espírito Santo e em Minas Gerais.

Legislação de outorga	Critério	Estado	Vazão outorgável[1]	Disponibilidade hídrica (Q_d)[2]
Dentro do padrão da lei	Com regularização	MG	50% $Q_{7,10}$	= 0,6.Q_{mlp} - 0,5.$Q_{7,10}$
		ES	50% Q_{90}	= 0,6.$Q_{m\text{-}Leste}$ - 0,5.$Q_{90\text{-}Leste}$
Dentro do padrão da lei	Sem regularização	MG	50% $Q_{7,10}$	= 0,5.$Q_{7,10}$
Exceção				= Q_{95} - 0,5.$Q_{7,10}$
Dentro do padrão da lei		ES	50% Q_{90}	= 0,5.Q_{90}
Exceção				= Q_{95} - 0,5.Q_{90}

Onde: a $Q_{7,10}$, a Q_{mlp}, a Q_{90} e a Q_{95} são calculadas utilizando as equações resultantes do método de regionalização de vazões para cada região; [1] Este é o cenário da lei que estabelece que a maior vazão outorgável; [2] Neste cenário, usa-se a exceção da lei que permite retirar para abastecimento a disponibilidade, mantendo a vazão para jusante equivalente à metade da vazão de referência.

Disponibilidade Hídrica Subterrânea

A estimativa da disponibilidade hídrica subterrânea foi feita através da determinação da recarga subterrânea (máxima vazão que poderia ser retirada de cada poço) e o número de poços necessários para atender a uma determinada demanda. Para estimativa da disponibilidade hídrica subterrânea foram usados a base de dados dos poços da bacia do rio Doce no SIAGAS da CPRM.

A recarga subterrânea é a quantidade de água de reposição do aquífero, portanto o limite superior de retirada de água do aquífero para cada poço. A recarga foi estimada com base no hidrograma de bacias representativas para cada um dos domínios hidrogeológicos. O hidrograma é composto pelas vazões subterrâneas e superficiais. No hidrograma, pode-se separar o escoamento superficial e subterrâneo. Foi utilizada a metodologia de médias móveis adotada em *Institute of Hydrology* (1980). O escoamento subterrâneo em mm, representa a recarga específica (por unidade de área). Para estimar esta recarga em unidades de vazão utilizou-se os índices de chuvas médias anuais e adotou-se um raio de influência

dos poços considerado como área de recarga. A área de recarga assumida corresponde a um círculo de raio de 1,5 km (aproximadamente 3,5 km²).

Para a determinação do número de poços a serem perfurados para obtenção da demanda utilizou-se dois procedimentos comparativos: (a) média da vazão dos poços de cada município onde está a localidade e; (b) A curva de probabilidade de vazões de águas subterrânea para cada domínio hidrogeológico de um aquífero. A curva de probabilidade permite estimar com um nível de probabilidade o número de poços para obtenção da vazão desejada num domínio hidrogeológico, limitando cada poço a recarga estimada para a área. O primeiro método usa dados locais, mas tem pouca representatividade estatística. O segundo se baseia na classificação de domínios hidrogeológicos regionais e possui uma amostra grande e estatisticamente mais robusta.

Resultados

Para todas as localidades foi avaliado o uso de manancial superficial e subterrâneo, sendo selecionados e avaliados em nível conceitual de 2 a 5 mananciais. A Tabela iii e a Tabela iv a seguir apresentam um resumo de todas as localidades, com a população, demanda de água acordado no TTAC, as alternativas principais selecionadas (na coluna “Alternativas”: duas primeiras na ordem de classificação indicadas na tabela com a numeração 1 e 2) e o custo estimado das alternativas. Pode-se observar que os projetos atendem a uma população total de 618.927 habitantes, como demanda total de 1.533 L/s. Considerando a implantação das melhores alternativas para cada localidade do ponto de vista técnico-econômico estima-se investimentos da ordem de grandeza de R$ 110 a 190 milhões de reais, implantação de todas as alternativas 1 e todas alternativas 2, respectivamente.

De maneira geral, para as localidades com menor população o uso de manancial subterrâneo se mostra como alternativa mais atraente, enquanto que para as localidades com maior população, e maior demanda, o uso de manancial superficial é apontado como mais atraente. Das 24 localidades, as fontes dos mananciais preferenciais são: 16 (66,7%) para água subterrânea, 5 (20,8%) com água superficial e 3 (12,5%) usam a combinação de água subterrânea e superficial.

Tabela iii. Tabela resumo dos resultados para as 24 localidades com relação às fontes alternativas para abastecimento.

Município	Localidade	Demanda (L/s)	Alternativas	Tipo	Custos estimados (R$ x 1000)	População
Aimorés	Santo Antônio do rio Doce	1,80	1 – Poços 2 – Rio Manhuaçu (adut. Água tratada)	Subterrâneo Superficial	28 832	1.500[1]
Alpercata	Sede	7,12	1 – Poços 2 – R. Traíra	Subterrâneo Superficial	230 909	9.400[1]
Baixo Guandu	Mascarenhas	1,80	1 – C. Olofote 2 – Poços	Superficial Subterrâneo	255 384	990[1]
Baixo Guandu	Sede	42,00	1 – Rio Guandu 2 – C. Água Limpa	Superficial Superficial	1.908 5.413	30.070[1]
Barra Longa	Barreto	1,20	1 – Poços 2 – C. Barreto	Subterrâneo Superficial	150 205	90[1]
Barra Longa	Gesteira	1,20	1 – Poços 2 – Poços	Subterrâneo Subterrâneo	25 178	113[2]
Belo Oriente	Perpétuo Socorro	6,60	1 – Poços + C. do Café 2 – Poços	Subt. + Superf. Subterrâneo	675 1.321	9.000[1]
Colatina	Sede – Norte Sede – Sul	192,00	1 – Rio Pancas 1 – Rio S. Maria do Rio Doce	Superficial Superficial	4.719 3.924	102.010[1]
Fernandes Tourinho	Senhora da Penha	1,20	1 – Poços 2 – Córrego Preto	Subterrâneo Superficial	28 226	547[3]
Galiléia	Sede	7,09	1 – Poços 2 – C. São Tomé	Subterrâneo Superficial	22 333	8.100[1]
Governador Valadares	São Vitor	1,80	1 – Poços 2 – Manancial sem nome	Subterrâneo Superficial	28 211	655[1]
Governador Valadares	Sede – Norte Sede – Sul	900,00 108,00	1 – Rio Suaçuí Grande	Superficial	95.109	282.000[1]
	Sede – Norte Sede – Sul	900,00 108,00	2 – Rio Corrente Grande	Superficial	168.868	

[1] Fonte: estudo ESSE em 2015; [2] Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico da localidade; e [3] Fonte: censo demográfico do IBGE em 2010.

Tabela iv. Continuação da Tabela iii. Tabela resumo dos resultados para as 24 localidades com relação às fontes alternativas para abastecimento.

Município	Localidade	Demanda (L/s)	Alternativas	Tipo	Custos estimados (R$ x 1000)	População
Itueta	Sede	5,15	1 – C. do Barata e Quatisinho + poços 2 – Rio Itueto	Subt. + Superf. Superficial	3.983 3.460	4.263[1]
Linhares	Sede	200,00	1 – Lagoa Nova	Superficial	26	136.600[1]
Linhares	Regência	6,00	1 – Poços 2 – Poços	Subterrâneo Superficial	- 667	2.220[1]
Mariana	Camargos	1,20	1 – Poços 2 – C. sem nome	Subterrâneo Superficial	150 174	83[3]
Mariana	Paracatu de Baixo	1,20	1 – Poços 2 – C. do Castro	Subterrâneo Superficial	150 282	240[1]
Mariana	Pedras	1,20	1 – Poços 2 – Manancial sem nome	Subterrâneo Superficial	214 357	1.656[3]
Marilândia	Boninsegna	1,20	1 – Poços 2 – Manancial 1	Subterrâneo Superficial	150 214	Sem dados
Periquito	Pedras Corrida	3,30	1 – Poços 2 – Ribeirão Salão	Subterrâneo Superficial	- 286	1.421[1]
Resplendor	Sede	34,00	1 – C. Santana + poços 2 – C. Barroso + poços	Subt. + Superf. Subt. + Superf.	2.377 2.409	1.9962[1]
Santana do Paraíso	Ipaba do Paraíso	1,20	1 – Poços 2 – C. do Bueiro	Subterrâneo Superficial	81 248	1.274[3]
Tumiritinga	São Tomé do Rio Doce	1,50	1 – Poços 2 – C. Poço Dantas	Subterrâneo Superficial	6 208	120[1]
Tumiritinga	Sede	5,70	1 – Poços 2 – C. da Capivara	Subterrânea Superficial	- 394	6.600[1]
Totais		**1533,50**	**Custo estimado para implantação de todas alternativas 1** **Custo estimado para implantação de todas alternativas 2**		**110.314** **191.529**	618.927

[1] Fonte: estudo ESSE em 2015; [2] Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico da localidade; e [3] Fonte: censo demográfico do IBGE em 2010.

Considerações finais

A avaliação apresentada neste estudo deve ser considerada preliminar, considerando que foram usadas informações secundárias. Os resultados devem ser verificados nas fases de elaboração de projeto básico e executivo das alternativas com inspeções de campo e dados específicos que confirmem a disponibilidade e a qualidade da água dos mananciais selecionados.

Uma análise preliminar de potenciais contaminações foi realizada, mas é necessário avaliar a qualidade da água dos mananciais por meio de programa de amostragem e análises. Da mesma forma, não foram avaliados a existência de outros usos da água na bacia os quais devem ser levados em consideração nos estudos mais detalhados de disponibilidade. Deve ser destacado que procurou-se selecionar mananciais que apresentavam certa folga na capacidade de atendimento à demanda e identificar potenciais usuários na bacia hidrográfica por meio de imagens aéreas, sendo provável que os locais selecionados não apresentem conflitos de uso, mas que é essencial a avaliação local com mais informações.

As atividades deste estudo conceitual encerram-se com a descrição em detalhes de todos os procedimentos e métodos a serem utilizados na fase de projeto básico para o aprimoramento da avaliação da disponibilidade hídrica e implantação das novas captações e adutoras. O texto elaborado apresenta sugestões das especificações técnicas que devem ser seguidas no estudo detalhado das alternativas de projeto de abastecimento para cada localidade.

No processo da escolha final da alternativa, além do custo deve-se avaliar as seguintes condicionantes para definição da alternativa:

- Avaliação da qualidade da água atual e potencial contaminação futura do manancial. Isto envolve as águas superficiais e subterrâneas. Neste aspecto deve-se entender o limite atual no qual a ETA tem condições de tratar a água disponível, ou seja, para que tipo de tratamento/qualidade de água que a mesma foi dimensionada. É um fator que necessitará de dados de monitoramento e entendimento das potenciais fontes de contaminação da bacia hidrográfica de montante;
- Viabilidade do sistema de adução prevista em face de informações locais de interferência com vias, redes de todo tipo, ocupações, geologia e topografia;
- Todo manancial tem um risco de atendimento da demanda, portanto é necessário avaliar no projeto o risco de falha e planejar a segurança hídrica para este cenário, utilizando-se de um monitoramento e um sistema de previsão de vazão;
- Considerando o aspecto da segurança hídrica é essencial que os sistemas hoje existentes de captação no rio Doce sejam mantidos com capacidade de operação em sua vazão plena, pois a tendência é que a turbidez causada pelos rejeitos diminua com o passar do tempo e este manancial poderá ser uma alternativa para promover a segurança hídrica no futuro.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 1
1.1 Antecedentes 1
1.2 Objetivos 2
1.3 Organização do texto deste relatório 2
2. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA E DO EVENTO 4
3. LOCALIDADES NA BACIA DO RIO DOCE COM ABASTECIMENTO DE ÁGUA AFETADO 8
4. ESTUDOS ANTERIORES 11
4.1 Planos de Bacia Hidrográfica 11
4.2 Planos Municipais de Saneamento Básico - PMSB 12
4.3 Diagnóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário dos Municípios Afetados pelo acidente – Consultoria ESSE Engenharia (ESSE, 2015) 13
4.4 Relatório da célula de Governador Valadares: Ações realizadas em Governador Valadares e região (SAMARCO, 2016a) 13
4.5 Relatórios de avaliação das ETAs 14
4.6 Outros – Estudo do manancial Lagoa Nova em Linhares - ES 15
5. DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL 16
5.1 Características hidrológicas da bacia hidrográfica 16
5.2 Dados hidrológicos 17
5.3 Distribuição espacial das vazões específicas 18
5.4 Regionalização das vazões 25
5.4.1 Critérios de regionalização 25
5.4.2 Resultados 25
5.5 Estimativa da disponibilidade hídrica superficial 31
5.5.1 Vazão de outorga 31
5.5.2 Disponibilidade hídrica sem regularização 35
5.5.3 Disponibilidade hídrica com regularização 35
5.5.4 Critério de estimativa da disponibilidade hídrica para os mananciais 36
6. ÁGUA SUBTERÂNEA 37
6.1 Geomorfologia 37
6.1.1 Geomorfologia predominante 37

6.1.2 Geomorfologia nos municípios 40
6.2 Hidrogeologia....41
6.2.1 Domínios hidrogeológicos....41
6.2.1 Vazões por município....46
6.3 Distribuição das variáveis hidrogeológicas....49
6.4 Estimativa da disponibilidade hídrica subterrânea 59
6.4.1 Recarga do aquífero 59
6.4.2 Análise de probabilidade: vazão x poços 62
7. ESTUDOS DE CONCEPÇÃO: AVALIAÇÃO ECONÔMICO-AMBIENTAL 69
7.1 Critérios 69
7.2 Estudo de concepção das localidades 71
7.2.1 Aimorés – Santo Antônio do Rio Doce 71
7.2.2 Alpercata – Sede 83
7.2.3 Baixo Guandu – Mascarenhas....95
7.2.4 Baixo Guandu – Sede 104
7.2.5 Barra Longa – Barreto 113
7.2.6 Barra Longa – Gesteira....121
7.2.7 Belo Oriente – Perpétuo Socorro (Cachoeira Escura) 132
7.2.8 Colatina – Sede....145
7.2.9 Fernandes Tourinho – Senhora da Penha....157
7.2.10 Galiléia – Sede....168
7.2.11 Governador Valadares – São Vitor....178
7.2.12 Governador Valadares – Sede....187
7.2.13 Itueta – Sede 201
7.2.14 Linhares – Sede 213
7.2.15 Linhares – Regência....219
7.2.16 Mariana – Camargos 229
7.2.17 Mariana – Paracatu de Baixo 239
7.2.18 Mariana – Pedras 248
7.2.19 Marilândia – Boninsegna....257
7.2.20 Periquito – Pedra Corrida....266
7.2.21 Resplendor – Sede....275

7.2.22Santana do Paraíso – Ipaba do Paraíso 291
7.2.23Tumiritinga – São Tomé do Rio Doce 300
7.2.24Tumiritinga – Sede 310
7.3 Resumo da situação das localidades 318
8. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS 322
8.1 Escolha do Manancial 322
8.2 Mananciais Superficiais 323
8.2.1 Avaliação da incerteza das estatísticas das vazões 323
8.2.2 Estimativa da disponibilidade hídrica nas localidades 327
8.2.3 Regularização de vazão 330
8.2.4 Monitoramento hidrológico 331
8.3 Mananciais Subterrâneos 332
8.3.1 Incertezas das estimativas 333
8.3.2 Etapas de seleção e perfuração dos poços 334
8.3.3 Avaliação dos poços existentes e selecionados 336
8.3.4 Plano de monitoramento e manutenção dos poços 336
8.4 Especificações das obras hidráulicas 339
8.4.1 Locação da captação 340
8.4.2 Sistemas de bombeamento e estações elevatórias 344
8.4.3 Adutoras 345
8.4.4 Desapropriações 346
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS 348
10.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 353
Apêndice A. Seleção de postos fluviométricos analisados 358
Apêndice B. Vazões características dos postos fluciométricos 361
Apêndice C. Geomorfologia dos municípios 363
Apêndice D. Vazões subterrâneas e domínios por município 370
Apêndice E. Seleção de poços do SIAGAS analisados 384
Apêndice F. Vazões dos poços em função da probabilidade e número de poços 389
Apêndice G. Bacias hidrográficas das alternativas analisadas 391
G.1 Aimorés – Santo Antônio do Rio Doce 391
G.2 Alpercata – Sede 393
G.3 Baixo Guandu – Sede 398

G.4 Baixo Guandu – Mascarenhas....400
G.5 Barra Longa – Barreto....403
G.6 Barra Longa – Gesteira....404
G.7 Belo Oriente – Perpétuo Socorro (Cachoeira Escura)....407
G.8 Colatina – Sede....410
G.9 Fernandes Tourinho – Senhora da Penha....415
G.10 Galileia – Sede....416
G.11 Governador Valadares – Sede (Norte e Sul)....421
G.12 Governador Valadares – São Vitor....423
G.13 Itueta – Sede....426
G.14 Linhares – Sede....430
G.15 Linhares – Regência....431
G.16 Mariana – Camargos....431
G.17 Mariana – Paracatu....434
G.18 Mariana – Pedras....436
G.19 Marilândia – Boninsegna....437
G.20 Periquito – Pedra Corrida....441
G.21 Resplendor – Sede....442
G.22 Santana do Paraíso – Ipaba do Paraíso....446
G.23 Tumiritinga – Sede....447
G.24 Tumiritinga – São Tomé....450
Apêndice H. Custos unitários associados às alternativas....452
Apêndice I. Postos fluviométricos pré-selecionados para utilização nos estudos detalhados de disponibilidade hídrica....456
Apêndice J. Modelo para estimativa de vazão em bacias pequenas....458
Apêndice K. Simulação do balanço hídrico em reservatório....462
Apêndice L. Localização sugerida para investigação e perfuração de poços....464
Apêndice M. Análise sobre as Notas Técnicas de Regionalização de Vazão do estado do Espírito Santo....473

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da bacia do rio Doce e seus principais afluentes. 6

Figura 2. Mapa do caminho percorrido pela onda de água e lama e as estações de monitoramento da CPRM (CPRM, 2015a). 7

Figura 3. Mapa de localização dos municípios a serem estudados. 9

Figura 4. Distribuição do tipo e uso do solo da bacia hidrográfica (Rhama, 2014). 17

Figura 5. Relevo na bacia do rio Doce (elevação em metros). 18

Figura 6. Distribuição das vazões específicas médias de longo período nos postos fluviométricos da bacia do rio Doce. 20

Figura 7. Mapa de precipitação da bacia do rio Doce 21

Figura 8. Distribuição das vazões específicas Q_{95} nos postos fluviométricos da bacia do rio Doce. 22

Figura 9. Distribuição das vazões específicas Q_{90} nos postos fluviométricos da bacia do rio Doce. 23

Figura 10. Distribuição das vazões específicas $Q_{7,10}$ nos postos fluviométricos da bacia do rio Doce. 24

Figura 11. Divisão da bacia do rio Doce para a regionalização das vazões. 26

Figura 12. Análise do comportamento das vazões médias de longo período em função da área de drenagem para a região leste. 27

Figura 13. Análise do comportamento das vazões Q_{95} em função da área de drenagem para a região leste. 28

Figura 14. Análise do comportamento das vazões Q_{90} em função da área de drenagem para a região leste. 28

Figura 15. Análise do comportamento das vazões $Q_{7,10}$ em função da área de drenagem para a região leste. 29

Figura 16. Análise do comportamento das vazões médias de longo período em função da área de drenagem para a região oeste. 29

Figura 17. Análise do comportamento das vazões Q_{95} em função da área de drenagem para a região oeste. 30

Figura 18. Análise do comportamento das vazões Q_{90} em função da área de drenagem para a região oeste. 30

Figura 19. Análise do comportamento das vazões $Q_{7,10}$ em função da área de drenagem para a região oeste. 31

Figura 20. Distribuição espacial da Q_{95} na bacia do rio Doce. 33

Figura 21. Distribuição espacial da vazão média de longo período na bacia do rio Doce. 33

Figura 22. Distribuição espacial da Q_{90} na bacia do rio Doce. 34

Figura 23. Distribuição espacial da $Q_{7,10}$ na bacia do rio Doce..... 34
Figura 24. Mapa da geomorfologia (fonte: CPRM). 39
Figura 25. Mapa dos domínios geológicos. 43
Figura 26. Mapa de unidades hidrogeológicas (Fonte: CPRM). 44
Figura 27. Mapa dos domínios hidrogeológicos (modificado do mapa geológico elaborado pela CPRM). 45
Figura 28. Localização dos poços do banco de dados SIAGAS. 49
Figura 29. Profundidades dos poços SIAGAS. 53
Figura 30. Vazão de estabilização. 54
Figura 31. Vazão específica. 55
Figura 32. Nível estático. 57
Figura 33. Nível dinâmico. 58
Figura 34. Exemplo da aplicação do método de separação de escoamento. 60
Figura 35. Localização dos postos utilizados no estudo. 62
Figura 36. Distribuição de probabilidade de vazão em um poço para o Embasamento Fraturado Indiferenciado. 64
Figura 37. Função vazão versus probabilidade para a perfuração de 1 poço na região fraturada. 65
Figura 38. Curvas de vazão de poços, probabilidade e número de poços. 65
Figura 39. Distribuição de probabilidade de vazão em um poço para a Formação Barreiras. 66
Figura 40. Ajuste da função de vazão em um poço em função da probabilidade para a Formação Barreiras. 67
Figura 41. Curvas de vazão versus probabilidade em função do número de poços adotado para a Formação Barreiras. 67
Figura 42. Caracterização do sistema de abastecimento de Santo Antônio do Rio Doce. 72
Figura 43. Hidrografia da região e possíveis mananciais para captação para abastecimento de Santo Antônio do Rio Doce, em Aimorés. 75
Figura 44. Traçado sugerido para as adutoras que ligam a ETA de Santo Antônio do Rio Doce até as alternativas consideradas mais adequadas. 77
Figura 45. Caracterização do sistema de abastecimento de Alpercata. Poço 1 e 2 perfurados pela RENOVA. 84
Figura 46. Hidrografia da região e possíveis mananciais para captação para abastecimento da sede de Alpercata. 86
Figura 47. Traçado sugerido para as adutoras na sede de Alpercata. 88
Figura 48. Caracterização do sistema de abastecimento de Mascarenhas. 96

Figura 49. Possíveis mananciais para captação para abastecimento de Mascarenhas, em Baixo Guandu. 98

Figura 50. Traçado sugerido para as adutoras dos córregos Água Limpa, Queixadão, Olofote e rio Mutum Preto..... 99

Figura 51. Caracterização do sistema de abastecimento da sede municipal. 105

Figura 52. Possíveis mananciais para captação visando suprir o abastecimento da sede de Baixo Guandu..... 107

Figura 53. Traçado sugerido para a adutora do rio Guandu. 108

Figura 54. Hidrografia da região e possíveis mananciais para abastecimento da localidade..... 115

Figura 55. Localização da ETA sugerida e das adutoras até os córregos Barreto e sem nome. 116

Figura 56. Caracterização do sistema de abastecimento e localização de Gesteira. 122

Figura 57. Hidrografia da região e possíveis mananciais para abastecimento da localidade..... 125

Figura 58. Localização da ETA sugerida e das adutoras até ribeirão do Dobra e até o córrego sem nome. A alternativa D corresponde a captação utilizada pelo SAA de Gesteira e por isso não se sugeriu um traçado de adutora. 126

Figura 59. Caracterização do sistema de abastecimento de Belo Oriente – Perpétuo Socorro..... 133

Figura 60. Hidrografia da região e possíveis mananciais para abastecimento de Perpétuo Socorro. 136

Figura 61. Trechos de adutoras sugeridas para os possíveis mananciais de abastecimento. 137

Figura 62. Visão geral da sede municipal de Colatina..... 146

Figura 63. Hidrografia da região e possíveis mananciais para abastecimento da sede de Colatina. . 148

Figura 64. Traçado sugerido para as adutoras do rio Pancas e rio Santa Maria do Rio Doce. 150

Figura 65. Caracterização da infraestrutura do abastecimento de Senhora da Penha. 158

Figura 66. Hidrografia da região e possíveis mananciais para o abastecimento de Senhora da Penha. 160

Figura 67. Traçado sugerido para as adutoras córrego Preto e córrego Boa Esperança. 162

Figura 68. Caracterização do sistema de abastecimento de Galiléia. Existem outros dois poços na sede de Galiléia. 169

Figura 69. Possíveis mananciais para captação na sede de Galiléia. 171

Figura 70. Adutoras sugeridas para a sede de Galiléia. 172

Figura 71. Caracterização do sistema de abastecimento de Governador Valadares (São Vitor – ETA local)..... 179

Figura 72. Possíveis mananciais para captação de São Vitor. 181

Figura 73. Traçado sugerido para as adutoras do ribeirão Santa Helena e manancial sem nome..... 182

Figura 74. Caracterização do sistema de abastecimento da sede de Governador Valadares. 188

Figura 75. Possíveis mananciais para captação na área norte da sede de Governador Valadares. ... 191

Figura 76. Traçado sugerido para as adutoras do rio Suaçuí Grande, rio Corrente Grande e do ribeirão da Onça até a ETA Central ... 192

Figura 77. Possíveis mananciais para captação e abastecimento da região sul da sede de Governador Valadares. ... 195

Figura 78. Traçado sugerido para as adutoras de abastecimento da parte sul de Governador Valadares. ... 196

Figura 79. Caracterização do sistema de abastecimento da sede de Itueta. Poço 01 perfurado pela Renova. O poço da COPASA não é mostrado por ser muito distante. ... 202

Figura 80. Hidrografia da região próxima da sede de Itueta e possíveis mananciais para captação. 205

Figura 81. Traçado sugerido para as adutoras de córrego Quatis, Córrego da Barata e córrego Quatisinho. ... 206

Figura 82. Traçado sugerido para a adutora do rio Itueto e localização da ETA sugerida para Quatituba. ... 207

Figura 83. Caracterização do sistema de abastecimento e localização da sede de Linhares. ... 214

Figura 84. Localização da bacia hidrográfica do manancial Lagoa Nova. ... 216

Figura 85. Caracterização do sistema de abastecimento e localização de Regência. ... 220

Figura 86. Hidrografia da região próxima a localidade de Regência e localização de áreas de proteção. ... 222

Figura 87. Traçado das adutoras para o abastecimento da localidade de Regência. ... 224

Figura 88. Visão geral do aglomerado populacional de Camargos, Mariana. ... 230

Figura 89. Possíveis mananciais para captação para atendimento do abastecimento de Camargos, em Mariana. ... 232

Figura 90. Localização da ETA e das adutoras sugeridas para o abastecimento da localidade de Camargos. ... 233

Figura 91. Visão geral do aglomerado populacional de Paracatu de Baixo. ... 240

Figura 92. Possíveis mananciais para captação para abastecimento de Paracatu de Baixo, em Mariana. ... 242

Figura 93. Adutoras sugeridas para a localidade de Paracatu de Baixo, para os córregos do Castro e Coelho. ... 243

Figura 94. Visão geral do aglomerado populacional na localidade de Pedras, em Mariana. ... 249

Figura 95. Possíveis mananciais para captação para abastecimento da localidade de Pedras, em Mariana. ... 251

Figura 96. Traçado sugerido para as adutoras da localidade de Pedras, em Mariana. ... 252

Figura 97. Localização de Boninsegna em Marilândia. ... 257

Figura 98. Alternativas de mananciais superficiais para o abastecimento da localidade de Boninsegna. 260

Figura 99. Traçado das adutoras que vão do córrego Taquaraçu, rio Liberdade e manancial 1 até a ETA sugerida. 261

Figura 100. Caracterização do sistema de abastecimento de Pedra Corrida, em Periquito. 267

Figura 101. Hidrografia da região e possíveis mananciais para abastecimento da localidade de Pedra Corrida, em Periquito. 269

Figura 102. Traçado das adutoras que ligam o Córrego do Cemitério e o Ribeirão Salão até a ETA de Pedra Corrida. 270

Figura 103. Caracterização do sistema de abastecimento de Resplendor. 276

Figura 104. Possíveis mananciais para captação para abastecimento de Resplendor. 279

Figura 105. Adutoras sugeridas para a localidade. 281

Figura 106. Caracterização do sistema de abastecimento e localização de Ipaba do Paraíso. 291

Figura 107. Hidrografia da região e possíveis mananciais para abastecimento da localidade de Ipaba do Paraíso. 294

Figura 108. Traçado das adutoras que ligam o Córrego do Bueiro e o Córrego sem nome até a ETA sugerida. 295

Figura 109. Caracterização do sistema de abastecimento e localização de São Tomé do Rio Doce. . 301

Figura 110. Hidrografia da região e possíveis mananciais para abastecimento da São Tomé do Rio Doce - Tumiritinga. 303

Figura 111. Traçado das adutoras que ligam o córrego Pedra de Agosto e o córrego Poço Dantas até o centro da localidade de São Tomé do Rio Doce. 305

Figura 112. Caracterização do sistema de abastecimento e localização de sede de Tumiritinga. 310

Figura 113. Hidrografia da região e possíveis mananciais para abastecimento da sede de Tumiritinga. 313

Figura 114. Traçado das adutoras que ligam o Córrego da Capivara e o Córrego Limoeiro até a ETA da sede de Tumiritinga. 315

Figura 115. Distribuição dos postos de acordo com a área de drenagem para a região Oeste (24 postos no total) 324

Figura 116. Distribuição dos postos de acordo com a área de drenagem para a região Leste (48 postos no total) 324

Figura 117. Número de postos com área de drenagem menor ou igual a da escala. Região Oeste. . 325

Figura 118. Número de postos com área de drenagem menor ou igual a da escala. Região Leste. .. 325

Figura 119. Representação da variabilidade interanual do comportamento de vazões médias na bacia do rio Doce com dados do posto fluviométrico de 56750000 representados por meio da variabilidade adimensional da vazão média anual e da sua média móvel de 5 anos. 326

Figura 120. Estrutura metodológica para determinação da disponibilidade hídrica num manancial. 328

Figura 121. Bacia do córrego Gimirim. 391

Figura 122. Bacia do rio Manhuaçu. 392

Figura 123. Bacia do córrego Natividade. 393

Figura 124. Bacia do córrego do arroz. 394

Figura 125. Bacia do córrego do Esgoto Grande. 395

Figura 126. Bacia do córrego Preto. 396

Figura 127. Bacia do Ribeirão Traíra. 397

Figura 128. Bacia do córrego Água Limpa. 398

Figura 129. Bacia do rio Guandu. 399

Figura 130. Bacia do córrego Água Limpa. 400

Figura 131. Bacia do córrego Queixadão. 401

Figura 132. Bacia do córrego Olofote. 402

Figura 133. Bacia do córrego Barreto. 403

Figura 134. Bacia do córrego sem nome. 404

Figura 135. Bacia do ribeirão do Dobra. 405

Figura 136. Bacia do córrego sem nome. 406

Figura 137. Bacia do córrego Vermelho. 407

Figura 138. Bacia do rio Santo Antônio. 408

Figura 139. Bacia do córrego Café. 409

Figura 140. Bacia do córrego do Bagre. 410

Figura 141. Bacia do rio Pancas. 411

Figura 142. Bacia do rio Santa Maria do Rio Doce. 412

Figura 143. Bacia do rio Santa Joana. 413

Figura 144. Bacia do rio São João Pequeno 414

Figura 145. Bacia do Córrego Preto. 415

Figura 146. Bacia do córrego Boa Esperança. 416

Figura 147. Bacia do ribeirão Laranjeiras. 417

Figura 148. Bacia do ribeirão São Paulo.....418
Figura 149. Bacia do córrego Urucum.....419
Figura 150. Bacia do córrego São Tomé.....420
Figura 151. Bacia do rio Suaçuí Grande. 421
Figura 152. Bacia do ribeirão da Onça. 422
Figura 153. Bacia do rio Corrente Grande. 423
Figura 154. Bacia do ribeirão Santa Helena. 424
Figura 155. Bacia do manancial sem nome. 425
Figura 156. Bacia do córrego dos Quatis. 426
Figura 157. Bacia do córrego da Barata. 427
Figura 158. Bacia do córrego Quatisinho. 428
Figura 159. Bacia do rio Itueto. 429
Figura 160. Bacia da Lagoa Nova. 430
Figura 161. Bacia da Lagoa do Aguiar. 431
Figura 162. Bacia do córrego Camargo. 432
Figura 163. Bacia do córrego Sem Nome. 433
Figura 164. Bacia do córrego Coelho. 434
Figura 165. Bacia do córrego Castro. 435
Figura 166. Bacia do córrego das Pedras. 436
Figura 167. Bacia do manancial sem nome. 437
Figura 168. Bacia do rio Liberdade. 438
Figura 169. Bacia do córrego Taquaraçu. 439
Figura 170. Bacia do manancial 1. 440
Figura 171. Bacia do ribeirão Salão. 441
Figura 172. Bacia do córrego do Cemitério. 442
Figura 173. Bacia do córrego Vala Grande. 443
Figura 174. Bacias dos córregos Barroso, Santana e Cascalho. 444
Figura 175. Bacia do rio Eme. 445
Figura 176. Bacia do córrego sem nome. 446
Figura 177. Bacia do córrego do Bueiro. 447
Figura 178. Bacia do córrego Limoeiro. 448

Figura 179. Bacia do córrego da Capivara. 449
Figura 180. Bacia do córrego Pedra de Agosto. 450
Figura 181. Bacia do córrego Poço Dantas. 451
Figura 182. Modelo simplificado de balanço hídrico. 460
Figura 183. Esquema de estiagem simulada. 461
Figura 184. Hidrogeologia e local de investigação e perfuração de poço na localidade de Mascarenhas, em Baixo Guandu. 464
Figura 185. Hidrogeologia e local de investigação e perfuração de poço na localidade de Barreto, em Barra Longa. 465
Figura 186. Hidrogeologia e local de investigação e perfuração de poço na localidade de Cachoeira Escura, em Belo Oriente. 466
Figura 187. Hidrogeologia e local de investigação e perfuração de poço na localidade da sede, em Galiléia. 467
Figura 188. Hidrogeologia e local de investigação e perfuração de poço na localidade de São Vitor, em Governador Valadares. 468
Figura 189. Hidrogeologia e local de investigação e perfuração de poço na localidade de Camargos, em Mariana. 469
Figura 190. Hidrogeologia e local de investigação e perfuração de poço na localidade de Paracatu de Baixo, em Mariana. 470
Figura 191. Hidrogeologia e local de investigação e perfuração de poço na localidade de Pedras, em Mariana. 471
Figura 192. Hidrogeologia e local de investigação e perfuração de poço na localidade de Boninsegna, em Marilândia 472
Figura 193. Distribuição dos postos usadas na regionalização. 474

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Localidades em estudo, vazão de referência e vazão meta estabelecida pelo TTAC. 10

Tabela 2. Quadro resumo das informações apresentadas nos Planos Municipais de Saneamento Básico dos municípios estudados..... 12

Tabela 3. Equações de regionalização (A é a área da bacia em km²). 27

Tabela 4. Vazões outorgáveis para os estados de Espírito Santo e Minas Gerais. 35

Tabela 5. Disponibilidade hídrica com e sem regularização considerando vazão outorgável nos estados do Espírito Santo e em Minas Gerais. 36

Tabela 6. Relevos predominante por município em análise. 41

Tabela 7. Informações dos poços nos municípios em estudo. 48

Tabela 8. Disponibilidade de dados dos poços do banco SIAGAS..... 50

Tabela 9. Número de poços em operação em relação ao total. 51

Tabela 10. Tipos de uso das águas subterrâneas. 52

Tabela 11. Profundidades dos poços (fonte: SIAGAS). 53

Tabela 12. Vazão de estabilização (fonte: SIAGAS)..... 54

Tabela 13. Vazão específica (fonte: SIAGAS). 55

Tabela 14. Nível Estático - NE - (fonte: SIAGAS). 57

Tabela 15. Nível dinâmico - ND - (fonte: SIAGAS). 58

Tabela 16. Postos fluviométricos e pluviométricos selecionados para a determinação da recarga. ... 61

Tabela 17. Resultados do método de separação do escoamento. 61

Tabela 18. Valores da curva de probabilidade de perfurar um poço. 64

Tabela 19. Vazões dos poços em função da probabilidade e número de poços para o Embasamento Fraturado Indiferenciado. Valores em m³/h. 66

Tabela 20. Vazões dos poços em função da probabilidade e número de poços para a Formação Barreiras. Valores em m³/h. 68

Tabela 21. Área de drenagem requerida para o abastecimento de Aimorés, Santo Antônio do rio Doce. 73

Tabela 22. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Santo Antônio do Rio Doce. 76

Tabela 23. Extensão das adutoras sugeridas. 76

Tabela 24. Tabela resumo das características das alternativas - Aimorés. 82

Tabela 25. Combinação de cenários de disponibilidade hídrica superficial e a estimativa da área de drenagem necessária. 84

Tabela 26. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Alpercata sem usos dos poços. 87

Tabela 27. Extensão das adutoras sugeridas. 87

Tabela 28. Tabela resumo das características das alternativas – Alpercata - sede. 94

Tabela 29. Áreas de drenagem necessárias para o abastecimento de Baixo Guandu - Mascarenhas. 96

Tabela 30. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade de suprir a demanda para abastecimento de Mascarenhas, município de Baixo Guandu. 97

Tabela 31. Extensão das adutoras sugeridas. 98

Tabela 32. Tabela resumo das características das alternativas - Baixo Guandu - Mascarenhas. 103

Tabela 33. Áreas de drenagem necessárias para o abastecimento de Baixo Guandu - Sede. 106

Tabela 34. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento da sede municipal de Baixo Guandu. 106

Tabela 35. Extensão das adutoras sugeridas. 107

Tabela 36. Tabela resumo das características das alternativas Baixo Guandu - sede. 112

Tabela 37. Áreas de drenagem requeridas para o abastecimento de Barreto. 114

Tabela 38. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade de suprir a demanda para abastecimento de Barreto. 114

Tabela 39. Características das adutoras sugeridas para o abastecimento de Barreto, em Barra Longa. 116

Tabela 40. Tabela resumo das características das alternativas – Barra Longa - Barreto. 120

Tabela 41. Áreas de drenagem requeridas para o abastecimento de Gesteira. 123

Tabela 42. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade de suprir a demanda para abastecimento de Gesteira 124

Tabela 43. Extensões das adutoras sugeridas para o abastecimento de Gesteira. 125

Tabela 44. Tabela resumo das características das alternativas – Barra Longa - Gesteira. 131

Tabela 45. Áreas de drenagem necessárias para o abastecimento de Perpétuo Socorro em Belo Oriente. 134

Tabela 46. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para o abastecimento de Perpétuo Socorro, em Belo Oriente. 135

Tabela 47. Extensão das adutoras sugeridas. 136

Tabela 48. Tabela resumo das características das alternativas - Belo Oriente – Perpétuo Socorro. . 144

Tabela 49. Áreas de drenagem necessárias para o abastecimento da Sede - Colatina. 147

Tabela 50. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento da sede municipal de Colatina. 148

Tabela 51. Traçado sugerido para as adutoras. 149

Tabela 52. Tabela resumo das características das alternativas - Colatina. 156

Tabela 53. Áreas de drenagem requeridas para o abastecimento de Senhora da Penha. 158

Tabela 54. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade de suprir a demanda para abastecimento de Senhora da Penha. 161

Tabela 55. Extensão das adutoras sugeridas para o abstecimento da localidade de Senhora da Penha em Fernandes Tourinho. 161

Tabela 56. Tabela resumo das características das alternativas – Fernandes Tourinho – Senhora da Penha. 167

Tabela 57. Áreas de drenagem necessárias para o abastecimento da sede municipal de Galiléia. 169

Tabela 58. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Galiléia - Sede. 170

Tabela 59. Extensão das adutoras sugeridas. 171

Tabela 60. Tabela resumo das características das alternativas – Galiléia - sede. 177

Tabela 61. Áreas das bacias necessárias para o abastecimento da localidade de São Vitor, Governador Valadares. 179

Tabela 62. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Governador Valadares (São Vitor). 180

Tabela 63. Extensão da adutora sugerida. 181

Tabela 64. Tabela resumo das características das alternativas - Governador Valadares – São Vítor. 186

Tabela 65. Áreas das bacias necessárias para o abastecimento da sede (norte) de Governador Valadares. 189

Tabela 66. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Governador Valadares (Sede – ETA Central). 190

Tabela 67. Extensão das adutoras sugeridas até a ETA Central de Governador Valadares. 191

Tabela 68. Áreas das bacias necessárias para o abastecimento da sede (sul) de Governador Valadares. 193

Tabela 69. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Governador Valadares (Sede – ETA Vila Isa). 194

Tabela 70. Extensão das adutoras sugeridas até a ETA Central de Governador Valadares. 195

Tabela 71. Tabela resumo das características das alternativas - Governador Valadares - sede. 200

Tabela 72. Áreas de drenagem requeridas para o abastecimento da sede de Itueta. 203

Tabela 73. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade de suprir a demanda para abastecimento da sede de Itueta. 204

Tabela 74. Extensão das adutoras sugeridas para o abastecimento da sede de Itueta. 205

Tabela 75. Tabela resumo das características das alternativas – Itueta - sede. 212

Tabela 76. Áreas de drenagem requeridas para o abastecimento de sede de Linhares. 214

Tabela 77. Características do manancial superficial analisado quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento da sede de Linhares. 215

Tabela 78. Tabela resumo das características das alternativas – Linhares - sede. 218

Tabela 79. Áreas de drenagem requeridas para o abastecimento da localidade de Regência. 221

Tabela 80. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade de suprir a demanda para abastecimento de Regência. 223

Tabela 81. Extensão das adutoras sugeridas. 223

Tabela 82. Tabela resumo das características das alternativas – Linhares - Regência. 228

Tabela 83. Áreas de drenagem necessárias para o abastecimento da localidade de Camargos, em Mariana. 231

Tabela 84. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Camargos, município de Mariana. 232

Tabela 85. Extensão das adutoras sugeridas para a localidade de Camargos, município de Mariana. 234

Tabela 86. Tabela resumo das características das alternativas – Mariana - Camargos 238

Tabela 87. Áreas das bacias necessárias para o abastecimento da localidade de Paracatu de Baixo. 240

Tabela 88. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Paracatu de Baixo, município de Mariana. 241

Tabela 89. Extensão das adutoras sugeridas. 243

Tabela 90. Tabela resumo das características das alternativas – Mariana – Paracatu de Baixo. 247

Tabela 91. Áreas das bacias necessárias para o abastecimento da localidade de Pedras. 248

Tabela 92. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Pedras, município de Mariana. 250

Tabela 93. Extensão das adutoras sugeridas para a localidade de Pedras. 251

Tabela 94. Tabela resumo das características das alternativas – Mariana - Pedras 256

Tabela 95. Áreas de drenagem requeridas para o abastecimento da localidade de Boninsegna. 258

Tabela 96. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Boninsegna. 259

Tabela 97. Características das adutoras sugeridas para o abastecimento de Boninsegna. 261

Tabela 98. Tabela resumo das características das alternativas – Marilândia - Boninsegna. 265

Tabela 99. Áreas de drenagem requeridas para o abastecimento de Pedra Corrida. 268

Tabela 100. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Pedra Corrida. 269

Tabela 101. Extensões das adutoras sugeridas para o abastecimento de Pedra Corrida. 270

Tabela 102. Tabela resumo das características das alternativas – Periquito – Pedra Corrida. 274

Tabela 103. Combinação de cenários de disponibilidade hídrica superficial e a estimativa da área de drenagem necessária para o abastecimento da sede de Resplendor. 277

Tabela 104. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Resplendor. 280

Tabela 105. Extensão das adutoras sugeridas. 280

Tabela 106. Tabela resumo das características das alternativas – Resplendor - sede. 290

Tabela 107. Áreas de drenagem requeridas para o abastecimento de Ipaba do Paraíso. 292

Tabela 108. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Ipaba do Paraíso. 293

Tabela 109. Extensões das adutoras sugeridas para o abastecimento de Ipaba do Paraíso. 295

Tabela 110. Tabela resumo das características das alternativas – Santana do Paraíso – Ipaba do Paraíso. 299

Tabela 111. Áreas de drenagem requeridas para o abastecimento de São Tomé do Rio Doce. 302

Tabela 112. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de São Tomé do Rio Doce. 304

Tabela 113. Extensões das adutoras sugeridas para o abastecimento de São Tomé do Rio Doce. 304

Tabela 114. Tabela resumo das características das alternativas -Tumiritinga - São Tomé do Rio Doce. 309

Tabela 115. Áreas de drenagem requeridas para o abastecimento de sede de Tumiritinga. 311

Tabela 116. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de sede de Tumiritinga. 314

Tabela 117. Extensões das adutoras sugeridas para o abastecimento de sede de Tumiritinga. 314

Tabela 118. Tabela resumo das características das alternativas Tumiritinga - sede. 319

Tabela 119. Resumo da situação das localidades, alternativas apontadas por estudos anteriores e alternativa sugerida para atendimento ao TTAC. 320

Tabela 120. Continuação da Tabela 119. Resumo da situação das localidades, alternativas apontadas por estudos anteriores e alternativa sugerida para atendimento ao TTAC 321

Tabela 121. Tabela resumo dos resultados para as 24 localidades com relação às fontes alternativas para abastecimento. 345

Tabela 122. Continuação da Tabela 121. Tabela resumo dos resultados para as 24 localidades com relação às fontes alternativas para abastecimento. 346

Tabela 123. Postos fluviométricos com dados de vazão na bacia do rio Doce utilizados nas análises 358

Tabela 124. Vazão média de longo período (Q_{mlp}), Q_{95}, Q_{90}, $Q_{7,10}$ e vazão específica média de longo período. 361

Tabela 125. Relevos do município de Aimorés. 363

Tabela 126. Relevos do município de Alpercata. 363

Tabela 127. Relevos do município de Baixo Guandu. 364

Tabela 128. Relevos do município de Barra Longa. 364

Tabela 129. Relevos do município de Belo Oriente. 364

Tabela 130. Relevos do município de Colatina. 365

Tabela 131. Relevos do município de Fernandes Tourinho. 365

Tabela 132. Relevos do município de Galileia. 365

Tabela 133. Relevos do município de Governador Valadares. 366

Tabela 134. Relevos do município de Itueta. 366

Tabela 135. Relevos do município de Linhares. 367

Tabela 136. Relevos do município de Mariana. 367

Tabela 137. Relevos do município de Marilândia. 368

Tabela 138. Relevos do município de Periquito. 368

Tabela 139. Relevos do município de Resplendor. 368

Tabela 140. Relevos do município de Santana do Paraíso 369

Tabela 141. Relevos do município de Tumiritinga. 369

Tabela 142. Domínios hidrogeológicos do município de Aimorés 370

Tabela 143. Poços de Aimorés (sete poços). 371

Tabela 144. Domínios hidrogeológicos do município de Alpercata. 371

Tabela 145. Poços de Alpercata (11poços). 371

Tabela 146. Domínios hidrogeológicos do município de Baixo Guandu. 372

Tabela 147. Poços de Baixo Guandu (7 poços). 372

Tabela 148. Domínios hidrogeológicos do município de Barra Longa. 372

Tabela 149. Poços de Barra Longa (19 poços). 373
Tabela 150. Domínios hidrogeológicos do município de Belo Oriente. 373
Tabela 151. Poços de Belo Oriente. 374
Tabela 152. Domínios hidrogeológicos do município de Colatina. 374
Tabela 153. Poços de Colatina (46 poços). 374
Tabela 154. Domínios hidrogeológicos do município de Fernandes Tourinho. 375
Tabela 155. Poços de Fernandes Tourinho (19 poços). 375
Tabela 156. Domínios hidrogeológicos do município de Galileia. 375
Tabela 157. Poços de Galileia (3 poços). 376
Tabela 158. Domínios hidrogeológicos do município de Governador Valadares. 376
Tabela 159. Poços de Governador Valadares (13 poços). 377
Tabela 160. Domínios hidrogeológicos do município de Itueta. 377
Tabela 161. Poços de Itueta (3 poços). 377
Tabela 162. Domínios hidrogeológicos do município de Linhares. 378
Tabela 163. Poços de Linhares (274 poços). 378
Tabela 164. Domínios hidrogeológicos do município de Mariana. 379
Tabela 165. Domínios hidrogeológicos do município de Marilândia. 379
Tabela 166. Poços de Marilândia (21 poços). 380
Tabela 167. Domínios hidrogeológicos do município de Periquito. 380
Tabela 168. Poços de Periquito (10 poços). 380
Tabela 169. Domínios hidrogeológicos do município de Resplendor. 381
Tabela 170. Poços de Resplendor (30 poços). 381
Tabela 171. Domínios hidrogeológicos do município de Santana do Paraíso. 382
Tabela 172. Poços de Santana do Paraíso (21 poços). 382
Tabela 173. Domínios hidrogeológicos do município de Tumiritinga. 382
Tabela 174. Poços de Tumiritinga (10 poços). 383
Tabela 175. Poços SIAGAS. EFI = Embasamento Fraturado Indiferenciado. FB = Formação Barreiras. 384
Tabela 176. Vazões dos poços em função da probabilidade e número de poços no Embasamento Fraturado Indiferenciado. Valores em m³/h. 389
Tabela 177. Vazões dos poços em função da probabilidade e número de poços na Formação Barreiras. Valores em m³/s. 390

Tabela 178. Custos unitários das tubulações PEAD. 453

Tabela 179. Diâmetros considerados para as adutoras nas localidades. 453

Tabela 180. Custo estimado para instalação de estação de monitoramento e de obtenção de curva-chave. 454

Tabela 181. Custo estimado para assessoria em procedimento de licenciamento ambiental. 455

Tabela 182. Pré-seleção de postos fluviométricos localizados próximos aos mananciais superficiais sugeridos para abastecimento das localidades. Unidades hidrogeológicas: EFI = Embasamento Fraturado Indiferenciado. FB = Formação Barreiras. 456

Tabela 183. Exemplos de ajuste do modelo. 461

1. INTRODUÇÃO

1.1 ANTECEDENTES

O rompimento da barragem de rejeitos de Fundão, pertencente ao complexo minerário de Germano, em Mariana-MG, gerou aporte de sedimentos afetando os rios de jusante, suas várzeas e áreas adjacentes, afetando, em maior ou menor grau, os usos da água ao longo do rio Doce. Grande parte deste volume de rejeitos que se depositou no leito e áreas adjacentes dos rios é composta de granulometria fina, a qual é mais facilmente mobilizada e transportada pela força das águas, tanto pela enxurrada de chuvas nos depósitos localizados fora do leito dos rios, quanto pelo fluxo de água dos rios, aumentando a turbidez das águas. Usos de água, como por exemplo o abastecimento das cidades, foram afetados pela elevada turbidez apresentada no rio Doce após o evento, a qual mostrou-se acima da capacidade de tratamento das Estações de Tratamento de Água (ETAs), e tais usos de água podem voltar a ser afetados por um eventual aumento de turbidez acima da capacidade de tratamento das ETAs o qual pode ser causado pela mobilização dos depósitos de rejeitos que se encontram nos rios e várzeas, em especial durante o período chuvoso.

Para mitigar este potencial impacto, uma das ações consiste em buscar mananciais, superficiais ou subterrâneos, que possam ser utilizados em eventual impossibilidade de captação das águas nos rios atingidos pelo evento. Foram identificadas 24 localidades que tiveram seu Sistema de Abastecimento de Água (SAA) afetados ou que necessitam de implementação de novo sistema de captação de águas para abastecimento humano, desde cidades acima de 100 mil habitantes até distritos com reduzida população.

Após o evento os responsáveis, em primeiro momento a proprietária da barragem Samarco e posteriormente a Fundação RENOVA, têm realizado ações, em diversas frentes, para a reparação dos danos ambientais, sociais e econômicos das áreas afetadas, atendendo demandas da população, dos órgãos ambientais, de gestão de recursos hídricos e de entidades públicas para a remediação da área afetada e dos impactos dos usos da água, incluindo o abastecimento público destas cidades e distritos. Foi firmado um Termo de Transação de Ajustamento de Conduta (TTAC) entre Samarco, Vale e BHP Billiton com os governos federal e dos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo em março de 2016, onde é expresso em sua cláusula 171 que os municípios que tiveram seu abastecimento de água afetado deveriam ser contemplados com novos SAA alternativos ao rio Doce (e demais corpos hídricos afetados pelo acidente).

No âmbito de medidas para o restabelecimento do abastecimento de água, foram realizadas benfeitorias nas ETAs, tanto estruturais quanto de procedimento, para garantia da qualidade da água fornecida (atendimento à Portaria MS Nº 2914/2011) e melhoria das condições de operação, benfeitorias nas captações existentes no rio Doce, adutoras e estações elevatórias, bem como a utilização de mananciais alternativos, incluindo perfuração de poços, construção de captações provisórias (geralmente associadas ao uso de veículos para transporte de água bruta até as ETAs) e captações perenes com adutoras.

Observam-se casos em que a demanda de localidades, segundo TTAC, encontra-se atendida pelas obras emergenciais realizadas. Porém, deve-se destacar que tais obras foram concebidas e realizadas em caráter de urgência, utilizando estudos realizados sob regime emergencial e/ou estudos desenvolvidos para outra finalidade que não o abastecimento público. A efetiva capacidade dos mananciais já em uso deve ser reavaliada por estudos aprofundados e específicos para este fim, assim como a verificação da adequação das técnicas construtivas adotadas e da perenidade das mesmas nos projetos já executados.

O presente estudo[8] apresenta a avaliação em nível conceitual da disponibilidade hídrica dos potenciais mananciais para o abastecimento público nas localidades, que utilizam águas do rio Doce. Também é realizada a análise das localidades já atendidas por obras emergenciais e os mananciais apontados por estudos anteriores como solução alternativa.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo deste estudo é desenvolver medidas para aumentar a resiliência dos sistemas de abastecimento de água[9] dos sistemas de abastecimento de água das cidades abastecidas pelo rio Doce, diminuindo a dependência deste manancial e minimizando riscos de eventual desabastecimento.

Os objetivos específicos são os seguintes:

- Identificar fontes alternativas de abastecimento de água para as cidades afetadas e que são relacionadas na Cláusula 171 do TTAC;
- Identificar as alternativas de abastecimento da demanda prevista no TTAC e elencar em nível de concepção as melhores alternativas de acordo com os dados secundários usados neste estudo;
- Elaborar termo de referência para os estudos subsequentes e obras complementares.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TEXTO DESTE RELATÓRIO

No segundo capítulo são apresentadas as características gerais da bacia do rio Doce e do evento de rompimento da barragem.

No terceiro capítulo são delimitadas a área de estudo e as metas de atendimento, sendo identificadas as localidades e as demandas do TTAC.

No quarto capítulo são identificados e analisados os conteúdos de estudos anteriores pertinentes.

No quinto capítulo são apresentadas as informações e dados disponíveis, bem como critério de seleção dos dados utilizados para avaliação da disponibilidade hídrica superficial.

No sexto capítulo são apresentados os dados e informações disponíveis utilizados para a estimativa da disponibilidade hídrica subterrânea.

---

[8] Ressalta-se que o presente relatório corresponde à etapa 2 do estudo, o qual possui 3 etapas.

[9] Resiliência dos sistemas de abastecimento de água é a capacidade do sistema de se adaptarem a situações adversas de maneira a continuar desempenhando a função para o qual foi projetado, atendendo os critérios de quantidade e qualidade da água tratada

No sétimo capítulo são apresentados estudos em nível conceitual de SAAs para cada localidade, incluindo diagnóstico resumido do sistema de abastecimento das localidades, medidas emergenciais adotadas durante o período crítico e o uso de mananciais alternativos já em operação, avaliação da disponibilidade hídrica superficial e subterrânea, concepção preliminar de arranjo do sistema de captação e adução entre manancial e ETA, bem como uma estimativa preliminar de custos de implementação para fins de comparação e seleção das alternativas.

No oitavo capítulo são apresentadas as especificações técnicas dos estudos detalhados a serem realizados para elaboração de projeto e construção dos novos sistemas.

O nono capítulo é de caráter conclusivo e apresenta considerações gerais e um resumo dos trabalhos realizados, além de apresentar uma compilação as melhores alternativas selecionadas para as localidades e a estimativa dos investimentos requeridos para implantação dos sistemas alternativos sugeridos.

No décimo capítulo apresenta as referências bibliográficas. Após este capítulo apresentam-se os dados e informações complementares utilizados no estudo em formato de apêndice.

2. CARACTERIZAÇÃO DA BACIA E DO EVENTO

A bacia hidrográfica do rio Doce possui área de drenagem de 82.300 km², sendo 86% pertencente ao estado de Minas Gerais e o restante ao estado do Espírito Santo. A Figura 1 apresenta a localização da bacia hidrográfica, os principais rios que formam a rede de drenagem da bacia, bem como o contorno de toda a bacia do rio Doce, até a sua foz no Oceano Atlântico. Na cabeceira do rio Doce, os rios Gualaxo do Norte, do Carmo e Piranga formam o rio Doce. Os principais rios pela margem esquerda são: Piracicaba, Santo Antônio, Suaçuí Grande e Itambacuri. Pela margem direita: Casca, Caratinga, Manhuaçu.

A atividade mineradora está fortemente presente na região, em especial nas áreas de cabeceira. O projeto de mineração em questão é localizado na cidade de Mariana e, além da lavra, contava com as barragens de Germano e Fundão para recebimento de rejeito e a barragem de Santarém, com água, para atendimento das demandas do processamento da mineração.

No dia 5 de novembro de 2015, a barragem de rejeitos de Fundão se rompeu. O fluxo de lama[10] desceu e invadiu o reservatório da barragem de Santarém. A barragem de Santarém foi galgada pela onda lamosa, mas não rompeu totalmente seu vertedor. O córrego Santarém, rio Gualaxo do Norte e rio Doce receberam grandes volumes de lama (RENOVA, 2016a).

O caminho pelo qual a onda de água e lama se deslocou é identificado na Figura 2, juntamente com a rede de postos de monitoramento definidos pela CPRM. A onda percorreu 55 km pelo rio Gualaxo do Norte, 22 km pelo do Carmo e 586,2 km pelo Doce, totalizando 663,2 km até o mar. A barragem rompeu no dia 5 de novembro e o efeito chegou na foz no dia 21 de novembro de 2015 (IBAMA, 2015). Observou-se alguns trechos principais devido às características do evento:

- **Trecho superior**: onde a onda possui vazão superior a capacidade do leito menor. Nestas condições, a lama cobre as margens do rio, ampliando o efeito sobre o meio ambiente terrestre marginal ao curso d'água;
- **Trecho médio e inferior**: onde ocorre redução da carga de sedimentos pela sua retenção nas barragens de geração de energia, mas ainda com alta concentração de sedimentos em suspensão;
- **Trecho estuarino**: quando a onda de água e sedimentos chega ao estuário e interage com as condições oceânicas;
- **Trechos de remanso**: que ocorre nos afluentes do rio principal em que se desloca a onda. A vazão no rio principal produz efeito até alguns quilômetros a montante da confluência nos afluentes.

[10] Trata-se de resíduo classificado como não perigoso e não inerte para ferro e manganês (IBAMA, 2015).

No trecho superior, logo após a barragem, os sedimentos ficaram espalhados nas zonas planas do distrito de Bento Rodrigues e desceram por ravinas para o sul, em direção ao distrito de Camargos, ambos pertencentes ao município de Mariana (MG). A parte de maior efeito nas margens ocorreu até a confluência do córrego Santarém com o rio Gualaxo do Norte. Depois de percorrer o rio Gualaxo do Norte, a onda desaguou no rio do Carmo. O rio do Carmo, com largura média de 60 m, sofreu o maior impacto na confluência com o rio Gualaxo do Norte. A onda lamosa percorreu cerca 22 km até juntar-se com o rio Piranga, quando se forma o rio Doce. No rio do Carmo, a onda lamosa também subiu cerca de 4 km para montante da confluência com o Gualaxo do Norte (trecho de remanso), descendo posteriormente.

No rio do Carmo, houve destruição de vegetação marginal ao longo dos 30 km para jusante da confluência e de cerca de 4 km para montante da mesma. A faixa impactada tem cerca de 30 m para cada lado do rio, perfazendo uma faixa com largura média de 120 m, incluindo a calha do rio.

O percurso da onda lamosa fluida pelo rio Doce propriamente foi de 560 km até a foz. O médio rio Doce vai de seu início, na junção dos rios Piranga e do Carmo, até próximo a cidade de Colatina, no Espírito Santo. Neste percurso, de cerca de 450 km, pelo médio Rio Doce, há quatro usinas hidrelétricas com reservatórios que amorteceram a onda lamosa.

O primeiro reservatório, da UHE Risoleta Neves (Candonga), reteve a parte mais grosseira dos sedimentos. Com a retenção de sedimentos, a jusante de Risoleta Neves fluiu água muito barrenta, sem características de corrimento de lama propriamente. Os reservatórios seguintes são mais longos e largos e possivelmente também retiveram parte da lama fluida diluída. O segundo é o reservatório da UHE de Baguari, o terceiro e maior, o de Aimorés, e, logo em seguida, o de Mascarenhas, que é pequeno em volume.

O trecho inferior do rio Doce inicia-se praticamente a jusante da cidade de Colatina, ES, até o Oceano Atlântico. Neste trecho os processos de transporte da lama ocorreram dentro da calha do rio Doce.

As partículas de sedimento transportadas nos rios conferem turbidez a água. Para fins de consumo humano esta turbidez deve ser removida no processo de tratamento de água para atendimento dos padrões de potabilidade (Portaria MS Nº 2914/2011). No caso da onda lamosa a concentração de sedimentos observada no rio Doce foi excepcionalmente alta e os níveis de turbidez apresentados excediam a capacidade de tratamento das ETAs, levando, em maior ou menor grau (variando de localidade para localidade), à problemas de abastecimento de água potável.

Considerando a situação onde existem depósitos de sedimentos na calha dos rios afetados e nas áreas adjacentes (em especial no trecho até o reservatório da UHE Risoleta Neves), existe risco de que a turbidez volte a aumentar devido a mobilização deste material, em especial durante período de chuvas, onde o escoamento superficial pode causar processos erosivos nos depósitos das margens e mobilizar este sedimento para dentro dos rios, e nos eventos de cheias, onde o fluxo de água dos rios tem maior capacidade de transportar partículas de sedimentos. Desta forma, estima-se que o risco de eventos de turbidez acima do normal no rio Doce persista enquanto os estoques de sedimentos finos depositados no leito do rio e em suas margens estiverem disponíveis para erosão e carreamento para as respectivas calhas dos rios; e os estoques de lama fluida acumulados no fundo dos reservatórios das usinas hidrelétricas forem carreados para jusante em épocas de cheias. Destaca-se que com o passar do tempo (conforme os sedimentos mais finos, e mais facilmente erodidos, sejam transportados) e com as medidas que vêm sendo adotadas pela Fundação RENOVA para contenção e remoção dos rejeitos este risco irá diminuir.

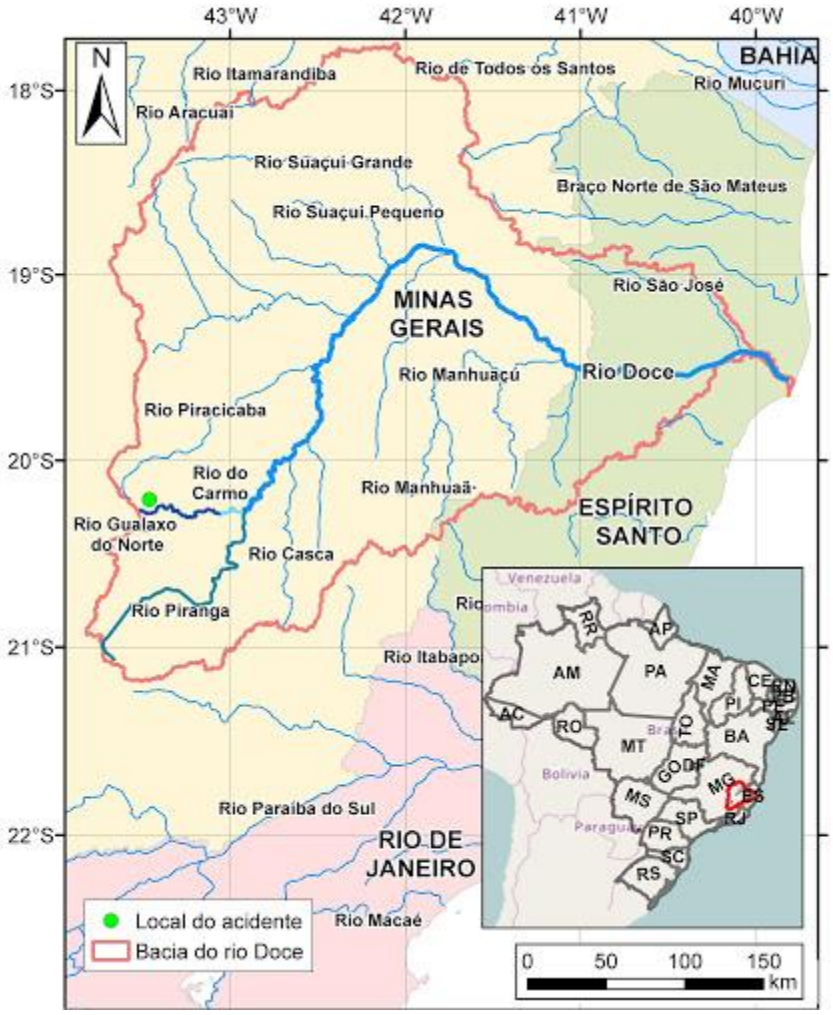


Figura 1. Localização da bacia do rio Doce e seus principais afluentes.

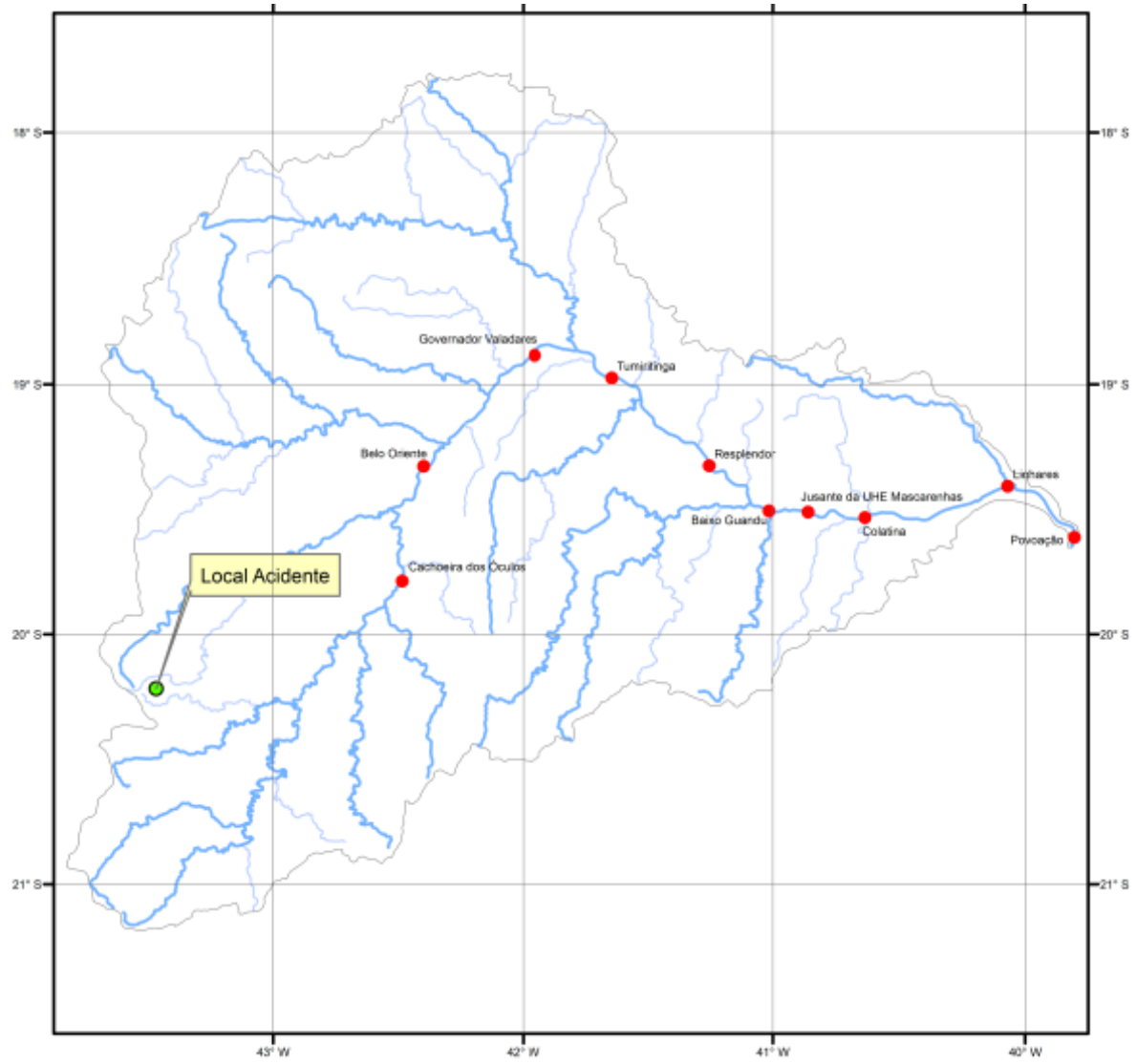


Figura 2. Mapa do caminho percorrido pela onda de água e lama e as estações de monitoramento da CPRM (CPRM, 2015a).

3. LOCALIDADES NA BACIA DO RIO DOCE COM ABASTECIMENTO DE ÁGUA AFETADO

As localidades que fazem parte do estudo são aquelas identificadas no TTAC e que sofreram impacto devido à elevação da turbidez no rio Doce. Resumidamente, as condições estabelecidas no TTAC são:

- Considera-se que a operação do sistema de abastecimento público ficou inviabilizada temporariamente nas sedes dos seguintes municípios: Alpercata; Governador Valadares; Tumiritinga; Galiléia; Resplendor; Itueta; Baixo Guandu; Colatina; e Linhares.
- Considera-se que a operação do sistema de abastecimento público ficou inviabilizada temporariamente nos seguintes distritos:
  - ✓ Em Aimorés: Santo Antônio do Rio Doce;
  - ✓ Em Baixo Guandu: Mascarenhas;
  - ✓ Em Barra Longa: Gesteira; Barreto;
  - ✓ Em Belo Oriente: Cachoeira Escura;
  - ✓ Em Fernandes Tourinho: Senhora da Penha;
  - ✓ Em Governador Valadares: São Vitor;
  - ✓ Em Linhares: Regência;
  - ✓ Em Mariana: Camargos; Pedras; Paracatu de Baixo;
  - ✓ Em Marilândia: Boninsegna;
  - ✓ Em Periquito: Pedra Corrida;
  - ✓ Em Santana do Paraíso: Ipaba do Paraíso;
  - ✓ Em Tumiritinga: São Tomé do Rio Doce;

O TTAC define que deve ser reduzida a dependência do uso das águas do rio Doce em 30% para localidades com até 100.000 habitantes e 50% para localidades com população maior. Ressalta-se que o TTAC prevê uma vazão mínima de atendimento, e que situações específicas podem levar a optar-se por uma vazão meta superior.

Na Figura 3, são apresentados os municípios analisados. Na Tabela 1, são apresentadas as localidades em estudo. Nesta tabela, é apresentada a vazão captada, a redução percentual necessária da captação da localidade no rio Doce, conforme o TTAC e a vazão meta, estimada com base na captação atual e na redução estipulada.

Foi realizada consistência dos dados de demanda e de vazão captada com base nos documentos disponíveis, que são discutidos no item 4, incluindo os Planos Municipais de Saneamento Básico apresentados e estudos realizados e/ou contratados pela Samarco e Fundação RENOVA (ESSE, 2015; NewFields, 2016; RENOVA 2016a). Os dados conflitantes foram confirmados junto à equipe técnica da Fundação RENOVA.

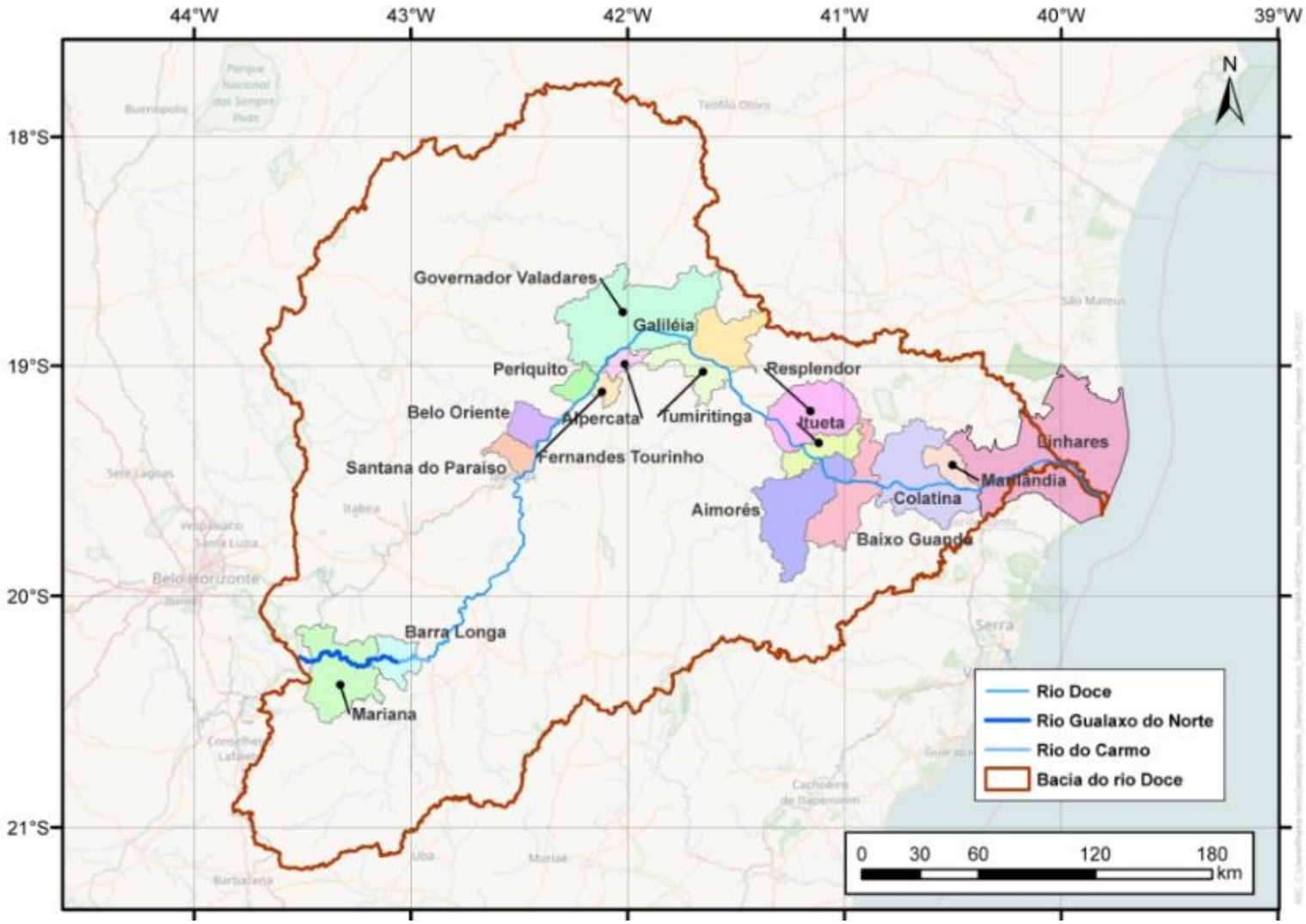


Figura 3. Mapa de localização dos municípios a serem estudados.

Tabela 1. Localidades em estudo, vazão de referência e vazão meta estabelecida pelo TTAC.

Nº	Município	Sede / Localidade	Vazão referência do TTAC (L/s)	Redução percentual (%)	Vazão meta (L/s)
1	Aimorés	Santo Antônio do Rio Doce (Mauá)	6,00	30	1,80
2	Alpercata	Sede	23,72	30	7,12
3	Baixo Guandu	Sede	140,00	30	42,00
4	Baixo Guandu	Mascarenhas	6,00	30	1,80
5	Barra Longa	Barreto	4,00	30	1,20
6	Barra Longa	Gesteira	4,00	30	1,20
7	Belo Oriente	Perpétuo Socorro (Cachoeira Escura)	40,00	30	12,00
8	Colatina	Sede	384,00	50	192,00
9	Fernandes Tourinho	Senhora da Penha	4,00	30	1,20
10	Galiléia	Sede	23,63	30	7,09
11	Governador Valadares	Sede	1.343,00	75	1.008,00
12	Governador Valadares	São Vitor	6,00	30	1,80
13	Itueta	Sede	17,16	30	5,15
14	Linhares	Sede	400,00	50	200,00
15	Linhares	Regência	20,00	30	6,00
16	Mariana	Camargos	4,00	30	1,20
17	Mariana	Paracatu de Baixo	4,00	30	1,20
18	Mariana	Pedras	4,00	30	1,20
19	Marilândia	Boninsegna	4,00	30	1,20
20	Periquito	Pedra Corrida	11,00	30	3,30
21	Resplendor	Sede	60,00	30	18,00
22	Santana do Paraíso	Ipaba do Paraíso (Ipabinha)	4,00	30	1,20
23	Tumiritinga	Sede	19,00	30	5,70
24	Tumiritinga	São Tomé do Rio Doce	5,00	30	1,50

4. ESTUDOS ANTERIORES

Este capítulo apresenta a análise dos estudos e documentos de potencial interesse ao estudo de mananciais alternativos. É apresentada inicialmente a análise dos Planos de Bacias Hidrográficas que apresentam um contexto mais abrangente da área de estudo, seguido dos Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) e dos estudos contratados, realizados e/ou adotados pela Samarco e Fundação RENOVA.

Estudos de caráter mais abrangente sugeridos pela Fundação RENOVA como possível fonte de informações foram analisados e descartados devido à escala e detalhamento serem incompatíveis com o objeto do presente estudo, não sendo discutidos no presente relatório. Dentre estes, destaca-se o "Atlas do Saneamento" (IBGE, 2011), o "Plano Nacional de Recursos Hídricos - Programas nacionais e metas: Volume 4" (MMA, 2006a), o "Caderno setorial de recursos hídricos: saneamento" (MMA, 2006b) e o "PLANSAB – Plano Nacional de Saneamento Básico" (MCIDADES, 2011).

4.1 PLANOS DE BACIA HIDROGRÁFICA

A Bacia Hidrográfica do rio Doce é de domínio federal com atuação de dois Estados: Minas Gerais e Espirito Santo. O comitê de bacia associado à bacia é o CBH-Doce e seu plano de bacia, denominado "Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce – PIRH" é datado de 2010 (ECOPLAN-LUME, 2010a).

A bacia é dividida em nove Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRHs), cada uma com seu respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH): Rio Caratinga, Rio Guandu, Rio Manhuaçu, Rio Piranga, Rio Piracicaba, Pontões e Lagoas do Rio Doce (antigo CBH São José), Santa Maria do Doce, Rio Santo Antônio e Rio Suaçuí. Para cada sub-bacia existe um Planos de Ações para as Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos (PARHs), também datados de 2010. Dentre as UPGRHs, somente a do Rio Piracicaba não possui municípios contemplados pelo presente estudo. Destaca-se que todos os Planos de Bacia foram elaborados por um único consórcio sob égide de um mesmo contrato.

O PIRH (ECOPLAN-LUME, 2010a) e os PARHs de cada UPGRH (ECOPLAN-LUME, 2010 b, c, d, e, f, g, h, i) apresentam um diagnóstico dos sistemas de abastecimento de água em nível de município, apresentando índices de abastecimento, vazões e população urbana atendida. Não são identificados os mananciais utilizados para cada município, nem aspectos operacionais do sistema de abastecimento (como número de Estações de Tratamento de Água - ETAs).

Em relação à disponibilidade hídrica, são apresentados estudos em macro escala. É apresentada também uma estimativa da disponibilidade hídrica subterrânea, porém não é explicitada a metodologia empregada para tanto. Infere-se do texto que foram utilizados dados de vazão de poços em funcionamento para o cálculo da vazão específica, expressa em unidade de vazão por profundidade do poço.

Destaca-se que apesar de não apresentar todos os detalhes da metodologia de cálculo, tais estudos podem ser tomados como base para estudos preliminares e/ou emergenciais relacionados à segurança hídrica de mananciais superficiais alternativos.

4.2 Planos Municipais de Saneamento Básico - PMSB

Até a data de elaboração do presente relatório, dos dezessete municípios contemplados pelo presente estudo treze disponibilizavam publicamente por meio eletrônico seus respectivos PMSB. São eles: Alpercata (MG), Baixo Guandu (ES), Barra Longa (MG), Colatina (ES), Fernandes Tourinho (MG), Galiléia (MG), Governador Valadares (MG), Itueta (MG), Mariana (MG), Marilândia (ES), Periquito (MG), Resplendor (MG) e Tumiritinga (MG).

Em sua maioria, os estudos apresentam um diagnóstico dos SAA, com projeções de demandas e, eventualmente, proposição de mananciais alternativos ao rio Doce. Não se observa um padrão do conteúdo e da escala das informações apresentadas, sendo comum um enfoque maior em determinado aspecto, como por exemplo na apresentação de meios para obtenção de financiamentos, ou no sistema de tratamento de esgoto. Atribui-se este fato a existência de diferenças na realidade dos diferentes municípios e do momento de elaboração do estudo (antes ou após o acidente). A Tabela 2 apresenta um resumo das informações pertinentes à mananciais alternativos.

Tabela 2. Quadro resumo das informações apresentadas nos Planos Municipais de Saneamento Básico dos municípios estudados.

Município	Data elaboração do PMSB	Previsão de mananciais superficiais alternativos	Observações
Aimorés*	-	-	-
Alpercata	2016	Cór. Independência, cór. Esgoto	Não existem informações
Baixo Guandu	2015	Não	
Barra Longa	2015	Não	
Belo Oriente*	-	-	-
Colatina	2015	Não	
Fernandes Tourinho	2016	Córrego Preto	
Galiléia	2016	Córregos São Tomé, Ubá e Urucum	
Governador Valadares	2015	Para Sede: rio Suaçuí Grande Para distrito São Vitor: não apresenta manancial alternativo	Estudo IGAM. $Q_{7,10}$ =149.068,14 L/s.** Distância de 16 km
Itueta	2016	Manhuaçu	$Q_{7,10}$ = 17,99 L/s
Linhares*	-	-	-
Mariana	2014	Não	
Marilândia	2015	Não	
Periquito	2016	Cór. Preto, cór. Cemitério	
Resplendor	2016	Córrego Vala Grande	$Q_{7,10}$ =42,80 L/s
Santana do Paraíso*	-	-	-
Tumiritinga	2016	Para Sede: cór. Capivarinha (corta a cidade), Dezoito, Limeira e Seco Para São Tomé do Rio Doce: cór. Banana, Capivara, Limeirinha e Seco	

* *O PMSB não se encontrava publicamente disponível em meios eletrônicos até a conclusão da fase de levantamento de dados e revisão bibliográfica do estudo.*

** *Valor calculado com base nos dados de área de drenagem e de vazão específica apresentados no PMSB.*

4.3 Diagnóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário dos Municípios Afetados pelo acidente – Consultoria ESSE Engenharia (ESSE, 2015)

Corresponde ao primeiro trabalho de diagnóstico dos sistemas de abastecimento de água realizado após a ocorrência do evento (novembro/2015), publicado em dezembro de 2015. ESSE (2015) apresenta um abrangente diagnóstico da situação no momento pós evento, dá providencias e apresenta plano de ações divididas em emergenciais, estratégicas, de curto, médio e longo prazo, as quais nortearam a concepção geral das ações de mitigação no quesito de saneamento básico. Por se tratar do primeiro diagnóstico, muitas das localidades apresentadas no estudo não foram contempladas posteriormente pelo TTAC por não apresentarem efetivos transtornos causados pelo evento.

As medidas emergenciais adotadas no período imediatamente após o evento representam uso de mananciais alternativos com medidas estruturais perenes (construção de adutora do rio Guandu em "Baixo Guandu – sede") e uso de estruturas provisórias para viabilizar captação (uso do manancial rio Santo Antônio pela localidade "Belo Oriente – Cachoeira Escura", mananciais Lagoas do Batista e do Limão utilizadas pela localidade "Colatina – sede", manancial rio Manhuaçu para "Itueta – sede" e do córrego do Barroso para a localidade "Resplendor – sede" por meio de caminhões pipa). Por se tratar de um diagnóstico, o documento se limita a descrição dos mananciais alternativos emergenciais, não sendo apresentados estudos de disponibilidade hídrica que embasem a escolha destes mananciais.

4.4 Relatório da célula de Governador Valadares: Ações realizadas em Governador Valadares e região (SAMARCO, 2016a)

De maneira geral, o relatório intitulado "Relatório da célula de Governador Valadares: Ações realizadas em Governador Valadares e região", publicado no início de 2016 (SAMARCO, 2016a), se limita a descrição das ações adotadas até o momento da elaboração do Relatório da célula, sem se aprofundar nas ações/planos a serem executados. O Relatório envolve as localidades (distritos e sedes municipais) sob domínio da célula de Governador Valadares, como Alpercata, Aimorés, Belo Oriente, Era Nova, Galiléia, Governador Valadares, Itueta, Periquito, Quatituba, Resplendor Tumiritinga e Conselheiro Pena, e algumas localidades do estado do Espírito Santo, como Baixo Guandu, Colatina e Regência. Destaca-se que nem todos os municípios citados tiveram o abastecimento de água comprometido, de modo que não fazem parte do presente estudo.

É relatado em detalhe o histórico das ações tomadas, inclusive aquelas que correspondem a implementação de mananciais alternativos. Em quase todos os municípios foram perfurados poços sem critério técnico aparente, sendo o local do poço definido com base na proximidade de estruturas já existentes, como sistemas de bombeamento, adutoras e/ou ETAs. Aspectos construtivos e testes efetivos de vazão explorável dos poços não são fornecidos, de modo que estas informações têm pouca utilidade na estimativa de disponibilidade hídrica subterrânea.

Entre as informações de maior relevância para o presente estudo estão aquelas relacionadas as captações alternativas executadas em mananciais superficiais, perfuração e reativação de poços (até o momento da elaboração do relatório), as quais são descritas a seguir.

Em Governador Valadares, foi construída em regime emergencial (obra entregue em novembro de

2015) uma adutora de PEAD de 200 mm de diâmetro que liga o rio Suaçuí Grande à ETA Recanto dos Sonhos. Não é apresentada a capacidade da adutora, mas a ETA possui capacidade de 30,0 L/s.

Relata-se o uso dos mananciais dos córregos Santana (8,0 L/s) e do Barroso com estruturas provisórias, sendo o primeiro por meio de adutora e o segundo por caminhões pipa para a localidade Resplendor – Sede.

Na localidade Belo Oriente – Perpétuo Socorro (Cachoeira Escura), relata-se o uso de caminhões pipa para transporte de água bruta do rio Santo Antônio até a ETA do distrito por breve período. Com adaptações, o sistema foi eficiente no tratamento das águas do rio Doce, mesmo com elevada turbidez, sendo retomada a captação neste manancial.

Relata-se que na localidade Periquito – Pedra Corrida, foi concluída a perfuração de dois poços. Aparentemente, os poços atendem à demanda da localidade, porém não são apresentados estudos da taxa sustentável de extração de água.

Em Itueta – sede, foram reativados e revitalizados dois poços da COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais) e realizada captação em estrutura provisória no rio Manhuaçu, contando com transporte de água bruta por meio de caminhões pipa até a ETA da cidade. Não foram informados dados técnicos das captações dos poços e nem vazão captada.

4.5 Relatórios de avaliação das ETAs

Assim como o relatório ESSE (2015), os relatórios de avaliação das ETAs realizados em 2016 pela consultoria NewFields são focados na avaliação das estruturas dos SAAs, dando especial atenção na adequação das estruturas existentes e não na prospecção de novos mananciais. Publicados em outubro de 2016, relatam uma situação bem diferente do diagnóstico anterior, apresentando medidas emergenciais mais consolidadas e as melhorias de infraestrutura promovidas nos sistemas de captação, adução tratamento e reservação, além da consolidação de soluções de alguns mananciais alternativos. Os documentos correspondem a uma compilação de memorandos individuais para cada SAA analisado.

O estudo não contemplou as localidades Barra Longa – Gesteira, Fernandes Tourinho – Nossa Senhora da Penha e Santana do Paraíso – Ipaba do Paraíso.

Em Baixo Guandu – Mascarenhas (NewFields, 2016b), é relatada a tentativa sem sucesso do uso de manancial subterrâneo.

Para a localidade Baixo Guandu – sede (NewFields, 2016a), é relatada a continuidade da operação do sistema de captação alternativo no rio Guandu construído sob caráter emergencial, sendo então fornecidos maiores detalhes construtivos.

Para Itueta – sede (NewFields, 2016c), é descrita a continuação do uso do manancial Manhuaçu por meio de caminhões pipa.

Em Linhares – sede (NewFields, 2016d), é apresentado um novo manancial alternativo e aspectos técnicos dos novos sistemas de captação e adução localizados na Lagoa Nova. Antes do evento, o único manancial utilizado era o rio Pequeno, próximo a foz com o rio Doce. O novo sistema consiste na construção de uma barragem no rio Pequeno impedindo um eventual retorno das águas do rio Doce na captação e redução da vazão captada para 160,0 L/s; e uma nova captação em plataforma flutuante na Lagoa Nova com capacidade de 200,0 L/s, o que inclusive já atende à demanda do TTAC.

Em Periquito – Pedra Corrida (NewFields, 2016e), foi perfurado poço com vazão capaz de suprir 100% da demanda local, caso fosse estendido o período de operação da ETA (que é relatado como 8h diárias). Não foi apresentada a taxa de recarga do aquífero e estimativa de vazão explotável. O estudo menciona a existência de poço da COPASA que poderia ser reativado para suprir a totalidade da demanda.

Para Resplendor – sede (NewFields, 2016f), é apresentado o uso em conjunto de mananciais alternativos superficiais, todos com estruturas provisórias, sendo o córrego Santana por meio de adutora e o córrego do Barroso e o rio Manhuaçu por caminhões pipa, além de um poço localizado junto à ETA. Os córregos Santana e do Barroso estão localizados a 0,7 e 2,4 km de distância da estação de bombeamento, porém, é apontado que sozinhos não conseguem atender à demanda. Desta forma, o rio Manhuaçu, distante aproximadamente 32 km, tem sido utilizado para complementação da vazão requerida. O estudo menciona que devido à baixa vazão observada nos mananciais próximos, a melhor alternativa seria retomar o uso das águas do rio Doce. É aconselhada a construção de estruturas de vida útil de 5 anos para os mananciais alternativos em uso e avaliação de construção de adutora no rio Manhuaçu.

Para Tumiritinga – sede (NewFields, 2016g) é apresentada a existência de um poço da COPASA já utilizado para abastecimento. O estudo apresenta que segundo informações do operador a vazão do poço é de 15,0 L/s, mas faz a ressalva de que esta informação não foi confirmada. Para comparação, ESSE (2015) relata a vazão de 11,0 L/s. Em ambos os casos, a vazão apontada atende à demanda apresentada no TTAC (5,7 L/s) com larga folga.

4.6 Outros – Estudo do manancial Lagoa Nova em Linhares - ES

Como apontado no descritivo dos dados apresentados pelo relatório NewFields (2016d), a cidade de Linhares já foi contemplada com a construção de uma captação e adutora que ligam o manancial Lagoa Nova a uma das ETAs do município. A escolha deste manancial foi feita baseada em Gonçalves, (2015). O referido estudo apresenta a vazão média anual e a curva cota x volume da Lagoa Nova, da qual pode-se estimar sua capacidade de reservação. A vazão média anual apresentada é 540,0 L/s e supera em mais de duas vezes a demanda. O volume da lagoa que pode ser usado para regularização da vazão nos períodos de estiagem é de cerca de 23 milhões de metros cúbicos (para 1 m de variação de cota). Com estas condições, o manancial é capaz de atender a demanda.

5. DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada para estimativa das vazões necessárias para a disponibilidade hídrica superficial nos locais de interesse, baseado na regionalização de vazões.

No item seguinte (5.1), é apresentado um resumo sobre as características da bacia do rio Doce. No item 5.2, são analisados e selecionados os postos fluviométricos existentes na bacia do rio Doce para utilização na regionalização, considerando a qualidade das informações e sua representatividade. No terceiro item (5.3), é apresentada a regionalização das vazões media e das vazões Q_{90}[11] e Q_{95}[12] e $Q_{7,10}$[13] usadas para estimar a vazão mínima sem regularização e/ou a vazão outorgável nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo. No quarto item (5.4), é apresentada a variabilidade espacial da vazão específica. No quinto item (5.5), é apresentada a metodologia de estimativa da disponibilidade hídrica superficial com base na regionalização de vazão.

Deve-se destacar que os resultados dos métodos de regionalização de vazões são diretamente afetados pelos dados utilizados, de modo que estudos diferentes podem apresentar resultados distintos. Os principais responsáveis pelas diferenças entre regionalizações são os critérios de seleção dos postos fluviométricos (extensão das séries, falhas, os parâmetros utilizados para análise de consistência, entre outros) e em como são agrupados os postos (definição das regiões homogêneas). Adicionalmente, espera-se que nas zonas de extrapolação da regionalização de vazão, áreas de bacias hidrográficas maiores ou menores que àquelas utilizadas para ajuste da equação, as diferenças entre regionalizações distintas sejam mais proeminentes. Apesar de não ser objeto deste estudo, foi requisitado em reunião realizada dia 23/02/2017 em Nova Lima/MG, entre equipe técnica da NHC-RHAMA, técnicos da Fundação RENOVA e técnicos de instituições membro da CT SHQA (ANA, IGAM/MG, SEMAD/MG, AGERH/ES, IEMA/ES e SEDURB/ES) que fosse realizada uma análise das notas técnicas do IEMA (ES) sobre regionalização de vazão. Por não serem objeto do escopo original deste estudo os comentários sobre as notas técnicas pertinentes à avaliação da disponibilidade hídrica na região do rio Doce são encontrados no último item dos apêndices (Apêndice M).

5.1 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DA BACIA HIDROGRÁFICA

A bacia hidrográfica do rio Doce possui uma área de drenagem de cerca de 82.300 km², dividida entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo. O rio principal tem 879 km e tem como maior contribuinte o rio Piranga, cuja nascente está situada na Serra da Mantiqueira, em Minas Gerais, conforme mostrado na Figura 1. O relevo da bacia do rio Doce é montanhoso nas partes oeste e sul e bastante acidentado no restante da bacia, como mostra a Figura 5. Este mapa foi elaborado a partir do modelo digital de elevação (MDE) disponibilizado pelo SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), que possui resolução espacial de 90 m x 90 m.

[11] Q_{90} é a vazão que corresponde a 90% da curva de permanência, ou seja 90% do tempo as vazões são maiores ou iguais a Q_{90}.

[12] Q_{95} é a vazão que corresponde a 95% da curva de permanência, ou seja 95% do tempo as vazões são maiores ou iguais a Q_{95}.

[13] $Q_{7,10}$ é a vazão média de 7 dias com 10 anos de tempo recorrência.

A Figura 4 é apresenta o mapa da bacia com a distribuição do tipo e uso do solo da bacia hidrográfica, mostrando que nas cabeceiras se encontram as áreas com mata e a grande parte da bacia é de uso para agropecuária.

Na Figura 7 é apresentada a distribuição da precipitação média anual na bacia do rio Doce, mostrando que os valores variam de 830 a 1654 mm, mas a grande parte da bacia está entre 1000 e 1400 mm. A variação da precipitação ocorre de montante para jusante, do relevo mais acidentado para o relevo menos acidentado, próximo do Oceano. Isto reflete o efeito orográfico da precipitação na bacia hidrográfica.

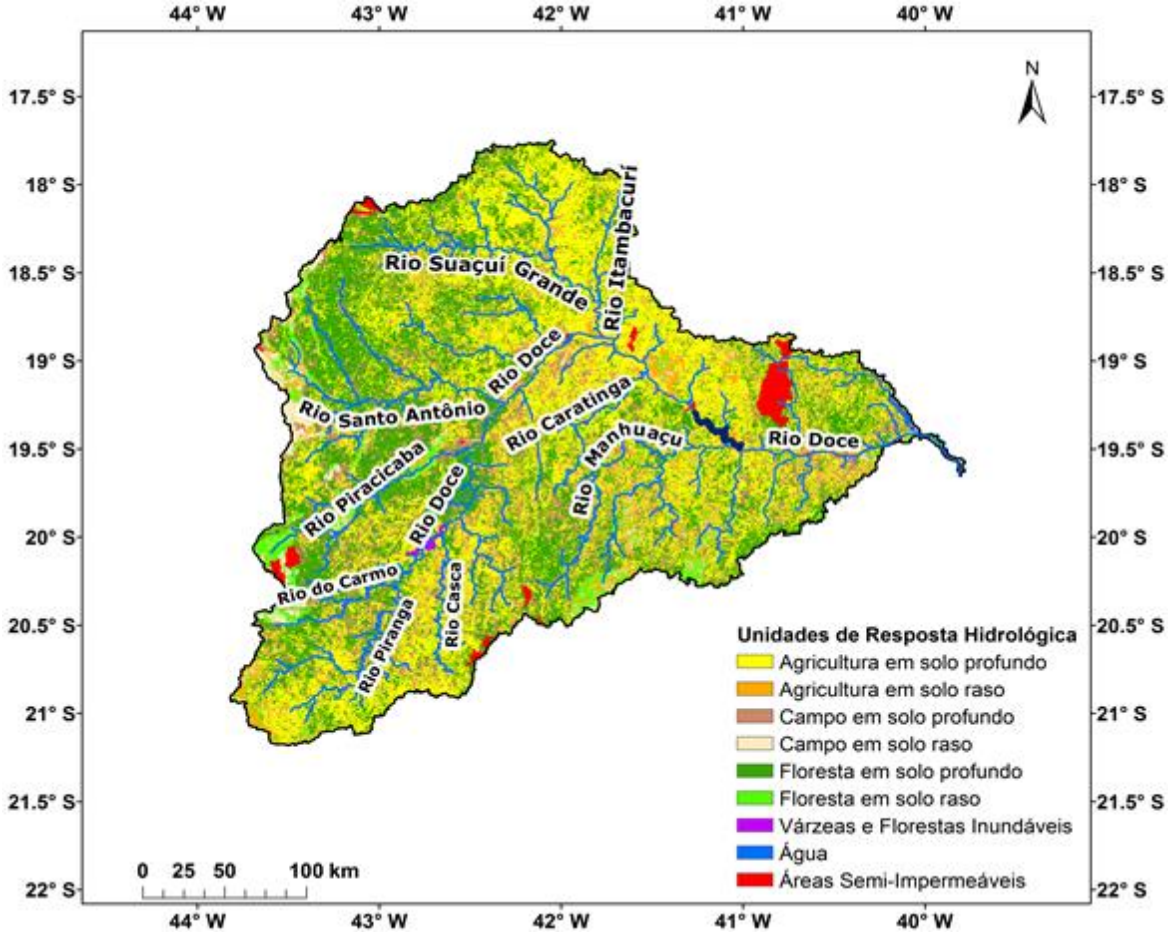


Figura 4. Distribuição do tipo e uso do solo da bacia hidrográfica (Rhama, 2014).

5.2 DADOS HIDROLÓGICOS

Segundo informações disponíveis na base de dados HidroWeb da ANA (http://hidroweb.ana.gov.br/) consultadas entre janeiro e abril de 2017, existem 476 postos fluviométricos na bacia do rio Doce, dos quais foram identificados 143 postos que possuíam dados diários de vazão. Os dados destes postos foram analisados e selecionados considerando os seguintes critérios:

- Série de dados de no mínimo 20 anos;
- Existência de dados em pelo menos 90% do período coberto pela série;
- Avaliação de indicadores dos dados quanto a consistência como coeficiente de escoamento, relações entre vazões, entre outros.

Com base nos critérios apresentados, foram 45 postos fluviométricos distribuídos na bacia. No Apêndice A, são apresentados os postos selecionados. Os valores característicos das vazões são apresentados no Apêndice B.

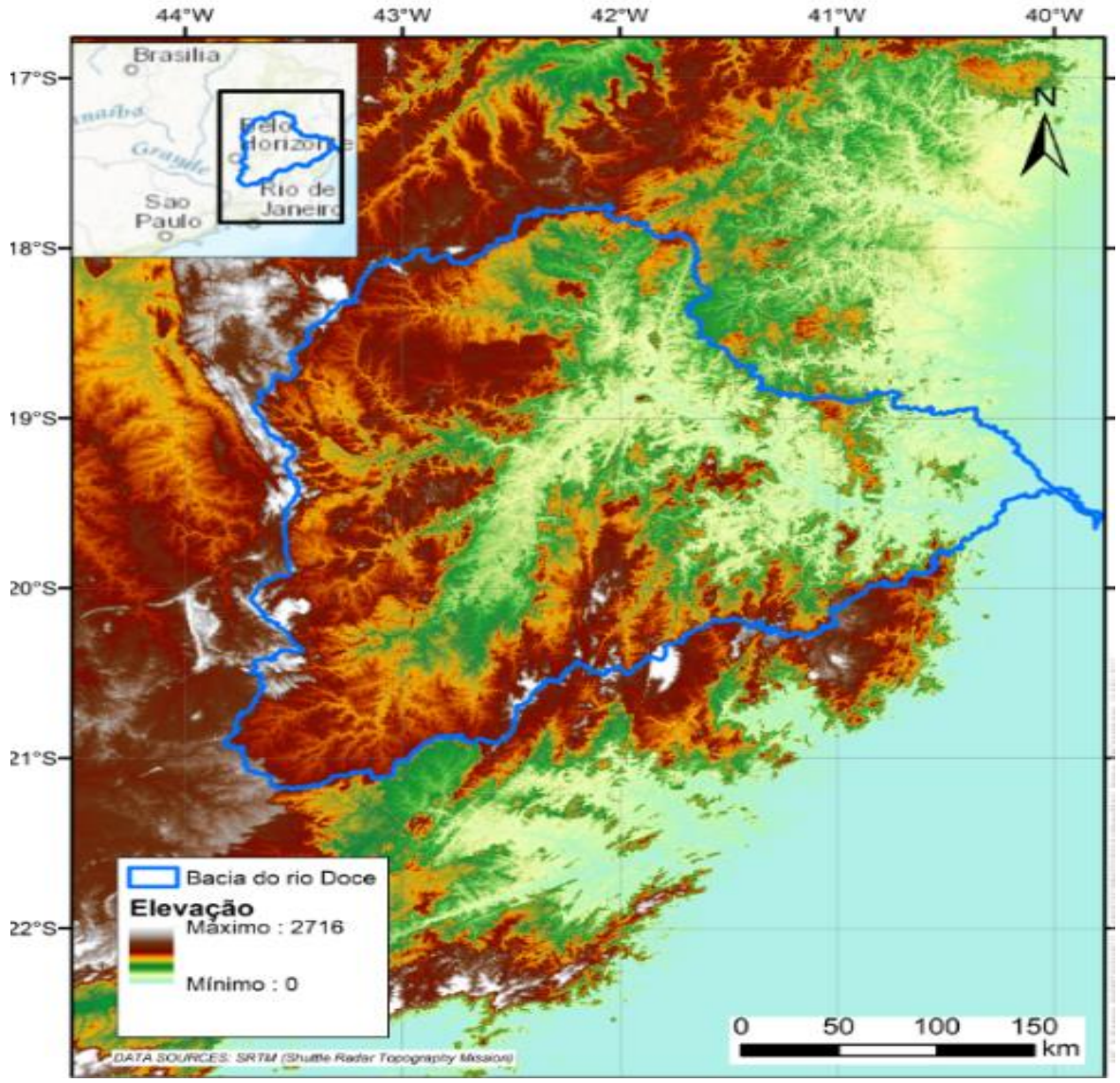


Figura 5. Relevo na bacia do rio Doce (elevação em metros).

5.3 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS VAZÕES ESPECÍFICAS

Para cada um dos postos fluviométricos selecionados foram calculadas a vazão média de longo período (Q_{mlp}), vazão Q_{90}, vazão Q_{95} e vazão $Q_{7,10}$, e posteriormente calculadas as vazões específicas[14]. Os cálculos das vazões tomaram como base as séries históricas de dados de vazões médias diárias conforme procedimentos amplamente utilizados em hidrologia como apresentado em Tucci (2002b).

[14] Vazão específica é a vazão por unidade de área. Na prática divide-se a vazão calculada para o posto fluviométrico por sua área de drenagem.

Considerando que as séries de dados utilizadas têm período de observação mínimo de 20 anos, para cálculo da vazão $Q_{7,10}$ foram utilizados modelos de distribuição empíricos.

A distribuição espacial das vazões médias de longo período específicas com base nos dados disponíveis pode ser visualizada na Figura 6. Analisando esta imagem, observa-se que 45,8% dos postos possuem uma vazão média específica entre 6,76 L/(s.km²) e 13,77 L/(s.km²). Avaliando-se a posição dos postos que possuem uma vazão média específica entre 16,4 L/(s.km²) e 34,2 L/(s.km²) sobre o relevo da área, percebe-se que estes estão situados em locais mais elevados e, assim, mais sujeitos ao efeito orográfico[15], justificando os valores mais elevados das vazões específicas. Estas condições retratam a distribuição da precipitação mostrada na Figura 7.

A Figura 8 apresenta a distribuição das vazões específicas Q_{95} na bacia. A partir deste mapa, percebe-se que cerca de 60% dos postos possuem uma vazão específica entre 2,5 L/(s.km²) e 5,34 L/(s.km²). Os valores mais altos de $Q_{95\text{-específica}}$ são encontrados nos rios do Carmo, Piranga e Piracicaba, na região sudoeste da bacia. O valor médio de 4,59 L/(s.km²) é encontrado na bacia, com uma variação de até 41%.

A Figura 9 apresenta a distribuição espacial das vazões específicas Q_{90}. A vazão específica Q_{90} média na bacia do rio Doce é 5,44 L/(s.km²), variando entre 1,45 L/(s.km²) e 11,55L/(s.km²). Apenas 2 % dos postos apresentam vazão específica Q_{90} entre 2,90 L/(s.km²) e 4,15 L/(s.km²), e 31% apresentam vazões específicas entre 4,15 L/(s.km²) e 6,0 L/(s.km²).

Por fim, as vazões $Q_{7,10}$ na bacia são apresentadas na Figura 10. 82% das estações fluviométricas apresentam $Q_{7,10\text{-específica}}$ entre 1,69 L/(s.km²) e 5,93 L/(s.km²). De maneira geral, as vazões específicas (média, Q_{90}, Q_{95} e $Q_{7,10}$) na bacia tendem a apresentar valores mais altos nas cabeceiras e menores próximos a jusante e ao rio principal. Este fenômeno tende a estar relacionado ao efeito orográfico.

Os resultados obtidos apontam que Mariana e Barra Longa possuem as maiores vazões específicas com base nos dados dos postos. Os postos presentes nos municípios que se localizam em regiões mais a jusante do rio Doce possuem vazões específicas menores devido a redução da precipitação média e, em parte do efeito de escala.

[15] Chuva orográfica ocorre devido ao efeito de montanhas, que fazem com que o ar proveniente do oceano suba e encontre a cota ideal de precipitação.

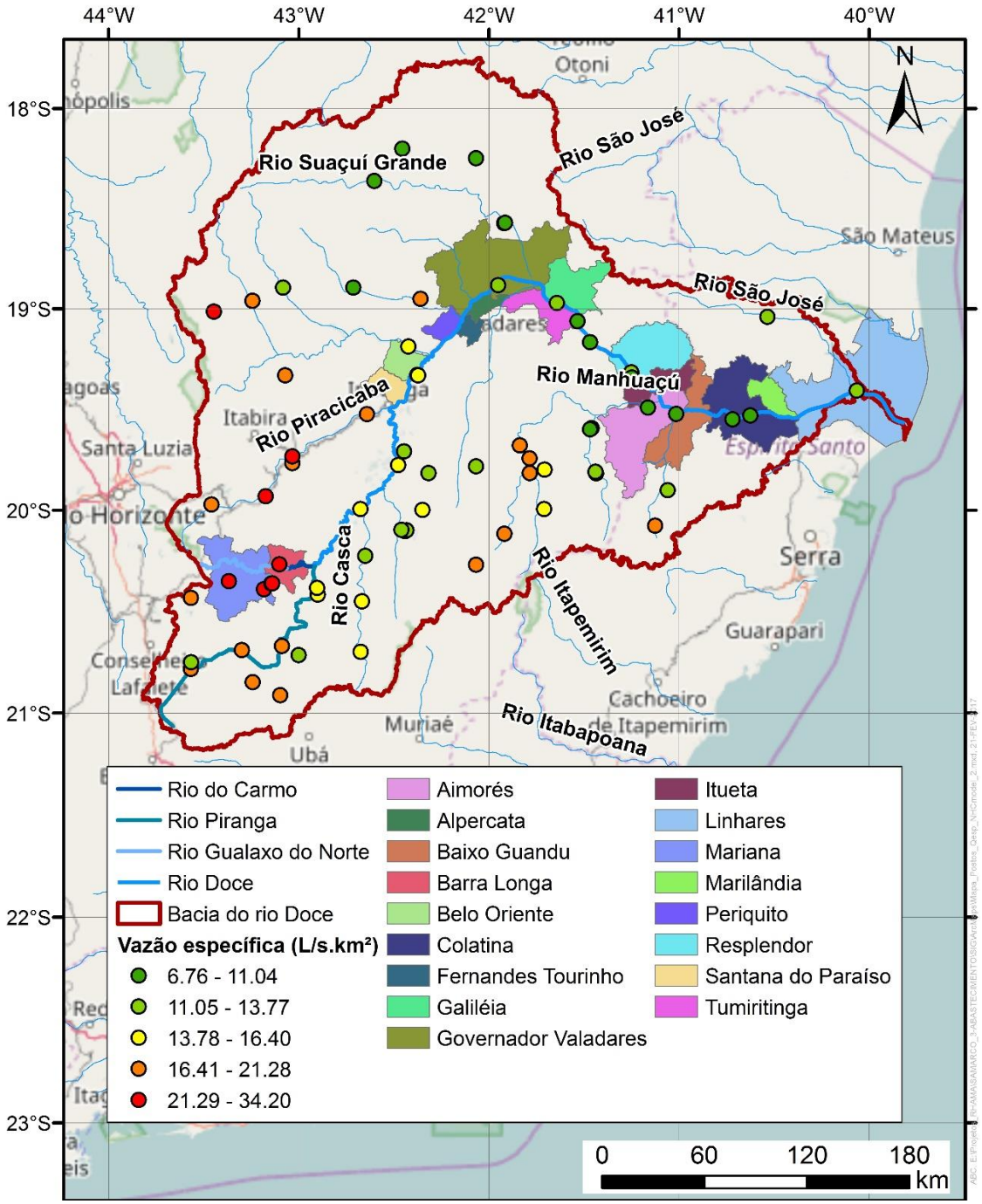


Figura 6. Distribuição das vazões específicas médias de longo período nos postos fluviométricos da bacia do rio Doce.

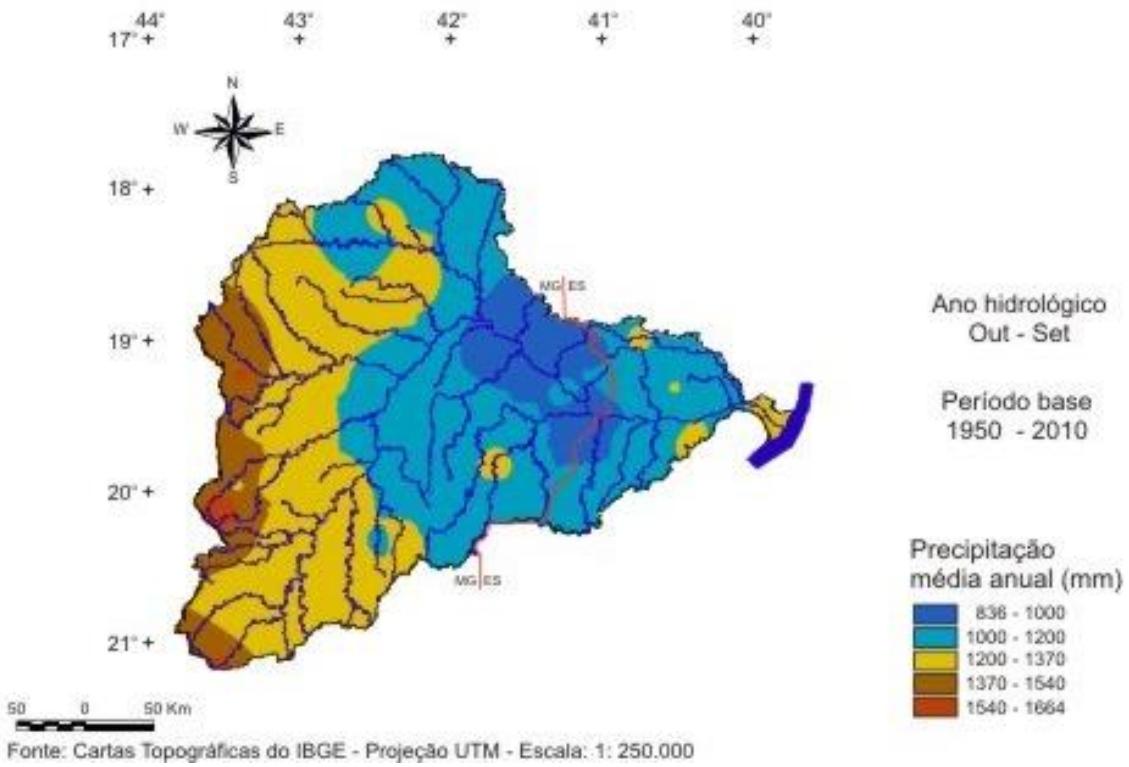


Figura 7. Mapa de precipitação da bacia do rio Doce[16].

[16] Fonte: www.atlasdasaguas.ufv.br/doce/mapas_de_precipitacao_pluvial.html

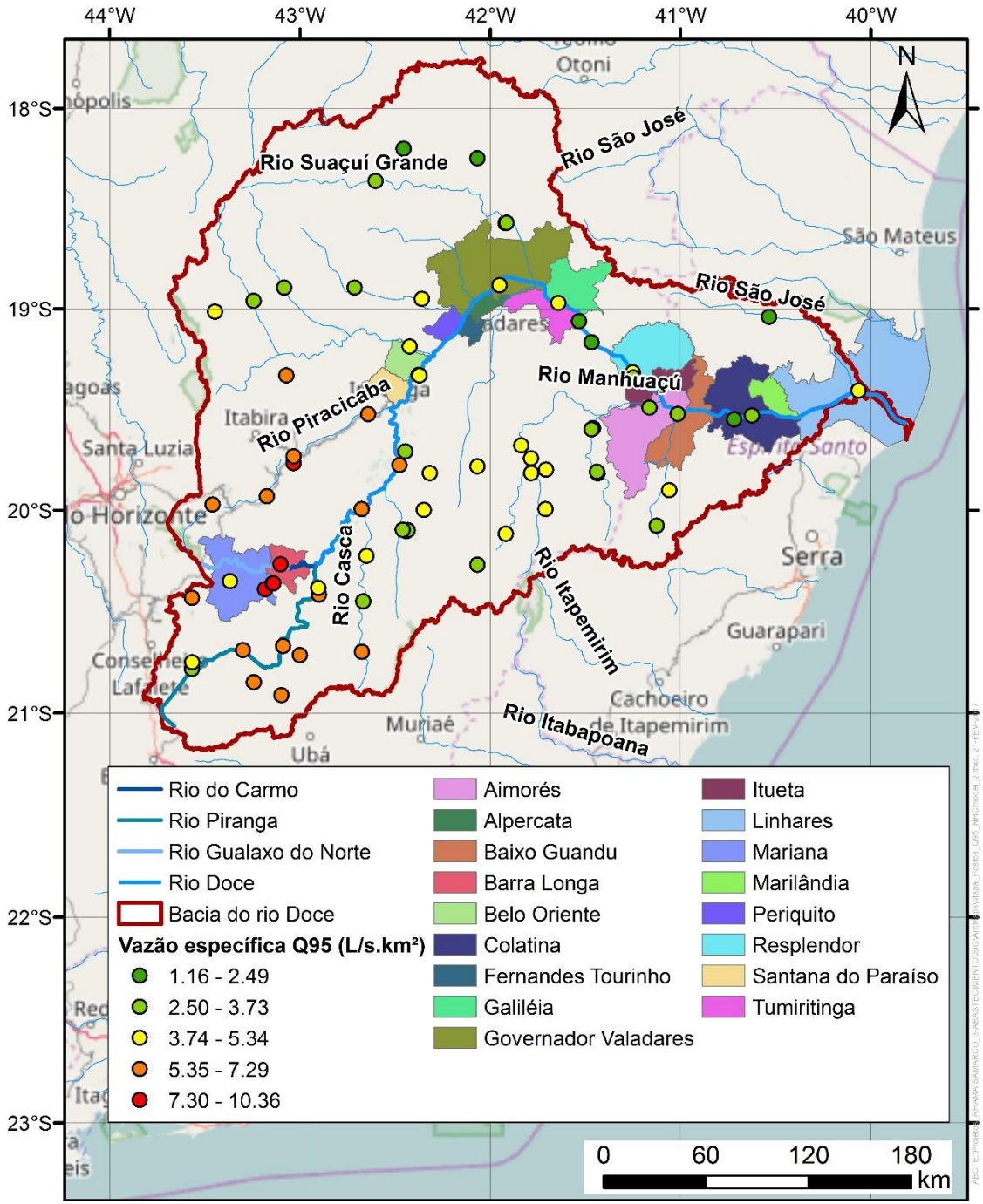


Figura 8. Distribuição das vazões específicas Q_{95} nos postos fluviométricos da bacia do rio Doce.

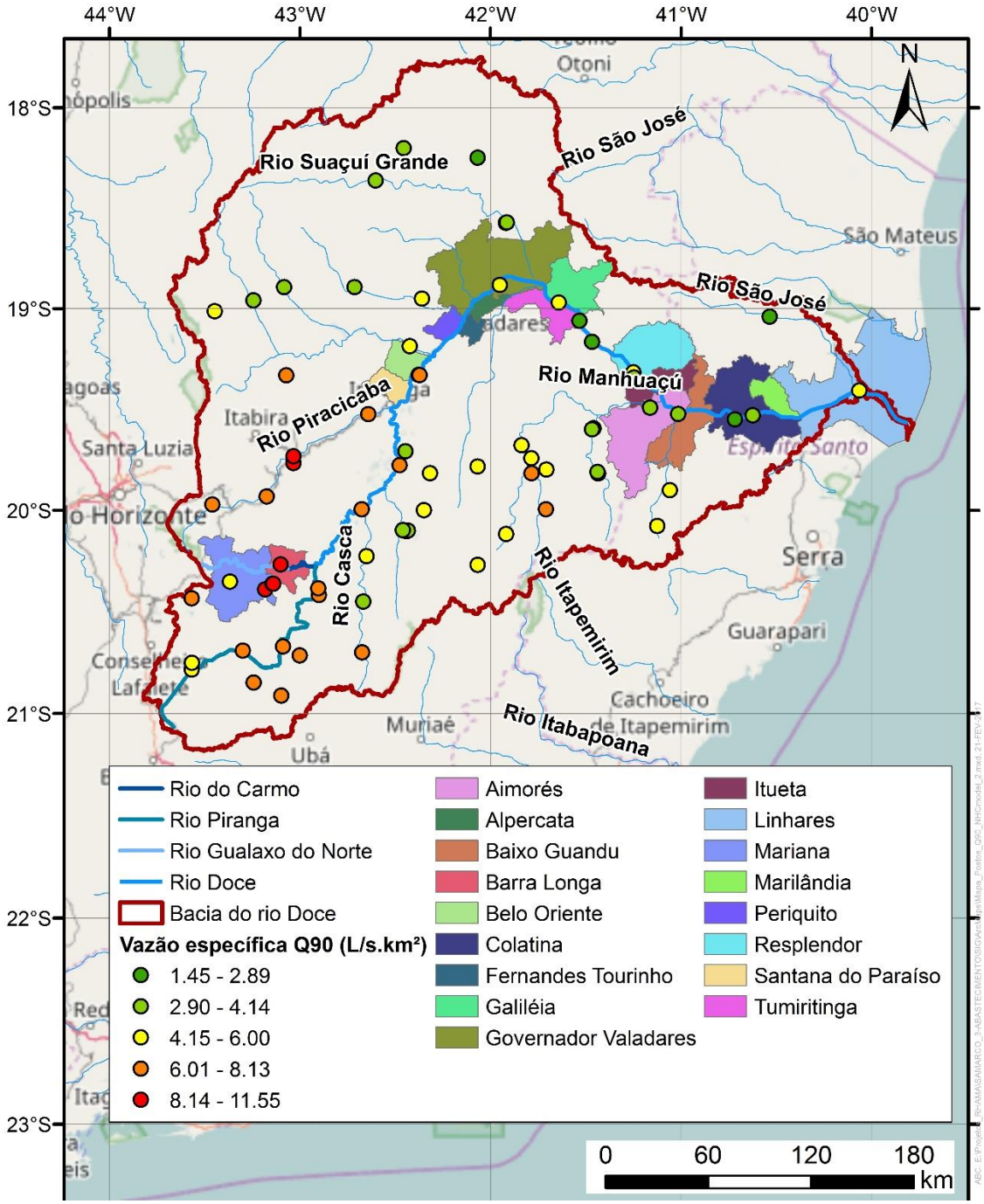


Figura 9. Distribuição das vazões específicas Q_{90} nos postos fluviométricos da bacia do rio Doce.

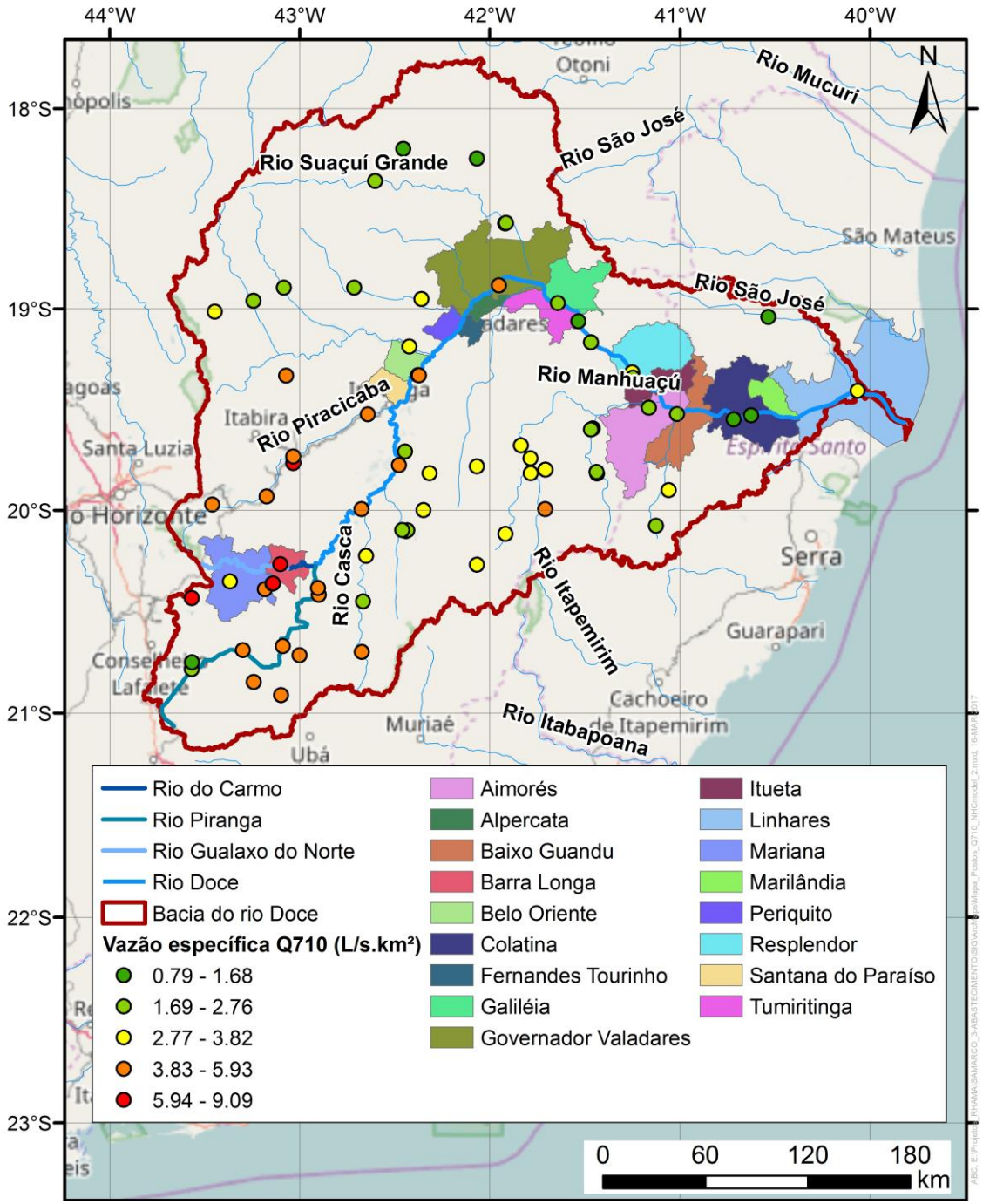


Figura 10. Distribuição das vazões específicas $Q_{7,10}$ nos postos fluviométricos da bacia do rio Doce.

5.4 REGIONALIZAÇÃO DAS VAZÕES

5.4.1 Critérios de regionalização

A metodologia de regionalização de vazões se baseia em utilizar informações de locais com dados para estimar vazões em locais sem dados ou com dados limitados, sendo fortemente dependente da qualidade e representatividade temporal e espacial dos dados disponíveis (Tucci, 2002a). Neste estudo, o objetivo é a determinação das vazões características da bacia e àquelas adotadas pelos órgãos competentes como vazões de referência para outorga de uso, que são:

- **Vazão média de longo período***:* representa a disponibilidade máxima de uma bacia hidrográfica, sem considerar a evaporação, quando se regulariza a vazão do rio. Geralmente a disponibilidade máxima é atingida por uma proporção da vazão média, dependendo das condições climáticas regionais. Na região Sul, Sudeste e Centro-Oeste espera-se que a vazão máxima regularizável seja, pelo menos, igual a 0,6 Q_{mlp}[17], dependendo da topografia no local de construção do reservatório (Tucci, 2002a);
- **Vazão Q_{90}**: vazão correspondente à 90% da curva de permanência de vazões diárias. Isto significa que 90% do tempo as vazões são iguais ou maiores ao valor obtido;
- **Vazão Q_{95}**: vazão correspondente à 95% da curva de permanência de vazões diárias. Isto significa que 95% do tempo as vazões são iguais ou maiores ao valor obtido;
- **Vazão $Q_{7,10}$**: vazão média mínima de 7 dias com tempo de retorno de 10 anos. Usualmente, esta vazão é menor que Q_{95}. Este valor foi usado por muitos anos para definir a vazão de avaliação da qualidade da água de um trecho de rio. No Brasil, alguns Estados adotaram esta vazão como vazão de referência. A vazão de referência é uma definição do CONAMA, resolução nº 357/2005, para avaliação da qualidade da água devido a cargas pontuais no rio. O setor de recursos hídricos tem usado esta vazão para definir a vazão de outorga[18].

5.4.2 Resultados

A regionalização pode ser obtida para uma função ou variável hidrológica em função de equações que expliquem sua variação no espaço. As variáveis independentes que explicam a variável dependente usada na equação devem ser de fácil obtenção. A principal variável para regionalizar vazões é a área da drenagem da bacia, seguida da precipitação e características físicas, como declividade, comprimento do rio e sua densidade de drenagem. Tucci (2002a) mostrou que somente a área representa bem a vazão e deve-se buscar uma equação com parcimônia[19]. Foram examinadas as

[17] Vazão média de longo período.

[18] O uso de um mesmo nome para finalidades diferentes na legislação não é uma prática adequada.

[19] Buscar a equação com parcimônia refere-se a buscar equação com menor número de variáveis explicativas.

regressões em função da área da bacia e verificou-se que o coeficiente de determinação[20] é alto e não justificava a introdução de outras variáveis.

Baseado nos dados hidrológicos, justamente devido às características das precipitações e aos resíduos das vazões com relação a uma regionalização de toda a bacia, separou-se a bacia em duas regiões. Na região leste os postos se agregaram segundo uma tendência e na região oeste segundo outra tendência (Figura 11).

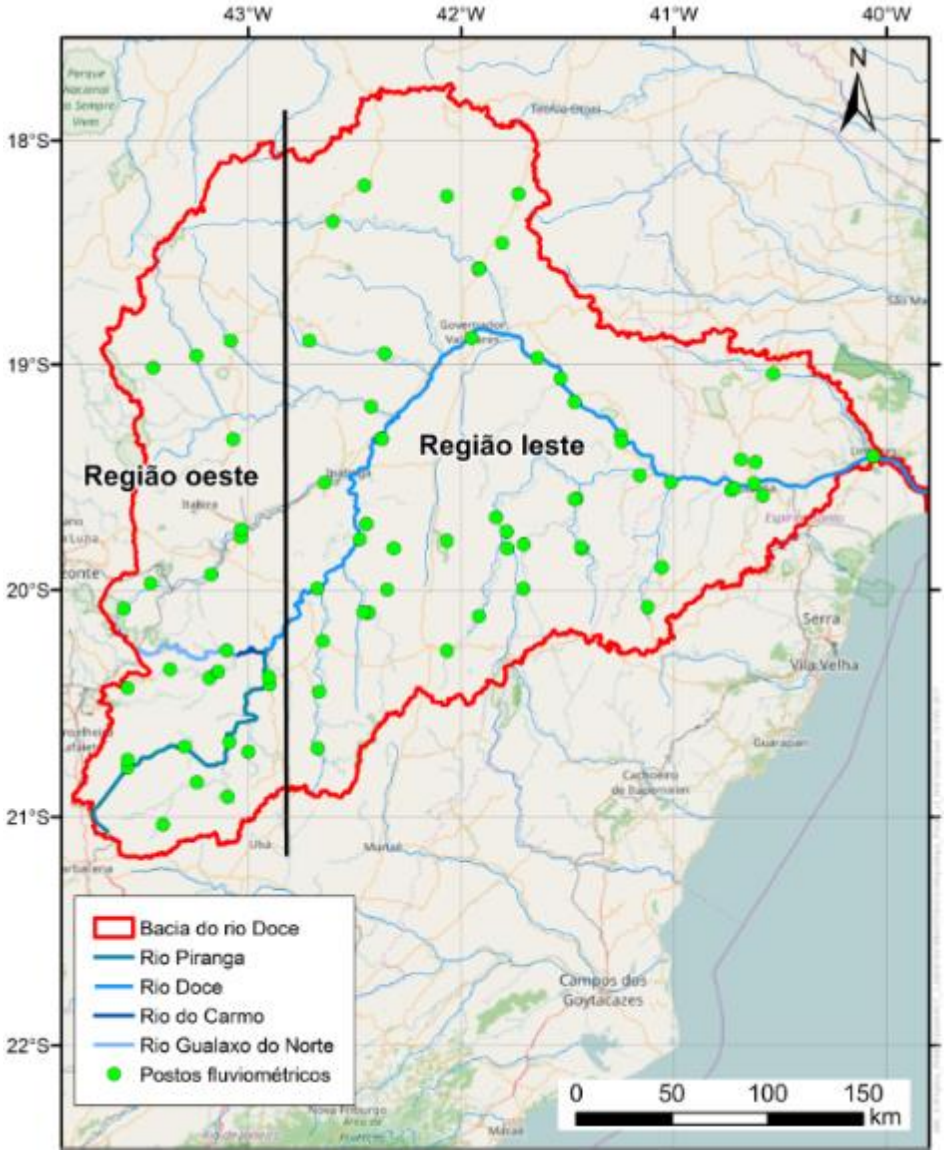


Figura 11. Divisão da bacia do rio Doce para a regionalização das vazões.

[20] O Coeficiente de determinação varia de 0 a 1 e representa a parcela explicada da variância que o modelo proposto consegue explicar. Um coeficiente de determinação 0,90 significa que o modelo explica 90% da variância dos valores.

Na definição das funções de regionalização, foi realizada uma análise do conjunto de dados e das características gerais, como o coeficiente de escoamento dos postos e tendência geral. Com base nesta seleção, foram definidas as funções regionais. Na Figura 12, Figura 13, Figura 14 e Figura 15 são apresentadas as equações para a região leste das vazões selecionadas e identificada no item anterior. Na Figura 16, Figura 17, Figura 18 e Figura 19 para a região oeste. As regressões obtidas são apresentadas na Tabela 3, juntamente com informações referentes às equações de regionalização para as duas regiões identificadas.

Os coeficientes de determinação obtidos para as equações variam de 0,90 a 0,98, mostrando que as equações obtidas apresentam boa representatividade dos valores medidos. As figuras também mostram a agregação entre os valores das equações e dos valores observados (ressalta-se que estão representadas em escala logarítmica).

Tabela 3. Equações de regionalização (A é a área da bacia em km²).

Região	Vazão	Coeficiente	Expoente	R^2	Equação completa	Equação
Leste	Média	0,0144	0,9845	0,98	$Q_{mlp\text{-}Leste} = 0{,}0144.\ A^{0{,}9845}$	1
	Q_{90}	0,0034	1,0288	0,96	$Q_{90\text{-}Leste} = 0{,}0034.\ A^{1{,}0288}$	2
	Q_{95}	0,0027	1,0356	0,96	$Q_{95\text{-}Leste} = 0{,}0027.\ A^{1{,}0356}$	3
	$Q_{7,10}$	0,0021	1,0296	0,95	$Q_{710\text{-}Leste} = 0{,}0021.\ A^{1{,}0296}$	4
Oeste	Média	0,0259	0,955	0,97	$Q_{mlp\text{-}Oeste} = 0{,}0259.\ A^{0{,}955}$	5
	Q_{90}	0,0043	1,0103	0,95	$Q_{90\text{-}Oeste} = 0{,}0043.\ A^{1{,}0103}$	6
	Q_{95}	0,0051	1,0234	0,94	$Q_{95\text{-}Oeste} = 0{,}0051.\ A^{1{,}0234}$	7
	$Q_{7,10}$	0,0063	1,0132	0,90	$Q_{710\text{-}Oeste} = 0{,}0063.\ A^{1{,}0132}$	8

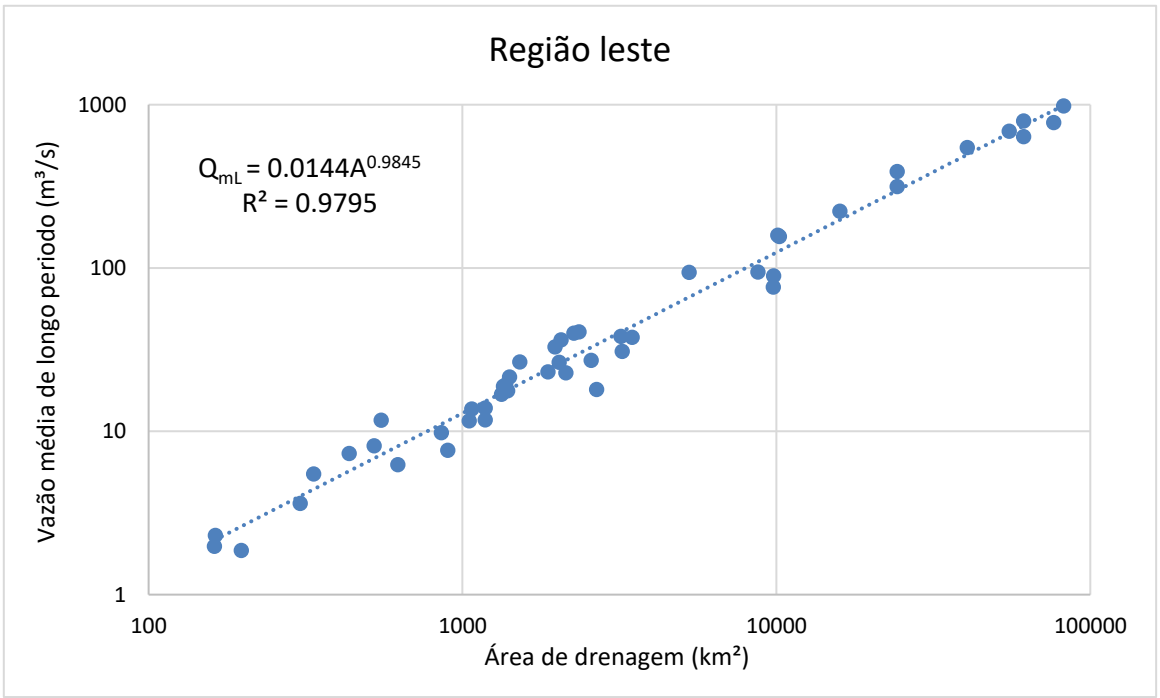


Figura 12. Análise do comportamento das vazões médias de longo período em função da área de drenagem para a região leste.

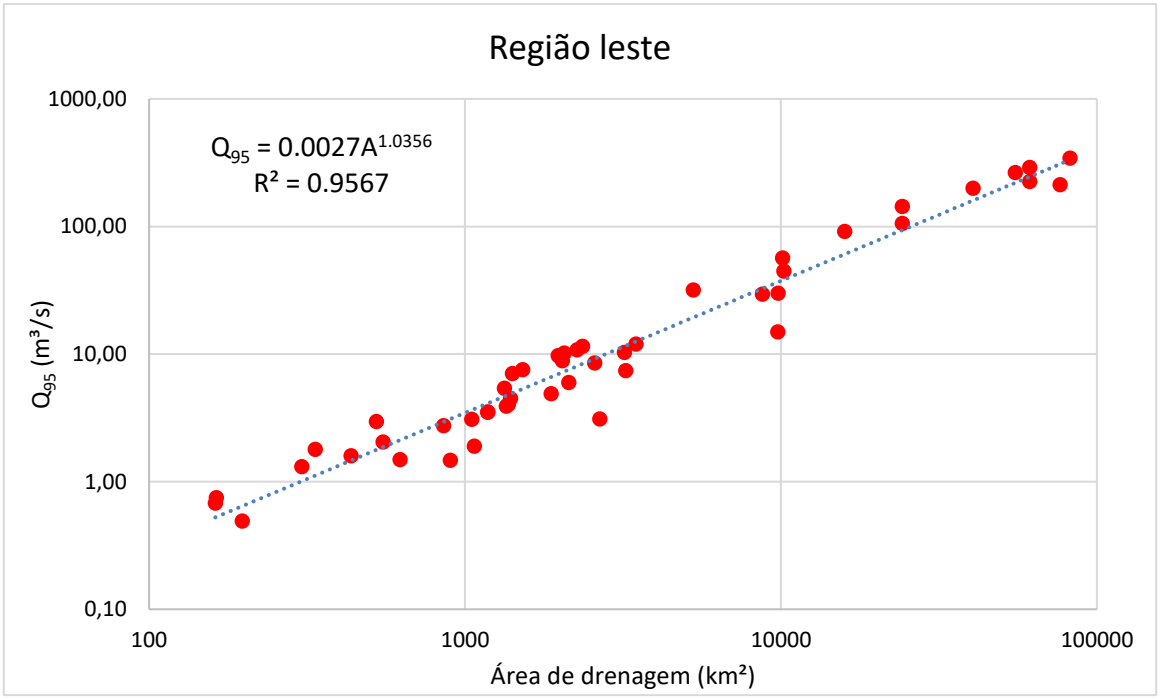


Figura 13. Análise do comportamento das vazões Q_{95} em função da área de drenagem para a região leste.

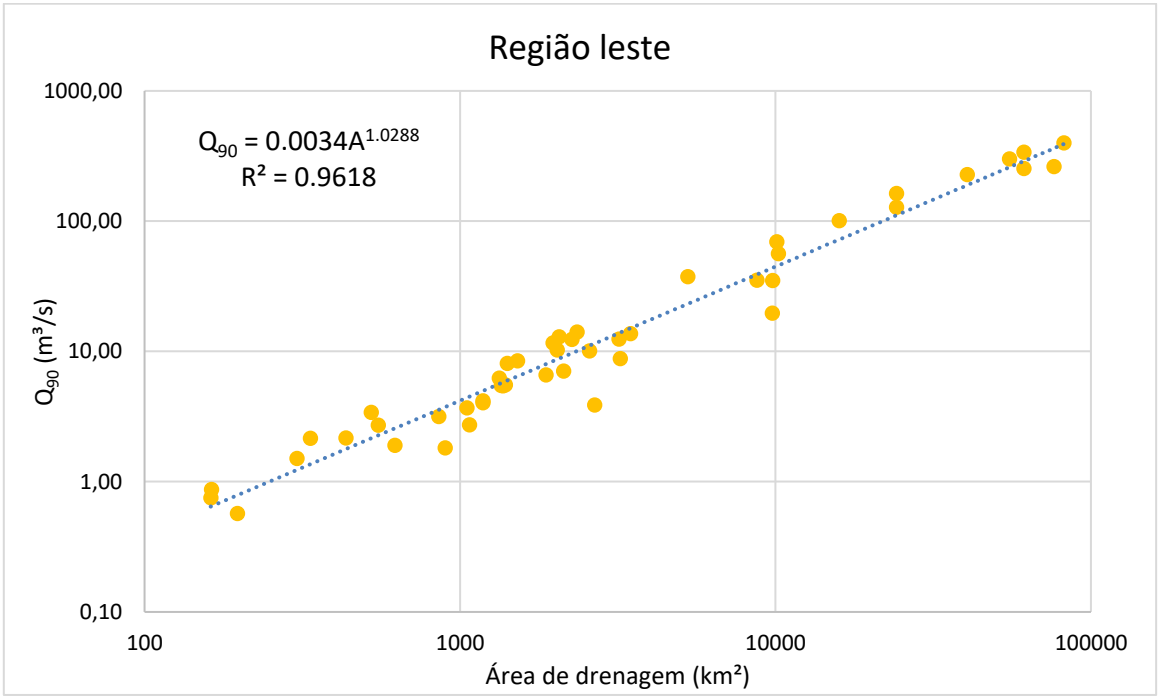


Figura 14. Análise do comportamento das vazões Q_{90} em função da área de drenagem para a região leste.

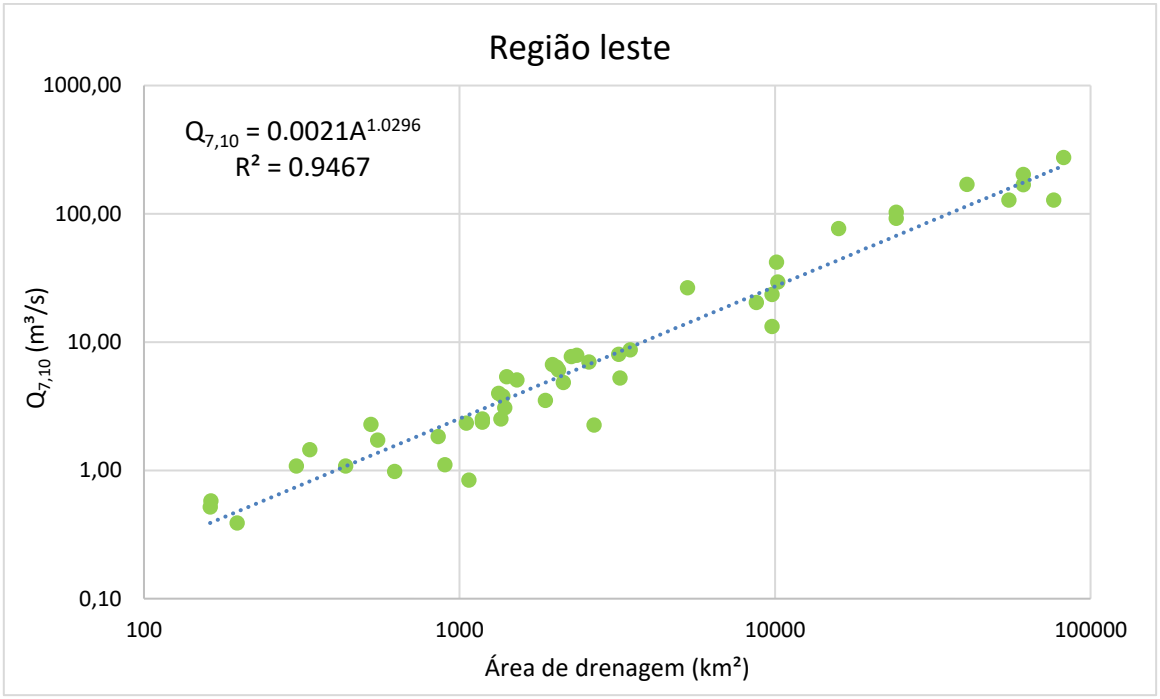


Figura 15. Análise do comportamento das vazões $Q_{7,10}$ em função da área de drenagem para a região leste.

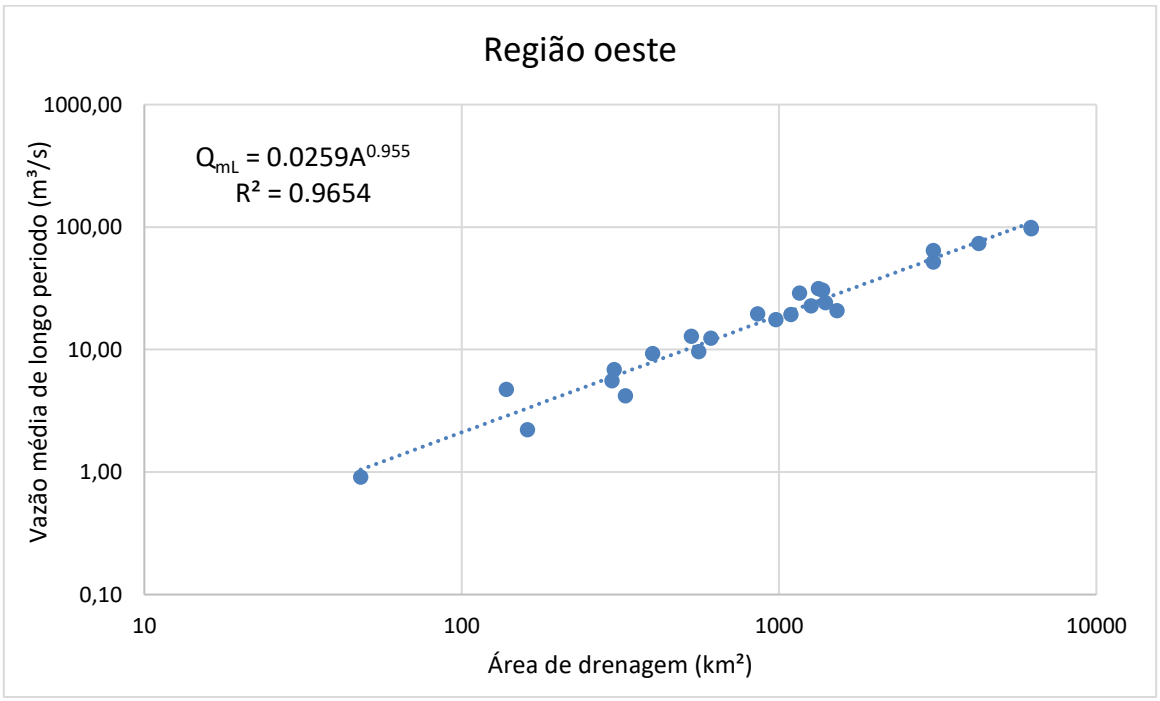


Figura 16. Análise do comportamento das vazões médias de longo período em função da área de drenagem para a região oeste.

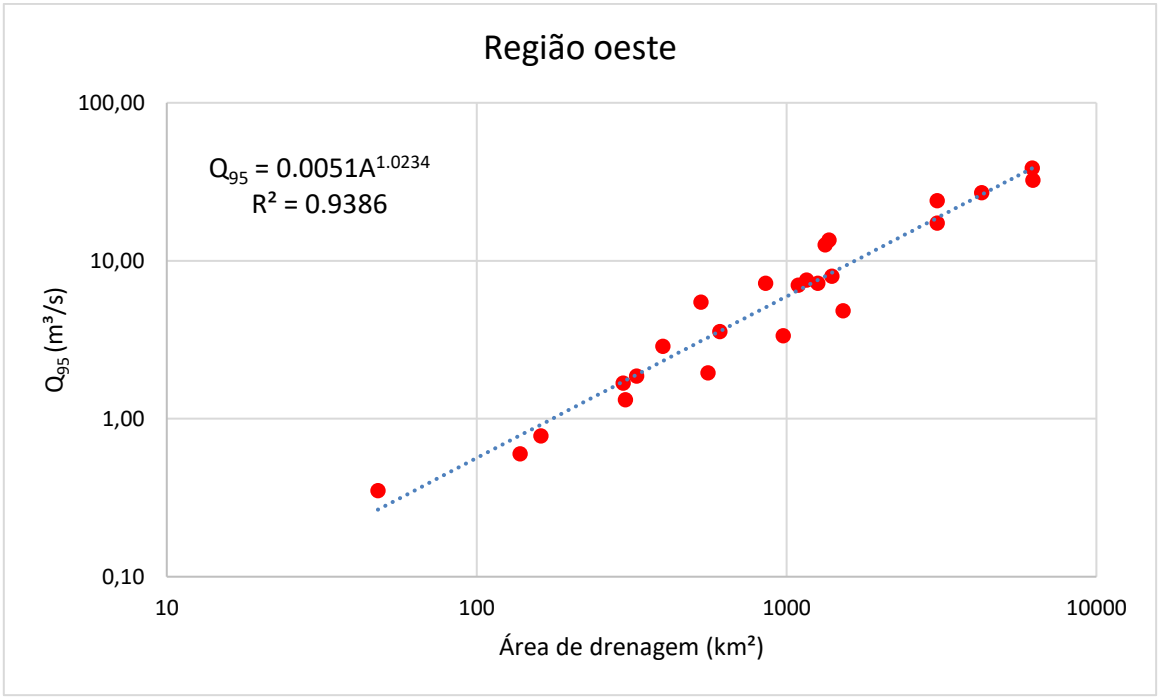


Figura 17. Análise do comportamento das vazões Q_{95} em função da área de drenagem para a região oeste.

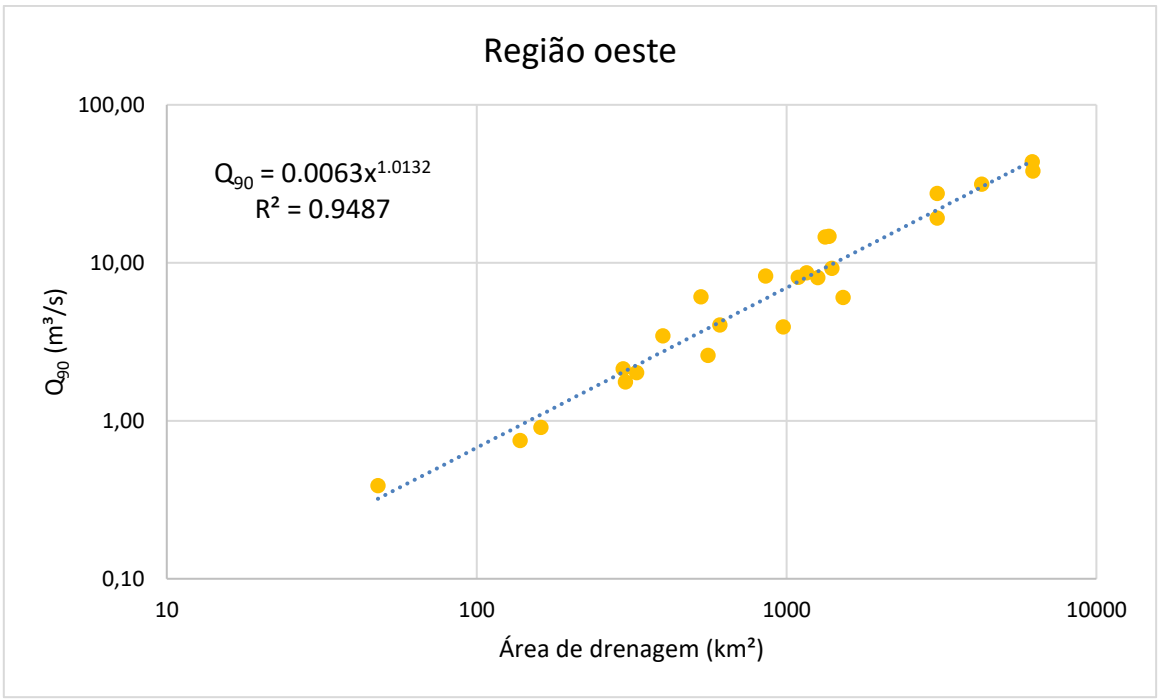


Figura 18. Análise do comportamento das vazões Q_{90} em função da área de drenagem para a região oeste.

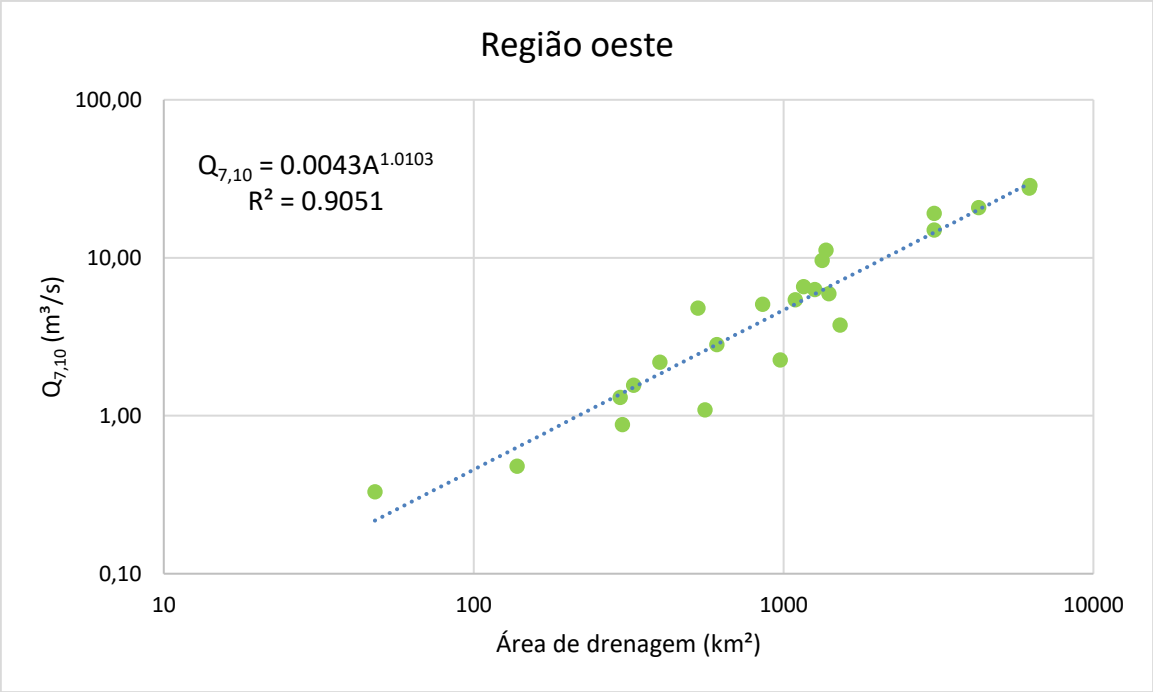


Figura 19. Análise do comportamento das vazões $Q_{7,10}$ em função da área de drenagem para a região oeste.

5.5 ESTIMATIVA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL

A disponibilidade hídrica de um manancial superficial é a vazão que sua bacia pode produzir ao longo do tempo. Neste capítulo, são apresentadas as variáveis hidrológicas que permitem estimar a disponibilidade hídrica de uma bacia hidrográfica.

Para uso da água é necessária a obtenção de outorga, sendo a vazão outorgável definida de acordo com a legislação de cada Estado ou da União. No item seguinte (5.5.1), são apresentados os critérios de outorga do uso da água utilizados pelos estados de Minas Gerais e Espírito Santo para as bacias onde estão os mananciais superficiais que podem ser usados pelas localidades.

No segundo item (5.5.2) são definidos os critérios de determinação da disponibilidade hídrica sem regularização de vazão e no terceiro item (5.5.3) a determinação da disponibilidade hídrica com a construção de barragem de acumulação para regularização de vazão. No quarto item (5.5.4), são apresentados os critérios de determinação da disponibilidade hídrica do manancial considerando os critérios de outorga.

5.5.1 Vazão de outorga

A legislação de recursos hídricos determinou que um dos instrumentos de gestão é a outorga da água, que estabelece os critérios de concessão do direito de uso das águas superficiais num determinado curso d´água. Para as águas de domínio da União os critérios são definidos pela ANA, e para as águas de domínio dos estados são definidos de acordo com legislações estaduais.

Espírito Santo

A Instrução Normativa N° 13 de 9 de dezembro de 2009, do governo do estado do Espírito Santo, estabelece como vazão de referência a vazão permanência de 90% (Q_{90}). A vazão outorgável, determinada por esta mesma instrução normativa, corresponde a 50% da vazão de referência, podendo ser superior nos seguintes casos:

- Quando houver regularização de vazão, desde que o atendimento à respectiva demanda ocorra com uma permanência mínima de 80% e seja garantido o fluxo residual mínimo equivalente a 50% da vazão de referência;
- Situações de interesse público que não produzam prejuízos a direitos de terceiros;
- Em situações de conflito pelo uso da água dentro de uma determinada região, desde que seja garantido o fluxo residual mínimo equivalente a 50% da vazão de referência a jusante da região de conflito;
- Em situações em que há restituição da vazão captada, desde que seja garantido o fluxo mínimo equivalente a 50% da vazão de referência no trecho de vazão reduzida.

Minas Gerais

Segundo a Resolução Conjunta SEMAD[21]-IGAM[22] n° 1548, de 29 de março de 2012, a vazão de referência do estado de Minas Gerais corresponde à vazão mínima de 7 dias e 10 anos de recorrência ($Q_{7,10}$).

A vazão outorgável é o equivalente a 50% da vazão de referência, sendo destacado que no caso de regularização poderá ser captado vazões superiores desde que seja garantido o fluxo residual mínimo para jusante equivalente a 50% da vazão de referência. No entanto, para os rios Jequitaí, Pacuí, Urucuia, Pandeiros, Verde Grande, Pará, Paraopeba e Velhas fica definida uma vazão máxima de 30% da vazão de referência. Excepcionalmente, podem ser adotados valores superiores a 50% da $Q_{7,10}$, desde que não se produzam prejuízos a direitos de terceiros e que as intervenções se enquadrem nos seguintes casos:

- Proteção da integridade da vegetação nativa e da biota;
- Abastecimento público;
- Limpeza e desassoreamento de curso de água;
- Travessia de curso de água.

A Figura 20, Figura 21, Figura 22 e Figura 23 mostram a distribuição espacial das vazões de referência do estado do Espírito Santo e Minas Gerais, respectivamente para os locais com dados hidrológicos. A Tabela 4 resume as informações apresentadas neste item.

[21] Secretaria do Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável.

[22] Instituto Mineiro de Gestão de Águas.

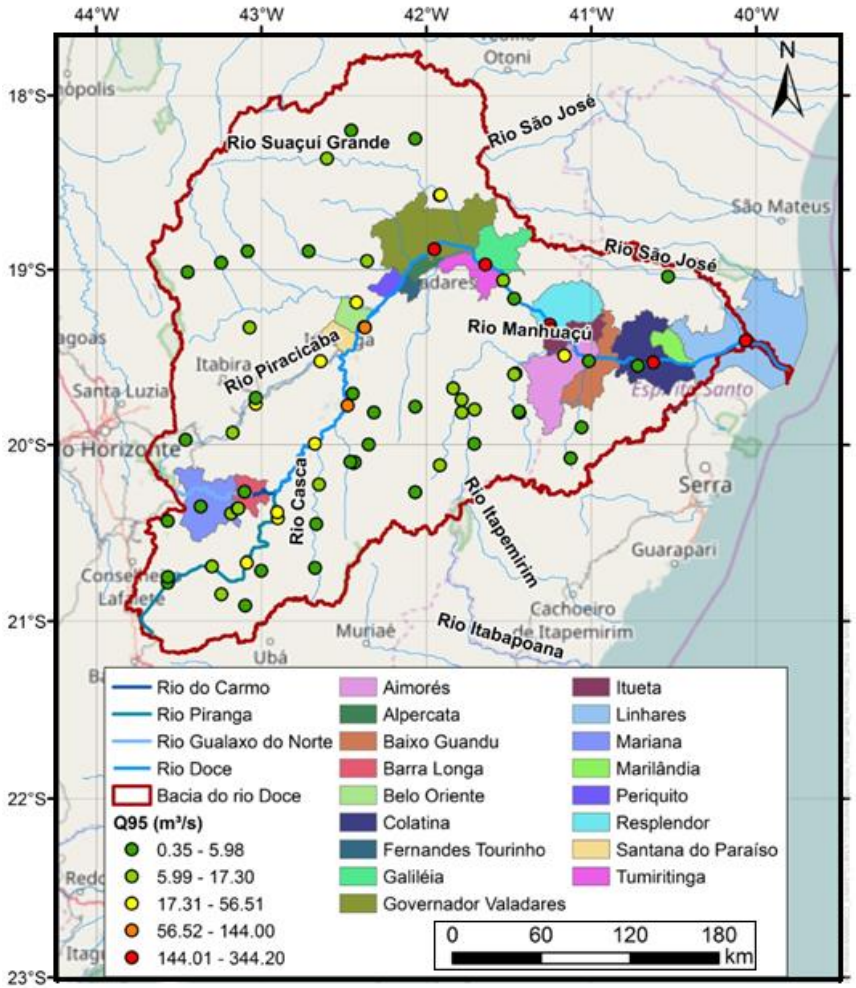


Figura 20. Distribuição espacial da Q_{95} na bacia do rio Doce.

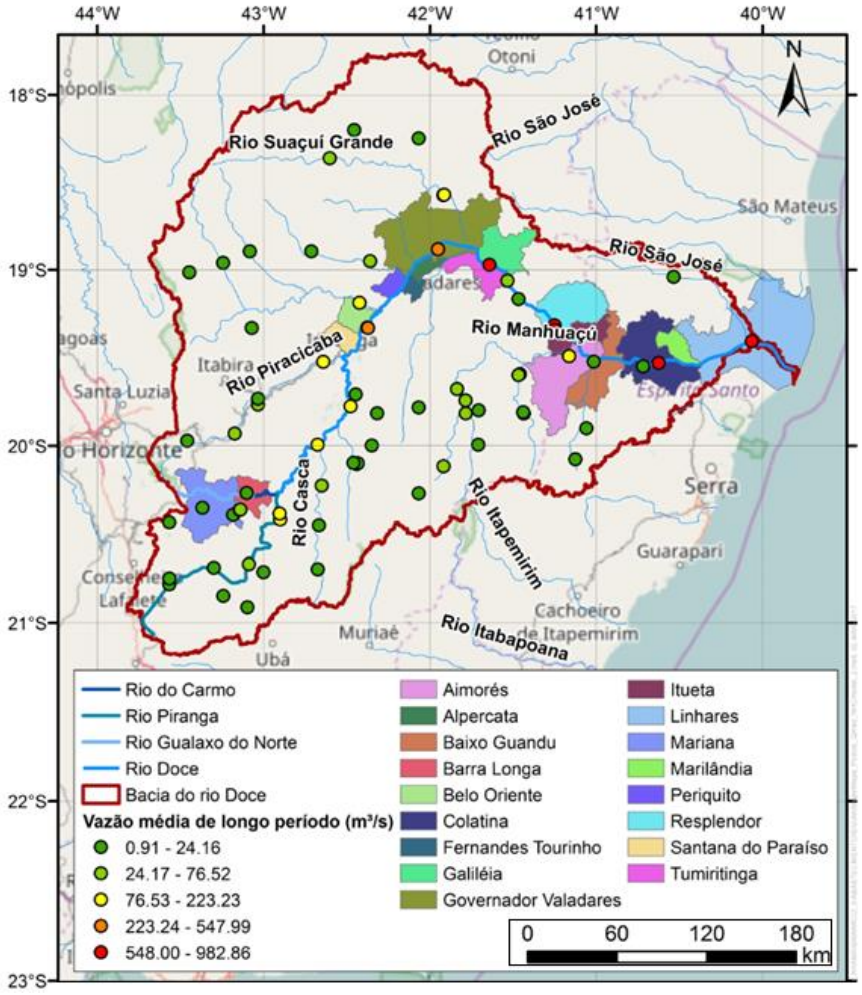


Figura 21. Distribuição espacial da vazão média de longo período na bacia do rio Doce.

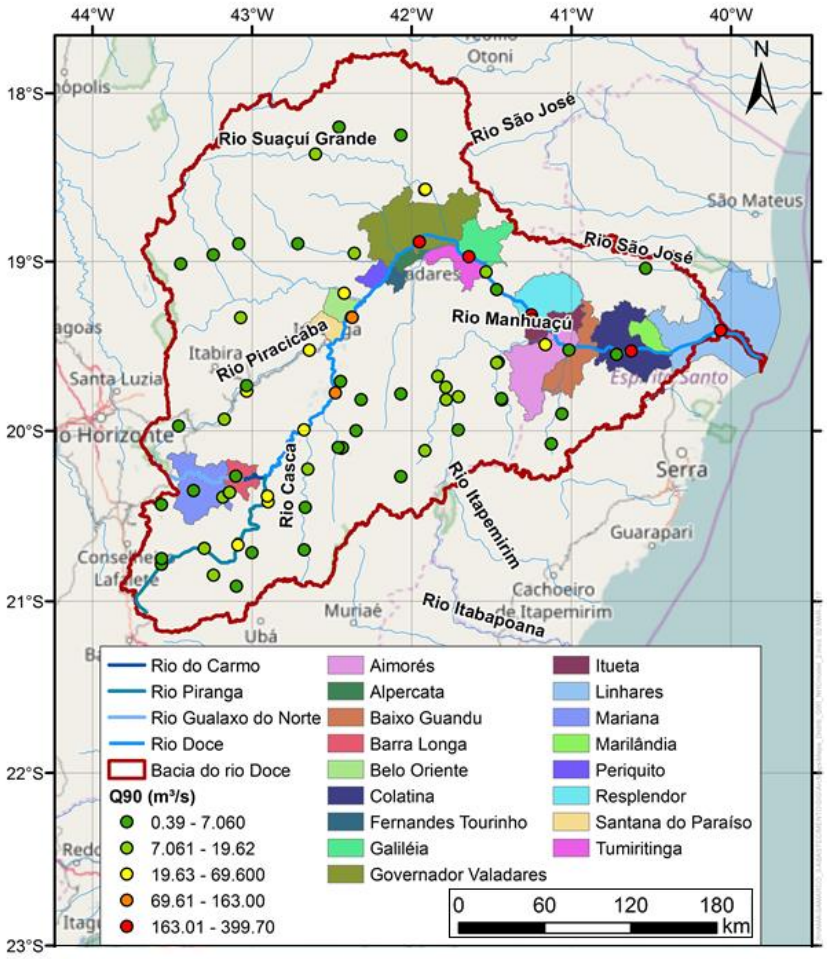


Figura 22. Distribuição espacial da Q_{90} na bacia do rio Doce.

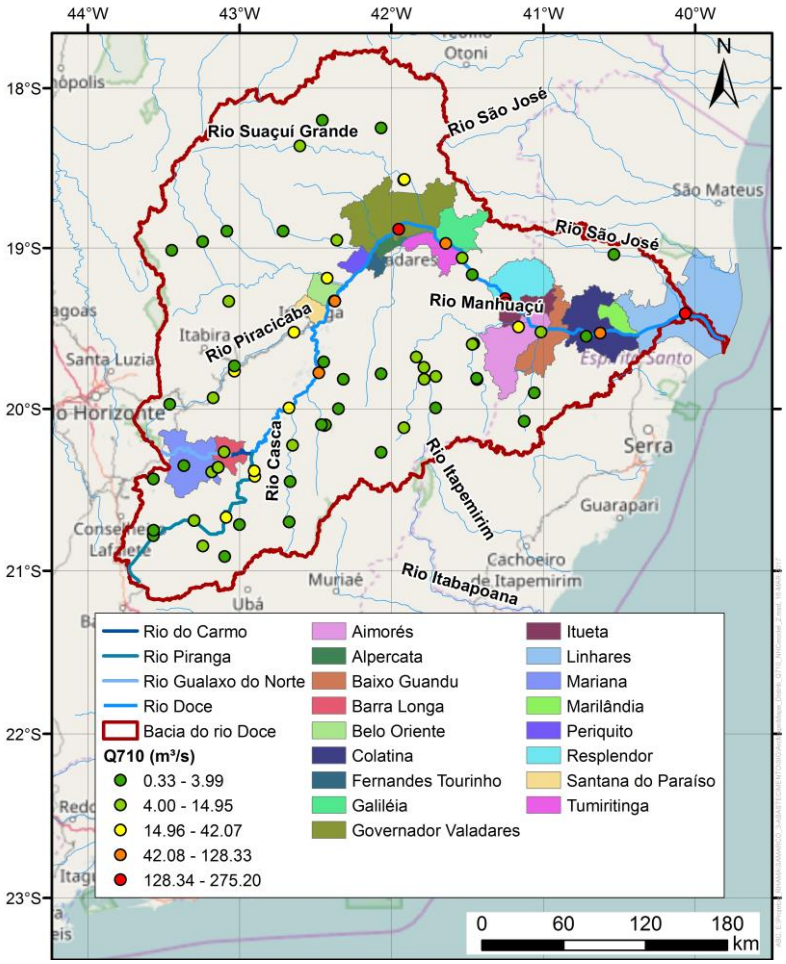


Figura 23. Distribuição espacial da $Q_{7,10}$ na bacia do rio Doce.

Tabela 4. Vazões outorgáveis para os estados de Espírito Santo e Minas Gerais.

Estado	Vazão de referência	Vazão outorgável	Exceção
Espírito Santo	Q_{90}	50% da Q_{90}	(a) Com regularização e garantia de 50% de Q_{90} para jusante; (b) Interesse público sem prejuízo a terceiros; (c) Áreas de conflitos, garantindo 50% da Q_{90}; (d) Quando a restituição da vazão captada, desde que garantido 50% da Q_{90}
Minas Gerais	Q_{710}	50% da Q_{710}	(a) Proteção da integridade da vegetação nativa e biota; (b) Abastecimento público; (c) Limpeza e desassoreamento de rio; (d) Travessia de rio.

5.5.2 Disponibilidade hídrica sem regularização

A disponibilidade hídrica sem regularização é obtida com base nas estatísticas das vazões de um rio. Existem várias estatísticas que podem ser utilizadas, mas devem estar associadas a um risco aceitável de falha desta disponibilidade.

A curva de permanência de vazões diárias é obtida pela relação entre a vazão e a probabilidade de que os valores das séries sejam maiores ou iguais a esta vazão. Considerando-se um risco de 5%, existe 95% de chance de que a vazão diária seja maior que este valor. Neste caso, o risco assumido é de 5% do tempo da amostra. Este é um risco adotado usualmente para abastecimento de água. Desta forma, a Q_{95} é o referencial adotado para estimativa da disponibilidade hídrica superficial sem regularização.

5.5.3 Disponibilidade hídrica com regularização

Quando a demanda de água é superior a vazão disponível em um rio no período de estiagem é possível aumentar a disponibilidade regularizando a vazão utilizando um reservatório. A curva de regularização é a relação entre vazão regularização e o volume do reservatório para um determinado risco de atendimento da demanda. Tucci (2002a) apresentou a regionalização da curva de regularização. Esta metodologia não foi utilizada devido à falta de dados de vazões representativos para a bacia. O referido autor mostrou que, para regiões úmidas do Brasil, é possível regularizar pelo menos 60% da vazão média, dependendo de existirem locais próximos com topografia para formação do lago sem impactos físicos e ambientais na sua área de abrangência.

Neste estudo, para estimativa de disponibilidade hídrica considerando a construção de barragem de acumulação para regularização de vazão foi adotado como potencial capacidade de regularização de um manancial a vazão regularizada (Q_r) de 60% da vazão média, conforme equação a seguir.

$$Q_r = 0{,}6\ Q_{mlp} \qquad (9)$$

5.5.4 Critério de estimativa da disponibilidade hídrica para os mananciais

Usando os resultados da regionalização para Q_{95} e Q_{mlp} e para a Q_{90} e a $Q_{7,10}$, que são as vazões de referências dos Estados, estabeleceu-se os critérios para a determinação da disponibilidade hídrica e vazão outorgável para os mananciais com e sem regularização para as regiões da bacia e para os Estados.

A Tabela 5 mostra como é determinada a disponibilidade hídrica com e sem regularização de vazões, e segundo o critério da vazão outorgável. Ressalta-se que, conforme mostrado na Figura 11, a região Oeste de regionalização envolve apenas localidade no estado de MG, enquanto a Leste possui localidade em MG e no ES. Os valores referentes às vazões média, $Q_{7,10}$, Q_{90} e Q_{95}, para as regiões Leste e Oeste, são calculadas conforme critérios apresentados na Tabela 3.

O uso desta tabela se baseia no seguinte:

- A prioridade do uso é o abastecimento de água para consumo humano;
- A vazão retirada é a possível, mantendo 50% da vazão de referência para jusante do local de captação. Este critério utiliza as exceções das leis estaduais;
- Não foram avaliadas outras demandas que tenham sido concedidas nos mananciais. Isto deverá ser verificado em nível de projeto básico e executivo.

Tabela 5. Disponibilidade hídrica com e sem regularização considerando vazão outorgável nos estados do Espírito Santo e em Minas Gerais.

Legislação de outorga	Critério	Estado	Vazão outorgável[1]	Disponibilidade hídrica (Q_d)[2]
Dentro do padrão da lei	Com regularização	MG	50% $Q_{7,10}$	= 0,6.Q_{mlp} - 0,5.$Q_{7,10}$
		ES	50% Q_{90}	= 0,6.$Q_{m\text{-}Leste}$ - 0,5.$Q_{90\text{-}Leste}$
Dentro do padrão da lei	Sem regularização	MG	50% $Q_{7,10}$	= 0,5.$Q_{7,10}$
Exceção				= Q_{95} - 0,5.$Q_{7,10}$
Dentro do padrão da lei		ES	50% Q_{90}	= 0,5.Q_{90}
Exceção				= Q_{95} - 0,5.Q_{90}

[1] *Este é o cenário da lei que estabelece que a maior vazão outorgável.*

[2] *Neste cenário, usa-se a exceção da lei que permite retirar para abastecimento a disponibilidade, mantendo a vazão para jusante equivalente à metade da vazão de referência*

Onde: $Q_{7,10}$ vazão mínima média de 7 dias e 10 anos de tempo de recorrência; Q_{mlp} – vazão média de longo período; Q_{90} – vazão com probabilidade de 90% da curva de permanência com; e Q_{95} – vazão com probabilidade de 95% da curva de permanência. Estes valores são determinados de acordo com a equação de cada região.

6. ÁGUA SUBTERÂNEA

Neste capítulo, é apresentada a caracterização física da região, analisando os principais aspectos relacionados com a disponibilidade hídrica subterrânea nas áreas de interesse na bacia do rio Doce. No primeiro item, são apresentados os aspectos geomorfológicos da bacia e dos municípios de interesse. No segundo item, são apresentadas as características hidrogeológicas das regiões de interesse. No terceiro item, são apresentadas as características hidrodinâmicas dos poços nos municípios. No quarto item, é analisada a distribuição na bacia das variáveis estudadas.

6.1 GEOMORFOLOGIA

6.1.1 Geomorfologia predominante

A geomorfologia predominante dos municípios estudados foi obtida por meio dos mapas de geodiversidade dos estados de Minas Gerais e do Espírito Santo, elaborados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), em 2010 e 2014, respectivamente. A Figura 24 apresenta o mapa geomorfológico da bacia do rio Doce, com destaque para os municípios estudados. A seguir, está apresentada a descrição geomorfológica dos diferentes relevos encontrados na área de estudo.

Chapadas e platôs: superfícies tabulares alçadas, ou relevos soerguidos, planos ou aplainados, não ou incipientemente pouco dissecados. Os rebordos dessas superfícies, posicionados em cotas elevadas, são delimitados, em geral, por vertentes íngremes a escarpadas. Representam algumas das principais ocorrências das superfícies cimeiras do território brasileiro. Franco predomínio de processos de pedogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com baixa a moderada suscetibilidade à erosão). Processos de morfogênese significativos nos rebordos das escarpas erosivas, via recuo lateral das vertentes. Frequente atuação de processos de laterização. Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas).

Domínio de colinas amplas e suaves: relevo de colinas pouco dissecadas, com vertentes convexas e topos amplos, de morfologia tabular ou alongada. Sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais relativamente amplas. Predomínio de processos de pedogênese. Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas). Geração de rampas de colúvios nas baixas vertentes.

Domínio de colinas dissecadas e morros baixos: relevo de colinas dissecadas, com vertentes convexo-côncavas e topos arredondados ou aguçados. Sistema de drenagem principal com deposição de planícies aluviais restritas ou em vales fechados. Equilíbrio entre processos de pedogênese e morfogênese (formação de solos espessos e bem drenados, em geral, com moderada suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e ocorrência esporádica de processos de erosão linear acelerada (sulcos, ravinas e voçorocas). Geração de rampas de colúvios nas baixas vertentes.

Domínio de morros e de serras baixas: relevo de morros convexo-côncavos dissecados e topos arredondados ou aguçados. Também se insere nessa unidade o relevo de morros de topo tabular, característico das chapadas intensamente dissecadas e desfeitas em conjunto de morros de topo plano. Sistema de drenagem principal com restritas planícies aluviais. Predomínio de processos de morfogênese (formação de solos pouco espessos em terrenos declivosos, em geral, com moderada a alta suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e linear acelerada (sulcos e ravinas) e ocorrência esporádica de processos de movimentos de massa. Geração de colúvios e, subordinadamente, depósitos de tálus nas baixas vertentes.

Domínio montanhoso: relevo montanhoso, muito acidentado. Vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas e topos de cristas alinhadas, aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Sistema de drenagem principal em franco processo de entalhamento. Franco predomínio de processos de morfogênese (formação de solos rasos em terrenos muito acidentados, em geral, com alta suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e de movimentos de massa. Geração de depósitos de tálus e de colúvios nas baixas vertentes.

Escarpas serranas: relevo montanhoso, muito acidentado. Vertentes predominantemente retilíneas a côncavas, escarpadas e topos de cristas alinhados, aguçados ou levemente arredondados, com sedimentação de colúvios e depósitos de tálus. Sistema de drenagem principal em franco processo de entalhamento. Representam um relevo de transição entre duas superfícies distintas alçadas a diferentes cotas altimétricas. Franco predomínio de processos de morfogênese (formação de solos rasos em terrenos muito acidentados, em geral, com alta suscetibilidade à erosão). Atuação frequente de processos de erosão laminar e de movimentos de massa. Geração de depósitos de tálus e de colúvios nas baixas vertentes.

Planaltos e baixos platôs: constituem superfícies ligeiramente mais elevadas que os terrenos adjacentes. São formas tabulares ou colinas muito amplas, pouco dissecadas, com sistema de drenagem principal em franco entalhamento e deposição de planícies aluviais restritas ou em vales fechados. Apresentam amplitude de relevo entre 0 e 50 m, inclinação de vertentes que varia entre 2° e 5° e topo plano a suavemente ondulado. Nessas formas de relevo, há predomínio de processos de pedogênese, com eventual atuação de processos de laterização. De forma localizada, nos planaltos, podem ocorrer processos de erosão laminar ou linear acelerada (ravinas e voçorocas). Os planaltos são formas de relevo caracterizadas como formas de degradação predominantemente em rochas sedimentares, mas também sobre rochas cristalinas.

Planícies costeiras: superfícies sub-horizontais, constituídas de depósitos arenosos, apresentando micro-relevo ondulado, geradas por processos de sedimentação marinha e/ou eólica. Terrenos bem drenados e não inundáveis.

Planícies fluviais ou flúvio-lacustres: superfícies sub-horizontais, constituídas de depósitos arenoargilosos a argiloarenosos, apresentando gradientes extremamente suaves e convergentes em direção aos cursos d'água principais. Terrenos imperfeitamente drenados nas planícies de inundação, sendo periodicamente inundáveis; bem drenados nos terraços. Os abaciamentos (ou suaves depressões em solos arenosos) em áreas planas ou em baixos interflúvios, denominados Áreas de Acumulação Inundáveis (AAI), frequentes na Amazônia, estão inseridos nessa unidade.

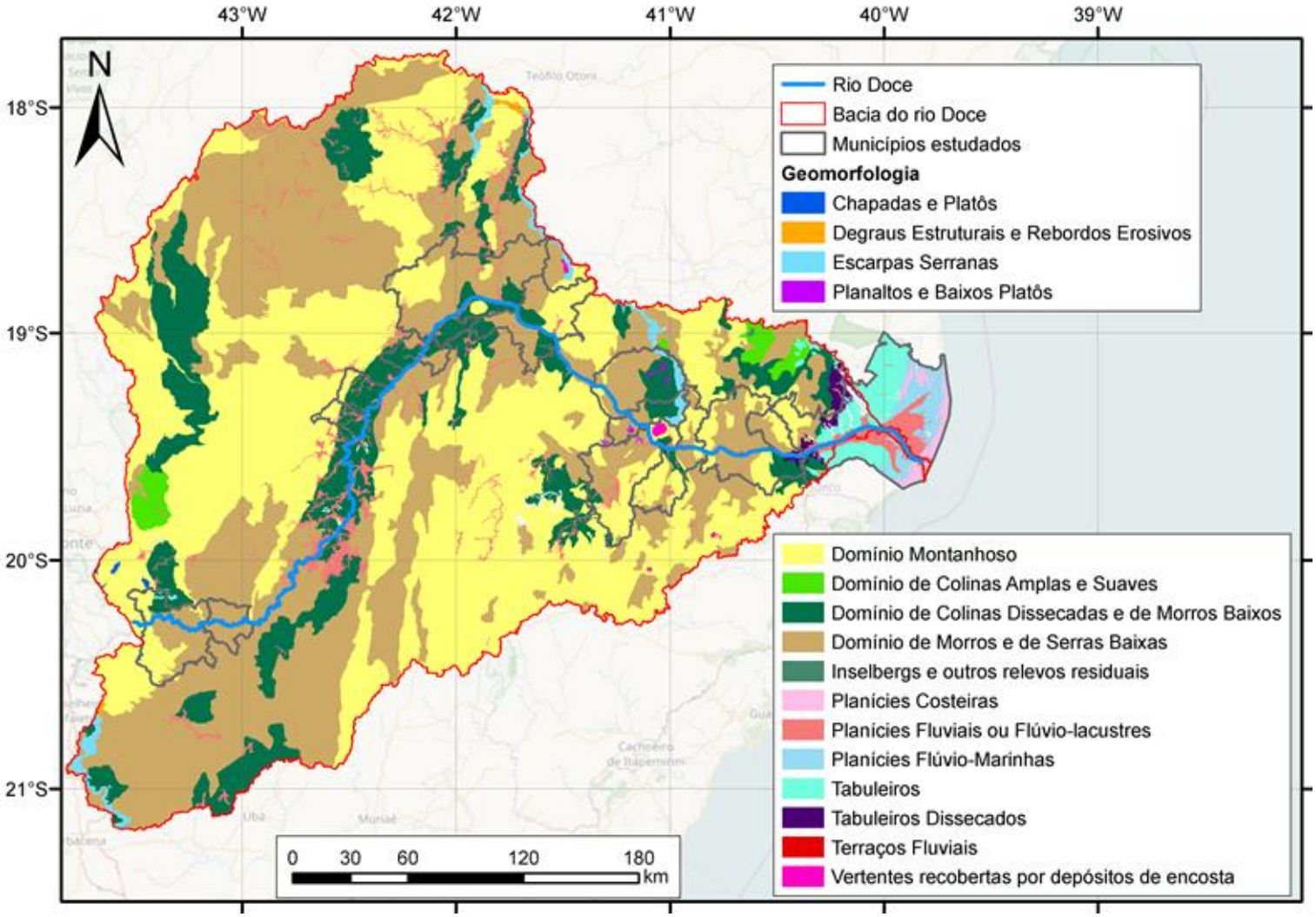


Figura 24. Mapa da geomorfologia (fonte: CPRM).

Planícies flúvio-marinhas: superfícies planas, de interface com os sistemas deposicionais continentais e marinhos, constituídas de depósitos argiloarenosos a argilosos. Terrenos muito mal drenados, prolongadamente inundáveis, com padrão de canais bastante meandrantes e divagantes, sob influência de refluxo de marés; ou resultantes da colmatação de paleolagunas. Baixa capacidade de suporte dos terrenos.

Tabuleiros: formas de relevo suavemente dissecadas, com extensas superfícies de gradientes extremamente suaves, com topos planos e alongados e vertentes retilíneas nos vales encaixados em forma de "U", resultantes de dissecação fluvial recente. Predomínio de processos de pedogênese. Ocorrências esporádicas, restritas a processos de erosão laminar ou linear acelerada (sulcos e ravinas).

Tabuleiros dissecados: formas de relevo tabulares, dissecadas por uma rede de canais com alta densidade de drenagem, apresentando relevo movimentado de colinas com topos tabulares ou alongados e vertentes retilíneas e declivosas nos vales encaixados, resultantes da dissecação fluvial recente. Predomínio de processos de pedogênese. Ocorrência de processos de erosão laminar ou linear acelerada (sulcos e ravinas).

Terraços fluviais: superfícies bem drenadas, de relevo plano a levemente ondulado, constituído de depósitos arenosos a argilosos de origem fluvial. Consistem de paleoplanícies de inundação que se encontram em nível mais elevado que o das várzeas atuais e acima do nível das cheias sazonais. Devido à reduzida escala de mapeamento, essa unidade só pôde ser mapeada em vales de grandes dimensões (em especial, nos rios amazônicos).

Vertentes recobertas por depósitos de encosta: os cones de tálus consistem de superfícies deposicionais fortemente inclinadas, constituídas por depósitos de encosta, de matriz arenoargilosa a argiloarenosa, rica em blocos, muito mal selecionados. Ocorrem, de forma disseminada, nos sopés das vertentes íngremes de terrenos montanhosos. Apresentam baixa capacidade de suporte. As rampas de colúvio consistem de superfícies de posicionais inclinadas, constituídas por depósitos de encosta arenoargilosos a argiloarenosos, mal selecionados, em interdigitação com depósitos praticamente planos das planícies aluviais. Ocorrem, de forma disseminada, nas baixas encostas de ambientes colinosos ou de morros.

6.1.2 Geomorfologia nos municípios

A Tabela 6 apresenta o relevo predominante em cada um dos municípios aqui em análise. Uma análise detalhada da proporção de cada relevo nos municípios analisados é apresentada no Apêndice C.

Conforme o observado na Figura 24 e ressaltado na Tabela 6, a região do rio Gualaxo Norte, na área de cabeceiras da bacia, possui sobretudo domínio de morros e serras baixas. O trecho médio do rio Doce, entre as confluências com os rios Piracicaba e Suaçuí Pequeno, apresenta colinas dissecadas e morros baixos. Por sua vez, a área mais a jusante no rio Doce, desde a confluência com o rio Suaçuí Grande até quase o exutório, também é dominada por morros e serras baixas, porém com a presença de domínio montanhoso.

6.2 HIDROGEOLOGIA

A geologia da bacia do rio Doce apresenta um amplo domínio de unidades estratigráficas cristalinas de idades desde o Cambriano até o Mesoarqueano, que são as Províncias Mantiqueira e São Francisco, que possuem uma litologia muito variada proveniente de uma tectônica complexa. Além disso, apresenta um pequeno conjunto de unidades estratigráficas de origem sedimentar.

Tabela 6. Relevos predominante por município em análise.

Município	Relevo predominante	Área no município com a geomorfologia dominante (km²)	Fração do município (%)
Aimorés	Domínio Montanhoso	588,7	44,7%
Alpercata	Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	144,5	87,9%
Baixo Guandu	Domínio Montanhoso	528,6	58,3%
Barra Longa	Domínio de Morros e de Serras Baixas	383,2	99,9%
Belo Oriente	Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	213,3	63,7%
Colatina	Domínio de Morros e de Serras Baixas	714,6	51,5%
Fernandes Tourinho	Domínio de Morros e de Serras Baixas	92,4	61,2%
Galiléia	Domínio Montanhoso	430,0	59,9%
Governador Valadares	Domínio de Morros e de Serras Baixas	1390,9	59,3%
Itueta	Domínio de Morros e de Serras Baixas	200,5	44,8%
Linhares	Tabuleiros	1126,9	34,2%
Mariana	Domínio de Morros e de Serras Baixas	649,3	54,6%
Marilândia	Domínio de Morros e de Serras Baixas	168,6	55,6%
Periquito	Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	148,9	66,0%
Resplendor	Domínio de Morros e de Serras Baixas	600,4	56,6%
Santana do Paraíso	Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	140,5	51,4%
Tumiritinga	Domínio de Morros e de Serras Baixas	285,7	57,8%

6.2.1 Domínios hidrogeológicos

Neste estudo, a hidrogeologia da bacia está apresentada por meio dos Domínios Geológicos, que foram obtidos a partir do Mapa de Geodiversidade de Minas Gerais e do Espírito Santo, elaborado pela Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais (CPRM). A Figura 25 apresenta o Mapa dos Domínios Geológicos da Bacia do Rio Doce e dos municípios estudados.

As unidades hidrogeológicas predominantes nos municípios estudados foram obtidas por meio do Mapa Hidrogeológico do Brasil ao Milionésimo (DINIZ et al., 2014), disponibilizado pela Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais (CPRM). A Figura 26 apresenta o mapa de unidades hidrogeológicas da bacia do rio Doce e dos municípios estudados. Basicamente são quatro unidades: Depósitos litorâneos; Formação Barreiras; Embasamento fraturado indiferenciado; e Formação Gandarela. A observação da Figura 26 permite verificar que a totalidade dos municípios estudados, com exceção do município de Linhares, está localizada sobre a unidade hidrogeológica Embasamento Fraturado Indiferenciado.

Para efeito de estudos hidrogeológicos, atendendo aos objetivos do presente trabalho, serão considerados os domínios apresentados na descrição da geologia, agregando aqueles domínios que apresentam características semelhantes (ígneas, fraturadas, sedimentares, etc.), simplificando o número de domínios. Este procedimento permitiu a confecção de um Mapa de Domínios Hidrogeológicos (Figura 27). Os domínios hidrogeológicos adotados no presente trabalho são os seguintes:

- Coberturas Cenozoicas Detrito-Lateríticas
- Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados
- Sedimentos Cenozoicos pouco a Moderadamente Consolidados associados a Tabuleiros
- Sequências Vulcanossedimentares
- Complexo Granito-Gnaisse-Migmatítico e Granulitos
- Complexos Granito-Gnaisse-Migmatítico, Granulitos e Granitóide
- Corpos Máficos-Ultramáticos (suítes komatiiticas, suítes toleíticas, complexos bandados)

A descrição dos domínios por município encontra-se no Apêndice D.

A observação da Figura 25 verificar que a totalidade dos municípios estudados, com exceção do município de Linhares, está localizada sobre a unidade hidrogeológica Embasamento Fraturado Indiferenciado. O Depósito Litorâneo e a Formação Barreiras apresentam comportamento hidrodinâmico semelhantes, de modo que para fins do estudo de disponibilidade hídrica subterrânea ambos podem ser tratados como uma mesma unidade aquífera aflorante. Desta forma, a área em estudo é dividida em duas unidades, Embasamento Fraturado Indiferenciado e Formação Barreiras. Ressalta-se que a Formação Gandarela, apesar de estar presenta na bacia do rio Doce, ocupa uma pequena área nas cabeceiras da bacia, e não se encontra na área em estudo.

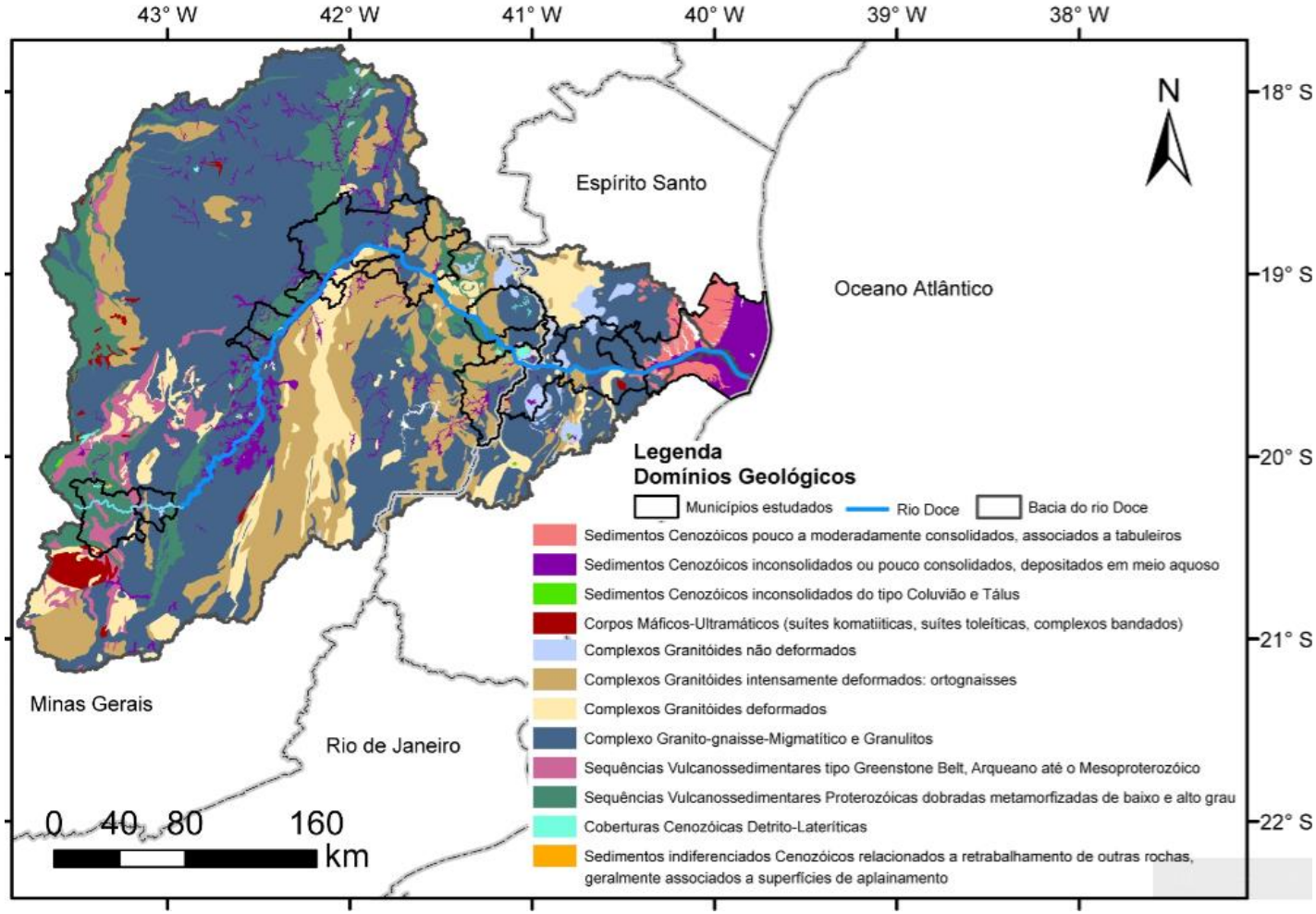


Figura 25. Mapa dos domínios geológicos.

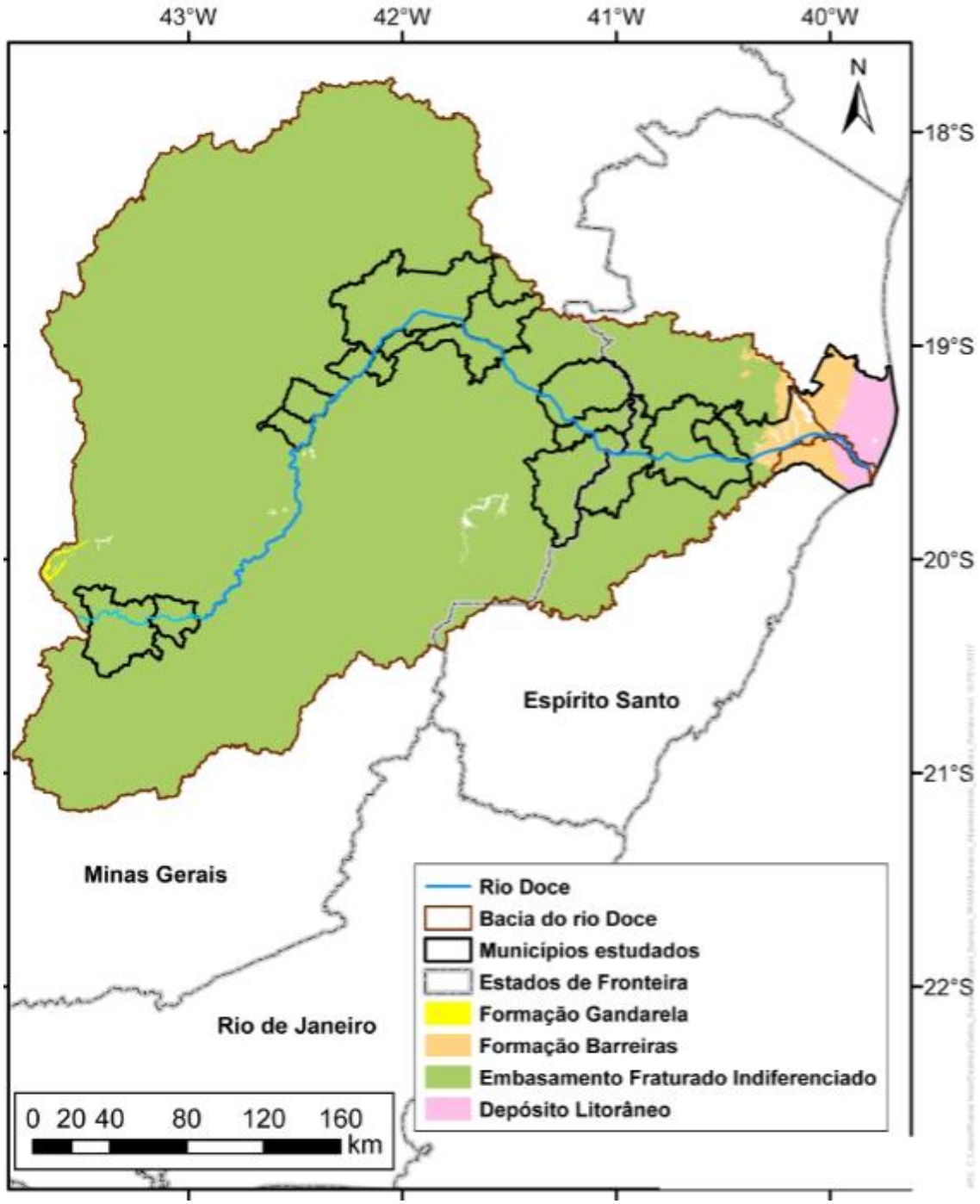


Figura 26. Mapa de unidades hidrogeológicas (Fonte: CPRM).

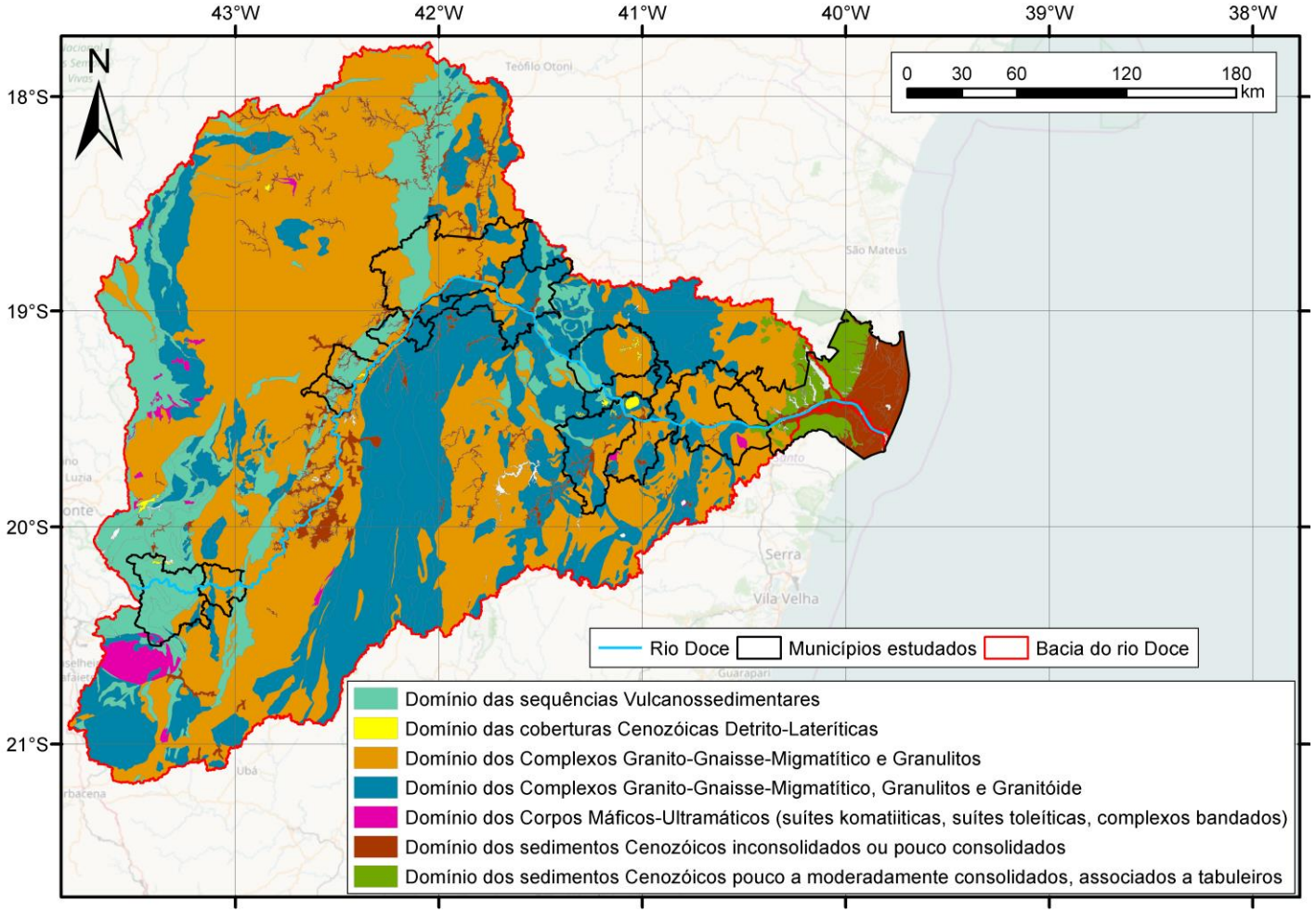


Figura 27. Mapa dos domínios hidrogeológicos (modificado do mapa geológico elaborado pela CPRM).

6.2.1 Vazões por município

A Tabela 7 apresenta uma compilação das informações disponíveis sobre as características hidrodinâmicas dos poços nos municípios em estudo. Estes dados foram levantados no cadastro do Sistema de Informações de Água Subterrânea – SIAGAS – CPRM no período de janeiro a abril de 2017.

Conforme se observa na Tabela 7, o município de Aimorés possui sete postos cadastrados no SIAGAS, sendo que cinco pertencem à COPASA e dois são particulares. São poços utilizados para abastecimento, sendo que um poço está na Sede e os outros 6 estão distribuídos nas localidades de Baixio, Gimirim, Penha do Capim, Expedicionário Alício, Santa Terezinha e Limoeiro. A localidade de Santo Antônio do Rio Doce (Mauá), em estudo, não possui poços cadastrados no SIAGAS.

O banco de dados do SIAGAS mostrou a existência de 11 poços tubulares cadastrados no município de Alpercata, sendo que todos pertencem à COPASA. São poços de abastecimento, sendo que dois poços foram considerados secos. Para o município de Baixo Guandu, os poços levantados junto ao cadastro do SIAGAS foram sete, sendo que cinco pertencem à prefeitura e dois são particulares. O total de poços em Barra Longa é de 19, dos quais 16 pertencem à COPASA e três são particulares.
Em Belo Oriente, os poços levantados junto ao cadastro do SIAGAS foram seis, sendo que cinco pertencem à Empresa Celulose Nipo Brasileira (CENIBRA) e um pertence a um posto de combustíveis. Para o município de Colatina, há 46 (uma nascente) poços constantes do cadastro do SIAGAS, sendo sete pertencentes à Prefeitura e 39 particulares (industrias e domésticos). No município de Fernandes Tourinho, o cadastro do SIAGAS mostrou 19 poços, todos outorgados pela COPASA, sendo apenas um localizado no distrito de Senhora da Penha. O abastecimento de água do município é realizado com água subterrânea.

Há três poços no banco do SIAGAS referentes ao município de Galiléia, sendo que todos pertencem à COPASA. Para o município de Governador Valadares, há 13 poços, nove pertencentes à COPASA, dois ao SAAE e dois privados (um é um poço escavado). Em Itueta, forem identificados três poços, todos pertencentes à COPASA. Para Linhares, os poços levantados junto ao cadastro do SIAGAS foram 274, sendo que nove pertencem à Prefeitura e os restantes são particulares (industrias, hospitais e domésticos).

A quantidade de poços em Mariana na base de dados é pequena, o SIAGAS apresenta apenas dois poços, sendo que um pertence à Vale do Rio Doce e o outro é particular. Em Marilândia, há 21 poços cadastrados no SIAGAS, dos quais 12 pertencem à Prefeitura e nove são particulares (industrias e domésticos).

No município de Periquito, há dez poços, sendo que sete pertencem à COPASA e três são particulares (dois cacimbas e um tubular). Os seis poços tubulares presentes foram utilizados para a construção da Tabela 7. No distrito de Pedra Corrida, aqui em análise, foi construído pela RENOVA um poço em outubro/2016, que foi interligado à adutora de água bruta da COPASA, com as seguintes características hidrodinâmicas: profundidade de 150 m; vazão de 11 m³/h; profundidade do nível estático (NE) de 0,5 m; profundidade do nível dinâmico (ND) de 30 m e vazão específica de 0,37 m³/(h.m).

Para o município de Resplendor, há 30 poços o cadastro do SIAGAS, dos quais 19 pertencem à COPASA e 11 são particulares. As vazões dos poços variam de quase secos até 15,98 m³/h. O nível dinâmico mostra que para vazões maiores há um grande rebaixamento. As vazões específicas podem chegar a 2,0 m³/(h.m), que é significativa para este tipo de aquífero. O total de poços em Santana do Paraíso, conforme o SIAGAS foi de 21, sendo que 19 pertencem à COPASA e dois são particulares.

Por fim, para o município de Tumiritinga, há 10 poços no cadastro do SIAGAS, sendo 9 pertencentes à COPASA, e 1 particular. A demanda de água necessária para abastecer Tumiritinga é de 48,27 m³/h (13,41 L/s). A observação da Tabela 7 permite verificar que as vazões obtidas nos poços tubulares foram muito boas para o tipo de rochas existentes. São aquíferos fraturados. A vazão de 55,37 m³/h obtida em um poço seria suficiente para atender a demanda necessária, além do que, este poço apresentou uma vazão específica excelente, acima do normalmente observado nos aquíferos locais. Este deve ter sido um caso isolado. Este fato demonstra que as águas subterrâneas podem ser utilizadas como alternativa para o abastecimento do município.

Dados detalhados sobre todos municípios são encontrados no Apêndice D. Neste apêndice, além das informações sobre as características hidrodinâmicas dos poços, são apresentados os domínios hidrogeológicos presentes em cada município.

Tabela 7. Informações dos poços nos municípios em estudo.

Municípios	N° de poços (SIAGAS)	Profundidade do poço (m)		Vazão (m³/h)		Profundidade Nível Estático NE (m)		Profundidade Nível Dinâmico ND (m)		Vazão específica (m³/(h.m))		Geologia
		Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	
Aimorés	7	60	114	1,30	18,00	2,10	21,20	14,80	82,00	0,018	1,490	Gnaisses
Alpercata	11	62	200	4,90	47,99	0,00	35,45	28,37	69,86	0,115	1,612	Gnaisses
Baixo Guandu	7	58	80	0,65	14,40	1,79	8,00	22,61	69,25	0,010	0,789	Gnaisses e Granitos
Barra Longa	19	54	150	3,38	16,48	0,00	29,22	15,37	105,69	0,033	1,493	Gnaisses e Granitos
Belo Oriente	6	86	140	2,93	33,00	0,93	13,80	28,44	70,70	0,051	1,200	Gnaisses
Colatina	46	37	150	1,85	36,00	0,00	26,00	8,00	88,50	0,032	18,000	Gnaisses, Granitos, Aluviões
Fernandes Tourinho	19	59	150	1,80	24,00	0,00	24,40	25,85	83,75	0,023	0,566	Gnaisses
Galiléia	3	90	132	3,35	10,22	0,00	7,00	41,48	93,38	0,037	0,296	Gnaisses
Governador Valadares	13	50	156	4,82	30,00	0,00	9,50	9,66	109,16	0,048	2,012	Gnaisses
Itueta	3	100	120	4,86	17,53	1,60	2,90	53,5	54,80	1,600	2,900	Gnaisses
Linhares	274	5,0	162	0,374	35,00	3,55	40,00	8,00	100,00	0,012	60,000	Grupo barreiras
Mariana	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Marilândia	21	65	150	0,90	16,00	0,5	6,00	21,70	76,00	0,017	1,017	Gnaisses, Granitos, Aluviões
Periquito	10	14	150	5,43	29,99	0,00	9,90	10,28	53,04	0,180	2,224	Gnaisses e Granitos
Resplendor	30	53	150	0,25	15,98	0,00	42,62	7,00	92,49	0,022	2,000	Gnaisses e Granitos
Santana do Paraíso	21	81	156	1,51	29,30	0,00	9,15	19,80	102,84	0,028	1,518	Gnaisses e Granitos
Tumiritinga	10	58	150	4,00	55,37	2,2	6,90	9,05	51,82	0,108	25,749	Gnaisses e Granitos

6.3 DISTRIBUIÇÃO DAS VARIÁVEIS HIDROGEOLÓGICAS

Com base no SIAGAS é possível observar, na Figura 28, a localização de todos os poços situados nas localidades estudadas. Os dados mencionados do SIAGAS não representam necessariamente a totalidade de poços existentes. Acredita-se que, na região, assim como em diversas localidades do Brasil, existam perfurações não cadastradas e não outorgadas. Diversos autores utilizam fatores de "clandestinidade" para estimar o número real de poços existentes uma vez que estimar as demandas de água subterrânea somente a partir destes bancos de dados pode apresentar incertezas.

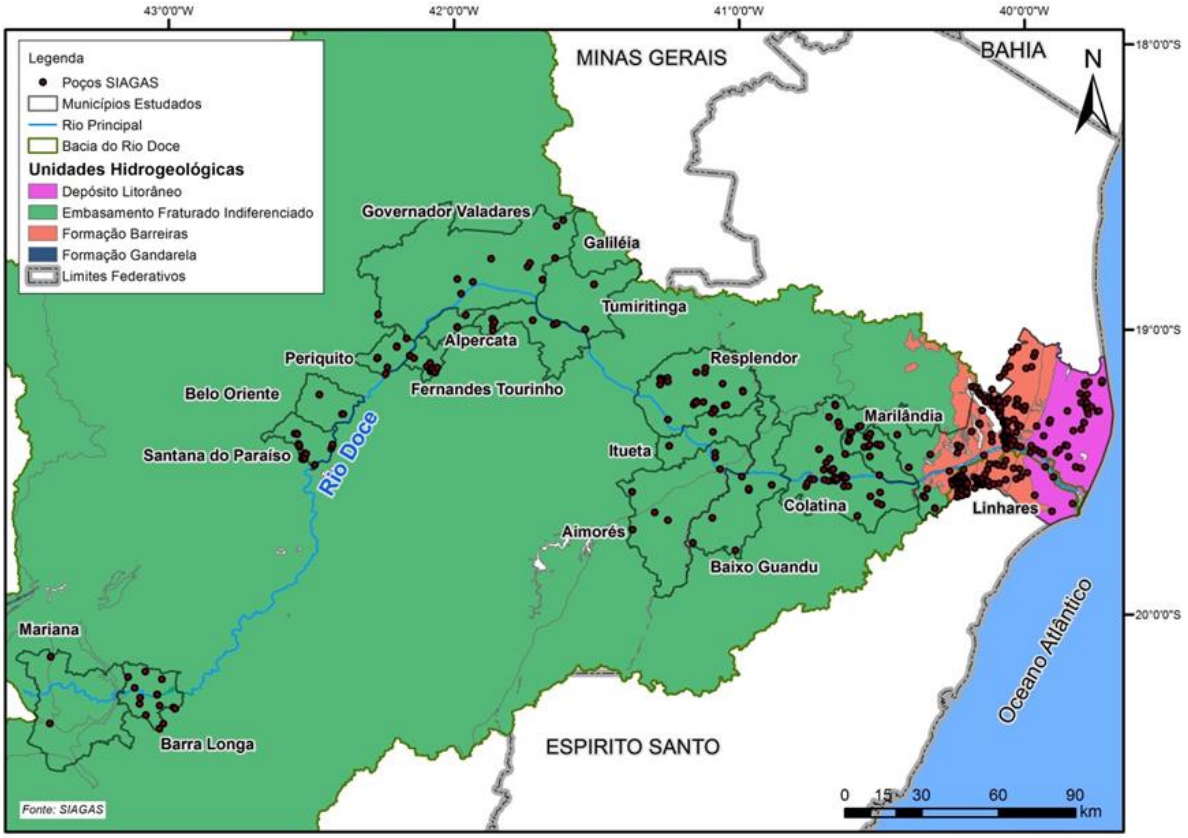


Figura 28. Localização dos poços do banco de dados SIAGAS.

Observou-se que muitos dados de poços apresentam informações incompletas, muitas das quais são fundamentais para estudos quantitativos e qualitativos de águas subterrâneas, evidenciando assim a necessidade de atualização constante do cadastro. A Tabela 8 apresenta um resumo da disponibilidade de dados para diferentes informações do banco de dados para os municípios avaliados.

Foram considerados como poços em operação apenas aqueles que estavam equipados, ou em uso na época do cadastro. Os demais (abandonado, fechado, não instalado, seco e parado) foram considerados como desativados. A média de poços em operação em relação ao total com dados disponíveis para todos os municípios é de 67%. A Tabela 9 apresenta o total para cada um dos municípios.

Tabela 8. Disponibilidade de dados dos poços do banco SIAGAS.

Município	Número de poços	Dados construtivos	Dados de vazão de estabilização	Dados de vazão específica	Dados de NE	Dados de ND	Dados de profundidade	Situação*	Tipo de uso
Aimorés	7	6	7	7	7	7	7	2	0
Alpercata	11	10	9	9	9	9	11	2	0
Baixo Guandu	7	4	3	3	3	3	6	6	3
Barra Longa	19	15	16	16	16	16	19	3	1
Belo Oriente	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Colatina	46	9	23	23	23	23	42	42	11
Fernandes Tourinho	19	7	12	12	12	12	19	8	0
Galiléia	3	2	3	3	3	3	3	0	0
Governador Valadares	13	9	7	7	8	8	11	5	0
Itueta	3	3	2	2	2	2	3	1	0
Linhares	274	255	16	14	17	14	192	192	213
Mariana	2	2	1	1	1	1	2	2	2
Marilândia	21	12	12	12	12	12	18	18	5
Periquito	10	9	6	6	7	6	10	4	0
Resplendor	30	28	18	17	18	17	30	13	0
Santana do Paraíso	21	7	15	15	15	15	15	3	0
Tumiritinga	10	9	4	4	4	4	10	5	0
Total	502	393	160	157	163	158	404	312	241

* *Apresentam indicação da situação (fechado, seco, ...).*
Fonte: SIAGAS

Os dados de perfil construtivo de poços são imprescindíveis para estudos hidrogeológicos, isso porque as reservas subterrâneas podem ser constituídas por diversas formações geológicas. O conhecimento do perfil dos poços utilizados (quando existentes) permite inferir sobre a dinâmica das águas subterrâneas para os estudos quantitativos e a composição das rochas para os qualitativos. A existência de dados construtivos, e também a existência de dados de testes de bombeamento, foram utilizados como critério de seleção dos poços a serem utilizados no presente estudo.

Dentre as principais formações geológicas onde estão localizados os poços, destacam-se as seguintes: Aluviões (2 poços), Complexo Barbacena (21 poços), Complexo Juiz de Fora (33 poços), Complexo Mantiqueira (15 poços), Complexo Paraíba do Sul (53 poços), Depósitos Coluvionares (9 poços), Depósitos Fluvio-Lagunares (8 poços), Formação São Tomé (13 poços), Formação Tumiritinga (5 poços), Grupo Barreiras (170 poços), Grupo Jequitinhonha (6 poços), entre outros.

Tabela 9. Número de poços em operação em relação ao total.

Município	Número de poços	Poços com dados de situação	Poços em operação	% Operando
Aimorés	7	2	1	50%
Alpercata	11	2	0	0%
Baixo Guandu	7	6	1	17%
Barra Longa	19	3	1	33%
Belo Oriente	6	6	4	67%
Colatina	46	42	24	57%
Fernandes Tourinho	19	8	1	13%
Galiléia	3	0	0	0%
Governador Valadares	13	5	4	80%
Itueta	3	1	0	0%
Linhares	274	192	158	82%
Mariana	2	2	2	100%
Marilândia	21	18	4	22%
Periquito	10	4	2	50%
Resplendor	30	13	7	54%
Santana do Paraíso	21	3	0	0%
Tumiritinga	10	5	1	20%
Total	**502**	**312**	**210**	**67%**

Fonte: SIAGAS

De acordo com o banco de dados SIAGAS, os poços da região são, em sua maioria, perfurados por meio da perfuração rotopneumática e com trado. As principais empresas perfuradoras dos municípios estudados são: COPASA, Acquasul, Geoperfurações, Geosol, Hidropoços, Perfurações Pancini, Sondaco, entre outras.

Para as localidades estudadas foram identificados diferentes tipos de uso para as águas subterrâneas, como mostra a Tabela 10. O uso doméstico e a irrigação são os mais comuns, totalizando juntos 142 poços, seguidos dos usos múltiplos e industrial, que totalizam 86 poços. A pecuária e o uso urbano apresentaram 11 poços.

Em relação às condições de confinamento dos poços avaliados, 393 poços apresentam informações, na qual 367 são livres, 25 são semi-confinados, e um está confinado.

As profundidades dos poços são importantes, pois estão diretamente relacionadas com os custos de alocação. Poços mais próximos a cursos d'água costumam apresentar menores profundidades até o nível estático, entretanto, dada a predominância de rochas do embasamento fraturado indiferenciado na área estudada, a disponibilidade de água está diretamente condicionada à presença de fraturas. A Tabela 11 apresenta um resumo das profundidades dos poços para cada um dos municípios avaliados.

Tabela 10. Tipos de uso das águas subterrâneas.

Município	Número de poços	Poços com dados de uso	Doméstico	Uso múltiplo	Industrial	Urbano	Irrigação	Pecuária	Sem uso
Aimorés	7	0	0	0	0	0	0	0	0
Alpercata	11	0	0	0	0	0	0	0	0
Baixo Guandu	7	3	1	0	0	0	0	1	1
Barra Longa	19	1	0	0	0	0	0	1	0
Belo Oriente	6	6	0	2	0	0	4	0	0
Colatina	46	11	5	1	4	0	0	0	1
Fernandes Tourinho	19	0	0	0	0	0	0	0	0
Galiléia	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Governador Valadares	13	0	0	0	0	0	0	0	0
Itueta	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Linhares	274	213	63	43	35	0	66	6	0
Mariana	2	2	0	1	0	1	0	0	0
Marilândia	21	5	3	0	0	2	0	0	0
Periquito	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Resplendor	30	0	0	0	0	0	0	0	0
Santana do Paraiso	21	0	0	0	0	0	0	0	0
Tumiritinga	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Geral	**502**	**241**	**72**	**47**	**39**	**3**	**70**	**8**	**2**

As profundidades dos poços nos municípios Alpercata, Santana do Paraíso e Tumiritinga, apresentaram as maiores profundidades médias, enquanto que Baixo Guandu, Mariana e Linhares, apresentaram as menores profundidades médias (Tabela 11). Os valores obtidos para Mariana estão relacionados à pequena amostragem (dois poços), enquanto que os baixos valores verificados em Baixo Guandu e Linhares podem estar relacionados às suas localizações próximas à parte baixa da bacia do rio Doce.

Os poços mais profundos foram verificados em Alpercata e Linhares, enquanto que as menores profundidades foram verificadas em Linhares e Periquito. A Figura 29 apresenta a espacialização dos poços do banco de dados com as respectivas profundidades nos municípios estudados.

Em relação às vazões dos poços, avaliou-se a situação dos poços em relação à vazão de estabilização e à vazão específica. A vazão de estabilização representa a vazão que durante um teste de bombeamento se mantém constante por período de 6 horas a partir do início da estabilização, enquanto que a vazão específica representa a relação entre a vazão dos poços e o rebaixamento do mesmo.

A Tabela 12 e a Tabela 13 apresentam um resumo sobre os dados de vazão nos poços avaliados, enquanto que a Figura 30 e a Figura 31 apresentam a espacialização das vazões e das vazões específicas na área estudada, respectivamente.

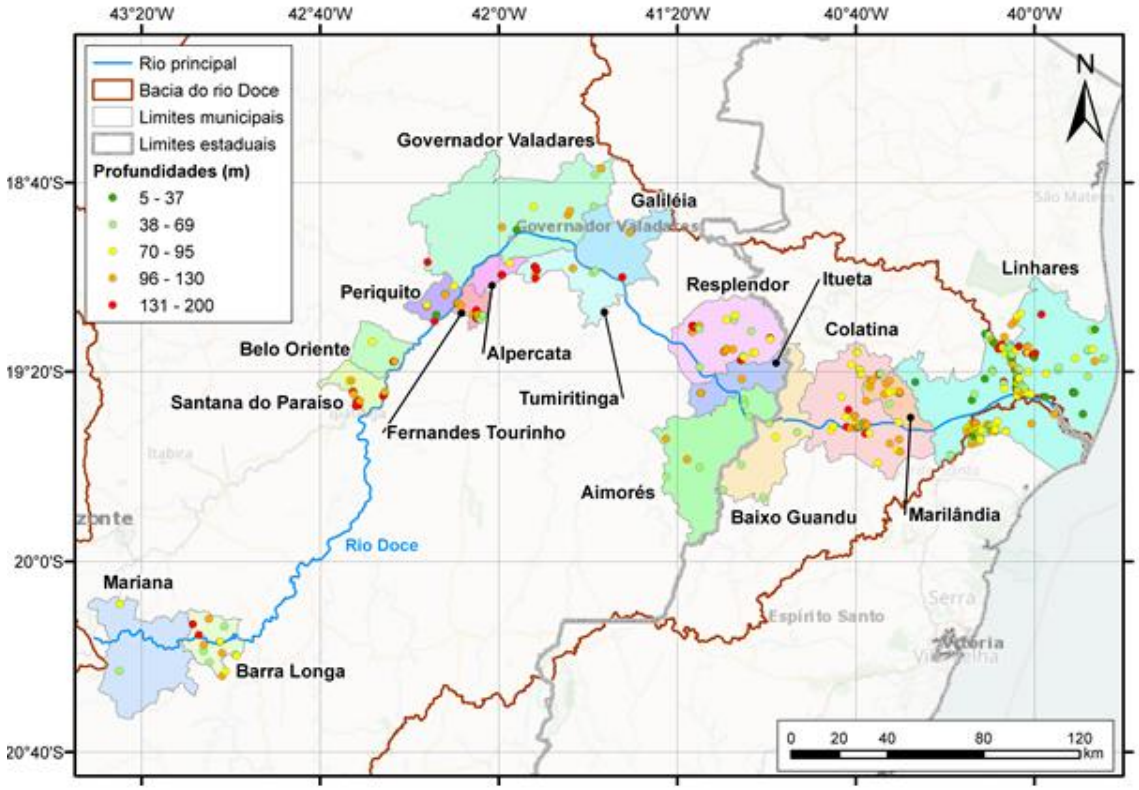


Figura 29. Profundidades dos poços SIAGAS.

Tabela 11. Profundidades dos poços (fonte: SIAGAS).

Municípios	Número de poços	Dados de profundidade disponíveis	Profundidade mínima (m)	Profundidade máxima	Profundidade média
Aimorés	7	7	60,0	114,4	76,0
Alpercata	11	11	62,0	200,0	123,5
Baixo Guandu	7	6	58,0	80,0	64,2
Barra Longa	19	19	54,0	150,0	92,2
Belo Oriente	6	6	86,0	140,0	117,0
Colatina	46	42	37,0	150,0	90,5
Fernandes Tourinho	19	19	59,0	150,0	110,4
Galiléia	3	3	90,0	132,0	108,0
Governador Valadares	13	11	11,5	156,0	87,5
Itueta	3	3	100,0	120,0	113,3
Linhares	274	192	5,0	162,0	76,1
Mariana	2	2	57,0	70,0	63,5
Marilândia	21	18	65,0	120,0	88,8
Periquito	10	10	14,0	150,0	84,8
Resplendor	30	30	53,0	150,0	103,8
Santana do Paraiso	21	15	81,0	156,0	127,5
Tumiritinga	10	10	58,0	150,0	117,8
Total	502	404	-	-	-

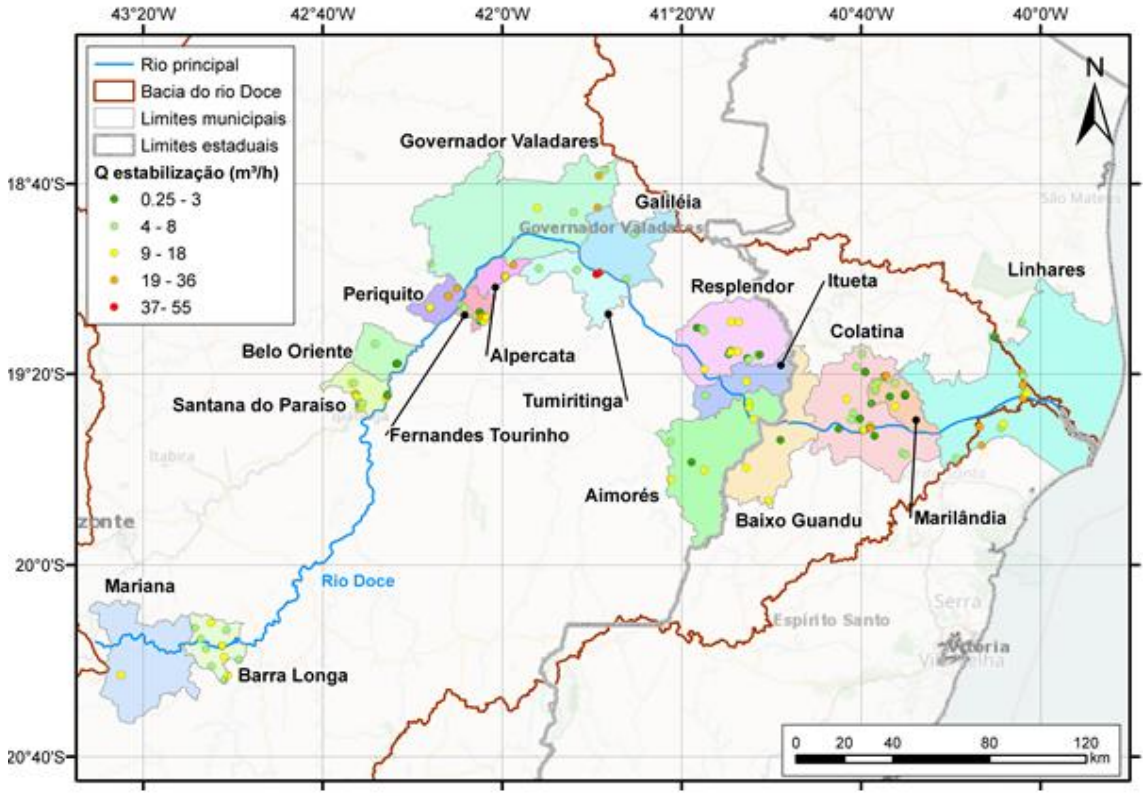


Figura 30. Vazão de estabilização.

Tabela 12. Vazão de estabilização (fonte: SIAGAS).

Município	Número de poços	Dados de vazão de estabilização	Vazão média (m³/h)	Vazão máxima (m³/h)	Vazão mínima (m³/h)
Aimorés	7	7	10,0	18,0	1,3
Alpercata	11	9	15,0	48,0	4,9
Baixo Guandu	7	3	8,2	14,4	0,7
Barra Longa	19	16	8,7	16,5	3,4
Belo Oriente	6	6	13,7	33,0	2,9
Colatina	46	23	10,6	36,0	1,9
Fernandes Tourinho	19	12	10,2	24,0	1,8
Galiléia	3	3	6,5	10,2	3,4
Governador Valadares	13	7	14,1	30,0	4,8
Itueta	3	2	11,2	17,5	4,9
Linhares	274	16	13,9	35,0	0,4
Mariana	2	1	8,5	8,5	8,5
Marilândia	21	12	5,2	16,0	0,9
Periquito	10	6	16,5	30,0	5,4
Resplendor	30	18	5,7	16,0	0,3
Santana do Paraíso	21	15	13,0	29,3	1,5
Tumiritinga	10	4	30,4	55,4	4,0
Total	502	160	-	-	-

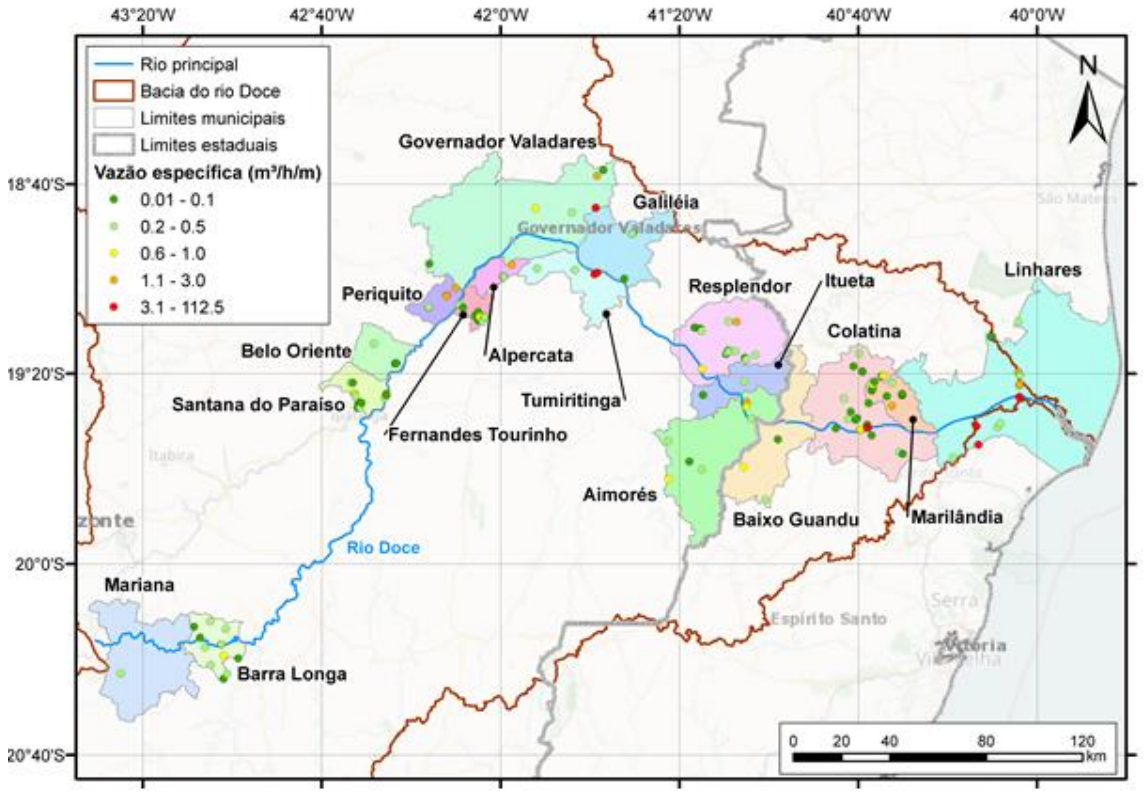


Figura 31. Vazão específica.

Tabela 13. Vazão específica (fonte: SIAGAS).

Municípios	Número de poços	Dados de vazão específica	Vazão média (m³/(h.m))	Vazão máxima (m³/(h.m))	Vazão mínima (m³/(h.m))
Aimorés	7	7	0,548	1,490	0,018
Alpercata	11	9	0,490	1,612	0,115
Baixo Guandu	7	3	0,416	0,789	0,010
Barra Longa	19	16	0,316	1,493	0,033
Belo Oriente	6	6	0,402	1,200	0,051
Colatina	46	23	1,067	18,000	0,032
Fernandes Tourinho	19	12	0,270	0,566	0,023
Galiléia	3	3	0,154	0,296	0,037
Governador Valadares	13	7	1,605	6,670	0,048
Itueta	3	2	0,216	0,338	0,094
Linhares	274	14	14,284	112,500	0,012
Mariana	2	1	0,315	0,315	0,315
Marilândia	21	12	0,194	1,017	0,017
Periquito	10	6	1,043	2,224	0,180
Resplendor	30	17	0,294	2,000	0,022
Santana do Paraíso	21	15	0,406	1,518	0,028
Tumiritinga	10	4	7,892	25,749	0,108
Total	502	157	-	-	-

Em relação à vazão de estabilização, os municípios de Tumiritinga, Alpercata e Periquito apresentaram as maiores vazões de estabilização médias, enquanto que Resplendor, Marilândia e Galileia apresentaram as menores vazões de estabilização médias. As vazões, além de estarem relacionadas aos aquíferos, estão relacionadas, também, à construção dos poços. As vazões máximas observadas na Tabela 13 indicam que o uso das águas subterrâneas pode ser uma alternativa para o abastecimento das áreas atingidas, de forma total ou como complementação junto com as águas superficiais.

Em municípios como Tumiritinga e Alpercata, em que foram obtidas vazões de 55,4 m^3/h e 48,0 m^3/h, respectivamente, que são vazões significativas para o tipo de aquífero local, pode-se utilizar as águas subterrâneas como alternativa de abastecimento. Estas vazões são elevadas, devendo estar relacionadas ao sistema de fraturamento das rochas. Altas vazões estão associadas a lineamentos importantes e até a cruzamento de lineamentos. O normal neste tipo de rocha fraturada é a ocorrência de baixas vazões e até de poços secos.

Em relação à vazão específica (capacidade específica), percebe-se que os municípios de Linhares, Tumiritinga e Governador Valadares apresentaram as maiores vazões específicas médias, enquanto que Galileia, Marilândia e Itueta apresentaram as menores vazões específicas. A vazão específica é um bom indicador do potencial aquífero e da construção do poço.

Os dados de nível estático (NE) são muito importantes para estudos potenciométricos e de evolução dos níveis do aquífero. A Tabela 14 apresenta um resumo dos dados de nível estático nos municípios estudados, enquanto que a Figura 32 apresenta a espacialização dessas informações. Os dados de nível estático médio mais profundo foram verificados nos municípios de Linhares, Resplendor e Alpercata, enquanto que os menores NE foram verificados nos municípios de Mariana, Itueta e Marilândia.

As medições de nível dinâmico (ND) são muito importantes para avaliar a vazão específica dos poços, e também possíveis rebaixamentos decorrentes da explotação elevada de um determinado aquífero. A Tabela 15 apresenta um resumo dos dados de ND para os municípios estudados, enquanto que a Figura 33 apresenta a espacialização dos dados. Os dados de nível dinâmico médios mais profundos foram verificados nos municípios de Galileia, Resplendor e Santana do Paraíso, enquanto que os menores ND médios foram verificados nos municípios de Mariana, Periquito e Tumiritinga.

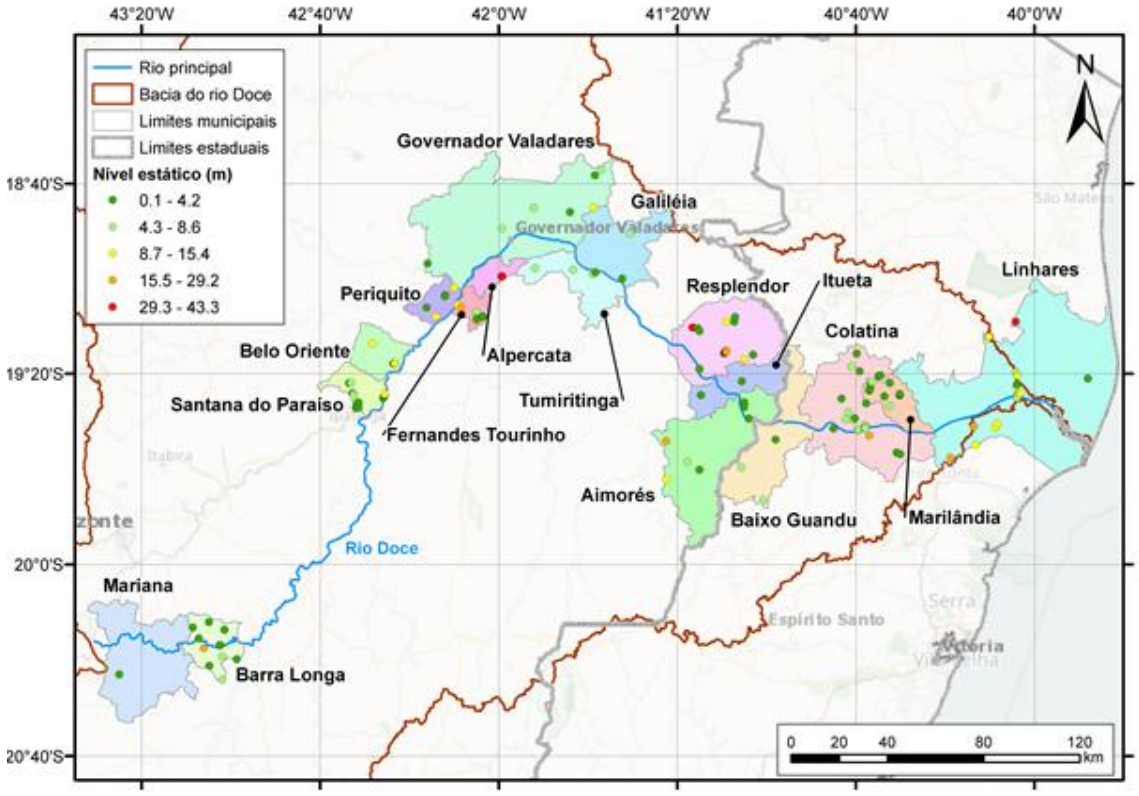


Figura 32. Nível estático.

Tabela 14. Nível Estático - NE - (fonte: SIAGAS).

Município	Número de poços	Dados de NE	NE médio	NE máximo	NE mínimo
Aimorés	7	7	7,1	21,2	2,1
Alpercata	11	9	10,6	35,5	0,0
Baixo Guandu	7	3	4,7	8,0	1,8
Barra Longa	19	16	5,0	29,2	0,0
Belo Oriente	6	6	9,2	13,8	0,9
Colatina	46	23	5,9	26,0	0,0
Fernandes Tourinho	19	12	6,1	24,4	0,0
Galiléia	3	3	3,6	7,0	0,0
Governador Valadares	13	8	3,9	9,5	0,0
Itueta	3	2	2,3	2,9	1,6
Linhares	274	17	12,7	40,0	3,6
Mariana	2	1	0,5	0,5	0,5
Marilândia	21	12	3,1	6,0	0,5
Periquito	10	7	5,1	9,9	0,0
Resplendor	30	18	11,7	43,3	0,0
Santana do Paraiso	21	15	3,2	9,2	0,0
Tumiritinga	10	4	5,1	6,9	2,2
Total	502	163	-	-	-

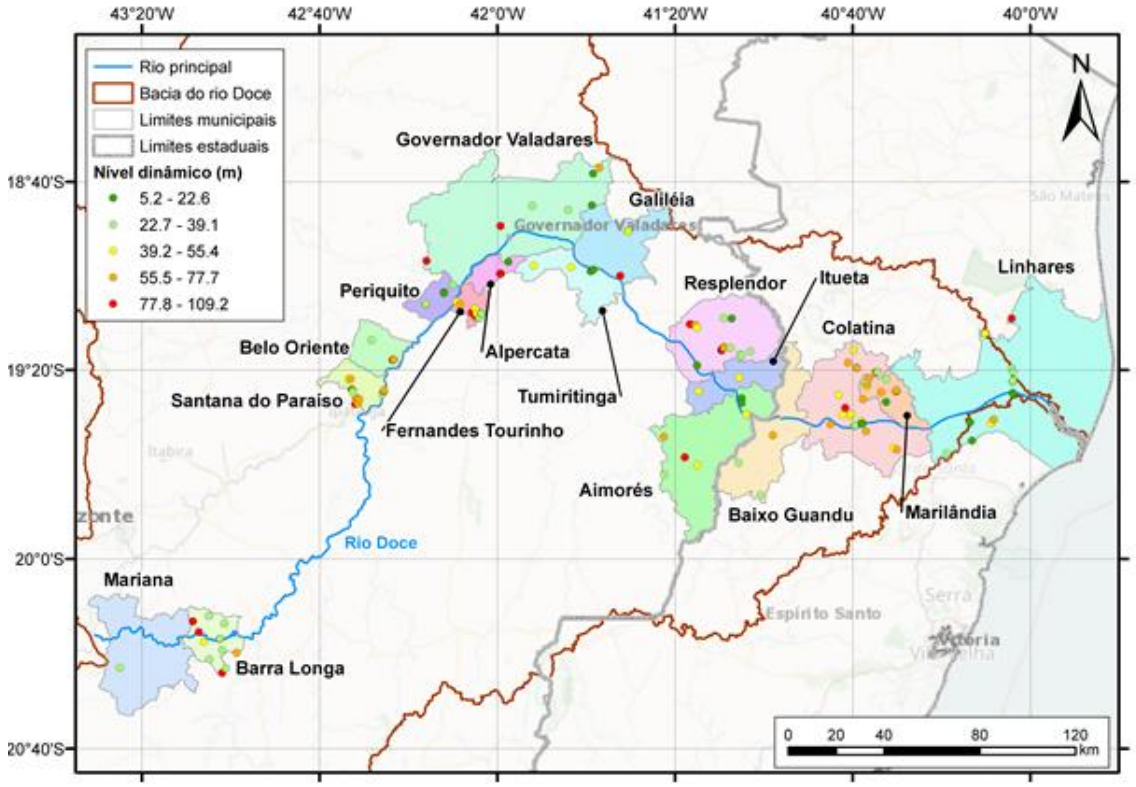


Figura 33. Nível dinâmico.

Tabela 15. Nível dinâmico - ND - (fonte: SIAGAS).

Município	Número de poços	Dados de ND	ND Médio	ND Máximo	ND Mínimo
Aimorés	7	7	40,6	82,0	14,8
Alpercata	11	9	53,0	86,4	28,4
Baixo Guandu	7	3	40,4	69,3	22,6
Barra Longa	19	16	49,8	105,7	15,4
Belo Oriente	6	6	50,3	70,7	28,4
Colatina	46	23	50,7	88,5	8,0
Fernandes Tourinho	19	12	50,9	83,8	25,9
Galiléia	3	3	60,6	93,4	41,5
Governador Valadares	13	8	44,5	109,2	9,7
Itueta	3	2	54,2	54,8	53,5
Linhares	274	14	36,9	100,0	5,2
Mariana	2	1	27,5	27,5	27,5
Marilândia	21	12	49,6	76,0	21,7
Periquito	10	6	28,7	53,0	10,3
Resplendor	30	17	55,7	92,5	7,0
Santana do Paraíso	21	15	55,4	102,8	19,8
Tumiritinga	10	4	28,8	51,8	9,1
Total	502	158	-	-	-

6.4 ESTIMATIVA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUBTERRÂNEA

Entre os mananciais de águas existem os mananciais superficiais (rios e lagos) e os mananciais subterrâneos. No capítulo anterior foi, apresentada a metodologia de estimativa da disponibilidade hídrica superficial e, neste capítulo, é apresentada a metodologia de estimativa da disponibilidade hídrica subterrânea.

Para estimativa da água subterrânea, são necessários dois procedimentos:

- Estimativa da recarga subterrânea de um determinado aquífero. A recarga é a quantidade de água de reposição do aquífero, portanto o limite superior de retirada de água do mesmo (item 6.4.1);
- A curva de probabilidade de vazões de águas subterrânea para cada domínio hidrogeológico de um aquífero (item 6.4.2).

A curva de probabilidade permite estimar com um nível de probabilidade o número de poços para obtenção da vazão desejada num domínio hidrogeológico, limitando cada poço a recarga estimada para a área. Esta metodologia é utilizada no capítulo 7 para estimar a disponibilidade de água subterrânea para as localidades.

6.4.1 Recarga do aquífero

Metodologia de estimativa da recarga

O escoamento é dividido em três componentes: superficial, subsuperficial, definido por alguns autores como o fluxo que se dá junto as raízes da cobertura vegetal, e subterrâneo. Geralmente o escoamento subsuperficial é associado ao escoamento superficial. A parcela do escoamento subterrâneo do hidrograma de uma bacia hidrográfica é uma estimativa da recarga (desprezando-se a evapotranspiração e a retenção de volumes que não retornam a bacia).

A divisão de um hidrograma entre as componentes superficial e subterrânea pode ser realizada por diferentes métodos. O mais simples e prático consiste na inspeção visual da série de vazões em uma escala mono-log. O *Institute of Hydrology* (1980) estabeleceu a separação do escoamento de séries de vazões diárias de vários postos do Reino Unido através do uso de médias móveis. Utilizando-se a média móvel de 5 dias consecutivos da série de vazões é possível filtrar os maiores valores juntamente com as pequenas variações. A partir da série de vazões formada pela média móvel de 5 dias, unem-se os pontos de mudança de tendência da curva, chamados pontos de inflexão. A curva resultante da ligação destes pontos divide o escoamento em suas duas componentes. O volume acima corresponde ao escoamento superficial e o volume abaixo ao escoamento subterrâneo (veja exemplo na Figura 34).

Sendo a vazão total (Q_{mlp}) uma parcela (C) da precipitação (P), e sendo a recarga (R) é uma parcela (C_{sub}) desta vazão total, a recarga ou escoamento subterrâneo da bacia é uma parcela (k) da precipitação no balanço da mesma. A seguir é apresentado o equacionamento da recarga considerando a equação do coeficiente de escoamento (C) de uma bacia como sendo

$$C = Q_{mlp}/P \text{ ou} \quad (10)$$

$$Q_{mlp} = C.\ P \quad (11)$$

E sendo

$$C_{sub} = R/Q_{mlp} \quad (12)$$

Substituindo Q_{mlp} na equação anterior fica

$$R = C_{sup} \,.\, C.\, P = k.\, P \quad (13)$$

Valores típicos de bacias no Sul e Sudeste do Brasil são de C variando entre 0,3 – 0,42 e C_{sub} de 0,6 a 0,8, o que resulta para k valores de 0,18 a 0,336.

Neste método será determinado a recarga média subterrânea em milímetros (mm), portanto a recarga pode ser estimada por

$$Recarga\ (\%) = \frac{Vazão\ média\ do\ escoamento\ subterrâneo\ (mm)}{Precipitação\ anual\ média\ (mm)}\ x\ 100 \quad (14)$$

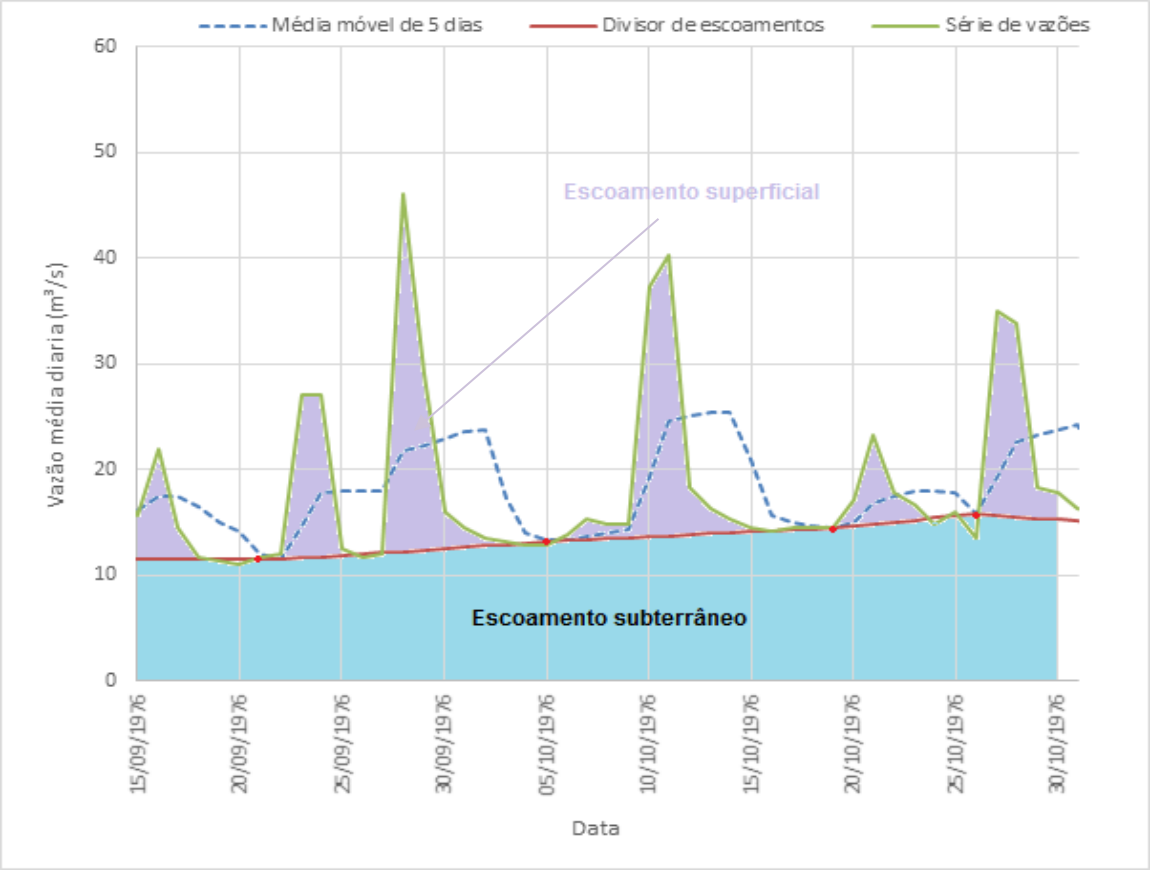


Figura 34. Exemplo da aplicação do método de separação de escoamento.

Estimativa da recarga

Para estimativa da recarga utilizou-se de dados de postos confiáveis e com série longa (50 anos) existentes na bacia e que eram representativos dentro da isoieta da localidade, procurando estabelecer valores de recarga relacionados à sua área de influência. Os poços selecionados encontram-se no domínio hidrogeológico do embasamento fraturado indiferenciado.

A Tabela 16 apresenta os postos que foram utilizados para a determinação da recarga e a Figura 35 mostra a sua localização.

Tabela 16. Postos fluviométricos e pluviométricos selecionados para a determinação da recarga.

Nome do posto	Código do posto fluviométrico	Área da bacia (km²)	Código do posto pluviométrico	Precipitação anual média anual (mm)
Baixo Guandu	56992000	2130	1941003	862,00
Fazenda Paraíso	56240000	855	2043011	1410,60
São Sebastião da Encruzilhada	56990000	8720	1941010	964,67

Aplicando-se o método descrito anteriormente para as séries de vazões diárias dos postos selecionados, observa-se que o escoamento subterrâneo corresponde, em média, a cerca de 60% do escoamento total conforme mostrado na Tabela 17. Os valores de k obtidos estão dentro do intervalo esperado mencionado acima. A recarga do aquífero corresponde a 21% nos postos situados na região leste (Baixo Guandu e São Sebastião da Encruzilhada) enquanto que o posto na região oeste, localizado mais a montante da bacia, possui uma recarga de 33%. Destaca-se que este percentual é referente as chuvas (mensuradas em milímetros) e que sua transformação para vazão foi pautada nos índices de chuvas médias anuais e na adoção de um raio de influência dos poços considerado como área de recarga. A área de recarga assumida corresponde a um círculo de raio de 1,5 km (aproximadamente 3,5 km²).

Convém esclarecer que o termo “raio de influência” adotado ao longo do texto, não possui o mesmo significado que o raio de influência definido por meio de ensaios de bombeamento, o qual representa a distância do poço bombeado até onde o nível estático é afetado pelo bombeamento, podendo ser, inclusive, maior que 1,5 km.

Tabela 17. Resultados do método de separação do escoamento.

Nome do posto	Código do posto fluviométrico	Parcela do escoamento subterrâneo (%)	Vazão média do escoamento subterrâneo (mm)	Recarga do aquífero (%)
Baixo Guandu	56992000	54,14	184,21	21,37
Fazenda Paraíso	56240000	63,7	461,99	32,75
São Sebastião da Encruzilhada	56990000	61,03	209,69	21,74

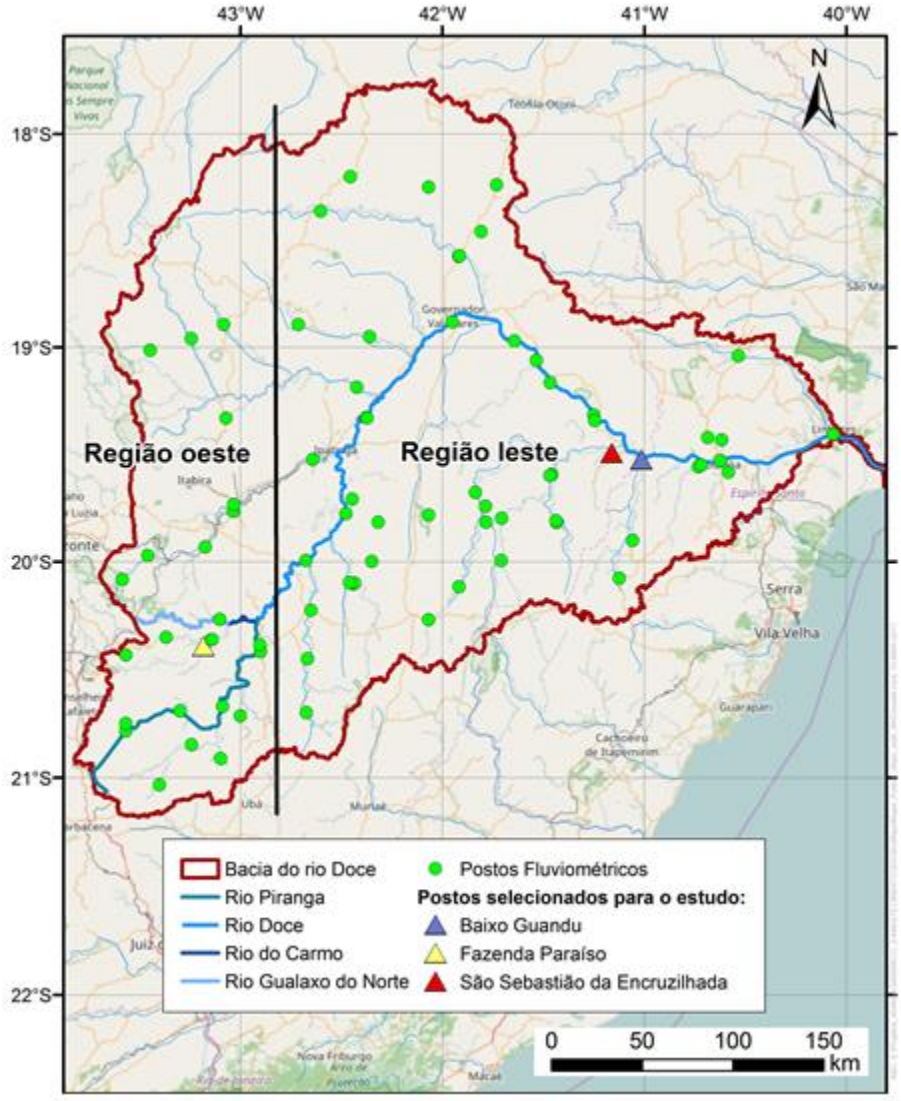


Figura 35. Localização dos postos utilizados no estudo.

6.4.2 Análise de probabilidade: vazão x poços

Metodologia

A metodologia para estimativa de vazões de poços adotada neste estudo se baseia nas seguintes etapas de análise:

1. **Domínio hidrogeológico**: definição de áreas uniformes de comportamento hidrogeológico na região. Em cada região hidrogeológica, existem variações de comportamento quanto à estimativa de vazões de poços, mas nesta metodologia considera-se que estas condições são aleatórias;

2. **Seleção dos dados**: para cada região hidrogeológica foram determinados os poços perfurados na mesma. Esta representa a amostra de dados para análise estatística. Esta análise foi realizada considerando a vazão em m^3/h e a vazão específica em $m^3/h/m$, gerando

duas diferentes funções. Portanto, a série de vazões e vazões específicas são selecionadas dentro de cada região;

3. **Curva de probabilidade de vazões:** para cada região é determinada a curva de probabilidade de vazões perfuradas na região. Esta curva representa probabilidade de se obter uma vazão maior ou igual ao valor obtido na região quando da perfuração de um poço. A curva de probabilidade para um poço foi obtida pelo ajuste de uma distribuição empírica dos valores de vazão. As vazões são ordenadas de forma decrescente e os valores de probabilidade foram obtidos por

$$P_i = \frac{i}{N+1} \quad (15)$$

Onde i é a ordem e N é o tamanho da amostra.

4. **Curva de probabilidade de vazões para n poços perfurados:** o objetivo é obter uma curva de probabilidade que relacione Q = F (P,n) onde Q é a vazão (ou vazão específica), probabilidade (%) e n número de poços. De forma que é possível verificar quantos poços são necessários para obter uma vazão com um determinado nível de probabilidade para atendimento da demanda.

   Para obter esta distribuição estatística, usa-se a metodologia de Monte Carlo que é a seguinte:

   (a) São gerados valores aleatórios com probabilidade de 0 a 100% (ou 0 a 1), denominado de r_j;

   (b) Determina-se a vazão com base na distribuição empírica entrando com o valor de r_j como probabilidade e obtendo a vazão Q_j;

   (c) Após gerar k valores de Q_j, soma-se as vazões por

$$Q_m = \sum_1^k Q_j \quad (16)$$

   (d) Fazendo m = 1, ..., L, onde L é um valor superior a 2000, obtém-se os valores para k poços;
   (e) Ajustando também uma distribuição a estes valores empíricos se obtém a curva de probabilidade Q, P e k;
   (f) Repetindo os valores de k =1, 2, ..., n obtém-se o conjunto de curvas desejados.

Domínios selecionados

Com base nos dados obtidos junto ao SIAGAS foram identificados um universo de 157 poços que apresentavam as informações requeridas e caracterizadas duas regiões denominadas:

- Embasamento fraturado indiferenciado: com 144 poços;
- Formação Barreiras: com 13 poços.

Estas regiões foram apresentadas na Figura 26, destaca-se que esta é uma avaliação inicial em nível conceitual e que estudos mais detalhados deverão ser realizados. Considerou-se que o uso de grande quantidade de poços para abastecimento de uma localidade, além de ter grande chance de afetar as

reservas permanentes do aquífero, envolve custos excessivamente altos. O número máximo de poços considerado foi de 15. Os dados de vazões e vazões específicas dos poços são apresentados no Apêndice E. Todos os poços com informações consideradas suficientes foram utilizados nas análises estatísticas.

Domínio Fraturado Indiferenciado: no domínio fraturado foram identificados 144 poços. A distribuição estatística para de vazão um poço é apresentada na Figura 36 e na Tabela 18.

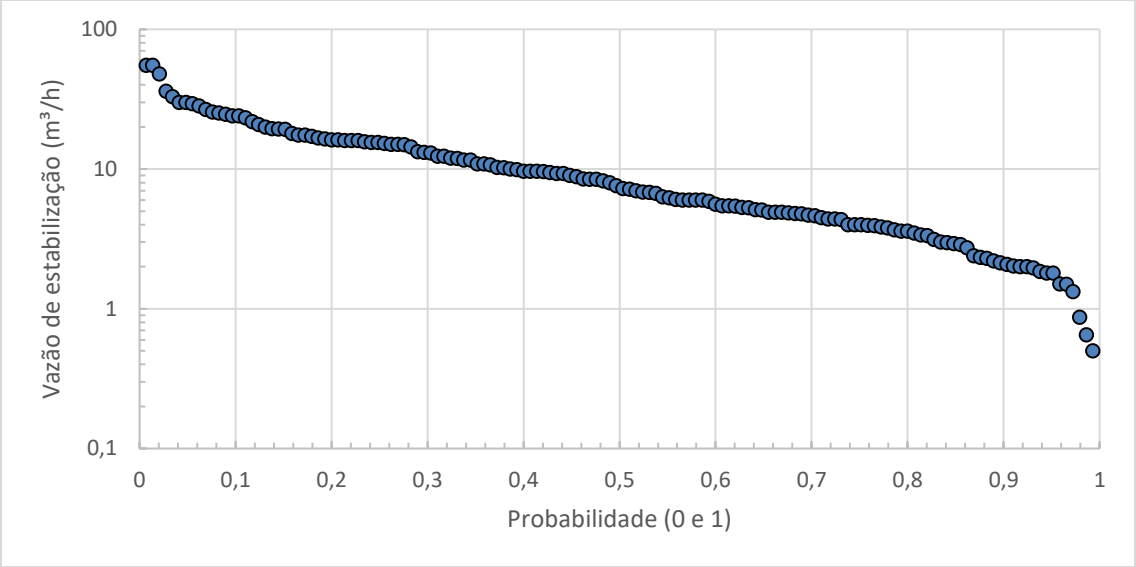


Figura 36. Distribuição de probabilidade de vazão em um poço para o Embasamento Fraturado Indiferenciado.

Tabela 18. Valores da curva de probabilidade de perfurar um poço.

Probabilidade (%)	Vazão de poço (m³/h)	Vazão de poço (l/s)	Vazão específica (m³/h/m)
1	52,191	14,497	13,1281
5	29,151	8,0975	1,7142
10	23,79	6,6083	1,3748
15	18,715	5,1986	0,8706
20	16,178	4,4938	0,5884
30	13,018	3,6161	0,3699
40	9,65	2,6806	0,2804
50	7,435	2,0653	0,1805
60	5,654	1,5706	0,1402
70	4,675	1,2986	0,0910
75	4,00	1,1111	0,0728
80	3,6	1,0000	0,0592
85	2,953	0,8201	0,0475
90	2,158	0,5994	0,0376
95	1,808	0,5021	0,0283
100	0,5	0,1389	0,0100

A relação entre probabilidade e vazão foi ajustada a uma equação logarítmica seguinte

$$Q_{EFI} = -10{,}51 \ln(P) + 48{,}847 \quad (17)$$

Onde Q_{EFI} é a vazão no aquífero do embasamento fraturado indiferenciado (m^3/h); P a probabilidade, em %. A Figura 37 mostra o ajuste com coeficiente de determinação $R^2 = 0{,}99$.

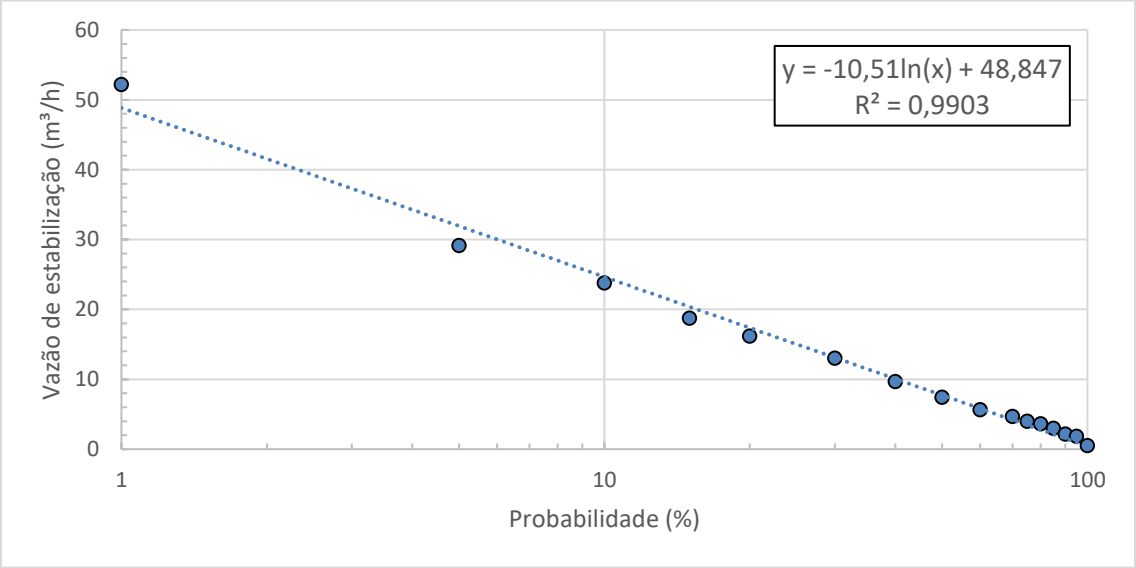


Figura 37. Função vazão versus probabilidade para a perfuração de 1 poço na região fraturada.

Para obter a função que relaciona Vazão, probabilidade e número de poços

$$Q = F(P,n) \quad (18)$$

Os valores de n variaram de n = 1, 2, 3, 5, 7, 9, 11, 13 e 15.

A curva resultante obtida para a região fraturada é apresentada na Figura 38 e na Tabela 19.

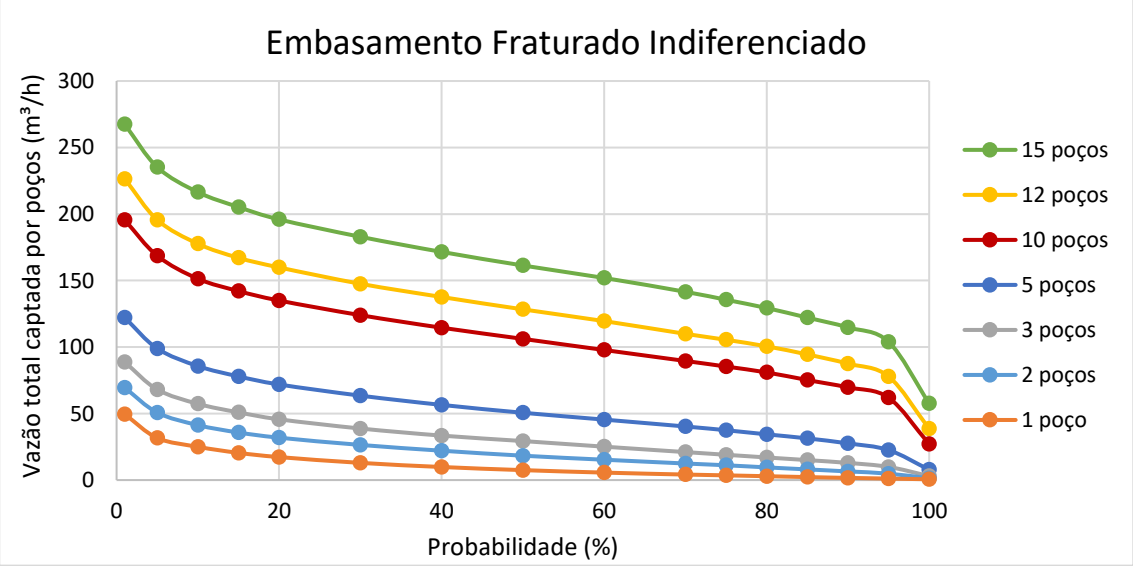


Figura 38. Curvas de vazão de poços, probabilidade e número de poços.

Tabela 19. Vazões dos poços em função da probabilidade e número de poços para o Embasamento Fraturado Indiferenciado. Valores em m³/h.

P (%)	Número de poços						
	1	2	3	5	10	12	15
1	49,50	69,43	88,73	122,12	195,54	226,48	267,44
5	31,67	50,72	68,10	98,89	168,65	195,66	235,29
10	25,00	41,31	57,33	85,70	151,35	177,64	216,43
15	20,45	35,76	50,90	77,95	142,09	167,09	205,25
20	17,28	31,86	45,68	71,87	134,96	159,86	195,95
30	12,92	26,42	38,77	63,46	123,96	147,55	182,89
40	9,82	22,07	33,42	56,51	114,52	137,63	171,52
50	7,48	18,31	29,33	50,59	106,15	128,32	161,32
60	5,60	15,30	25,10	45,46	97,77	119,51	151,94
70	4,15	12,45	21,03	40,28	89,53	109,92	141,53
75	3,54	11,12	19,01	37,46	85,35	105,46	135,53
80	2,89	9,51	16,99	34,37	80,91	100,53	129,34
85	2,23	8,01	15,02	31,33	75,21	94,44	122,12
90	1,63	6,49	12,90	27,58	69,66	87,50	114,74
95	1,12	4,83	9,89	22,57	61,93	77,91	103,92
100	0,58	1,29	3,00	7,79	27,10	38,58	57,65

Domínio Barreiras: a curva de probabilidade de vazão para a perfuração de um poço na formação Barreiras é apresentada na Figura 39.

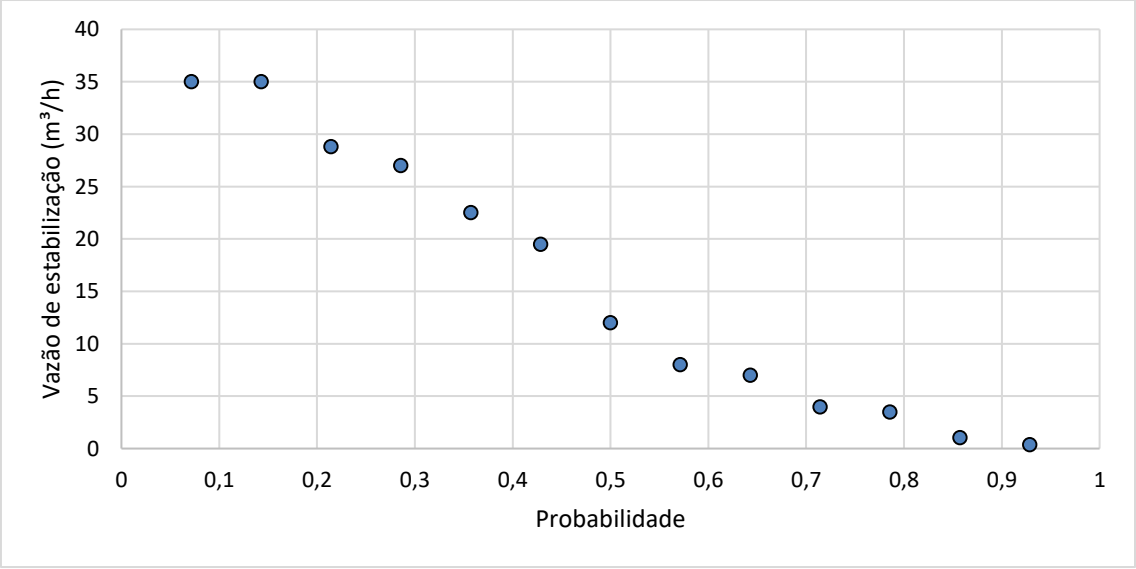


Figura 39. Distribuição de probabilidade de vazão em um poço para a Formação Barreiras.

Com estas curvas, obtém-se relações do tipo Q = f (P), onde a vazão em um poço é função da probabilidade. A Figura 40 e a equação abaixo mostram o mesmo para a Formação Barreiras.

$$Q_{FB} = -15{,}992 \ln(P) + 1{,}2034 \quad (19)$$

Onde P é a probabilidade em %, Q_{FB} é a vazão na Formação Barreiras em (m^3/h). O coeficiente de determinação obtido é 0,982. A curva resultante obtida para a região de formação de barreiras é apresentada na Figura 41 e na Tabela 20.

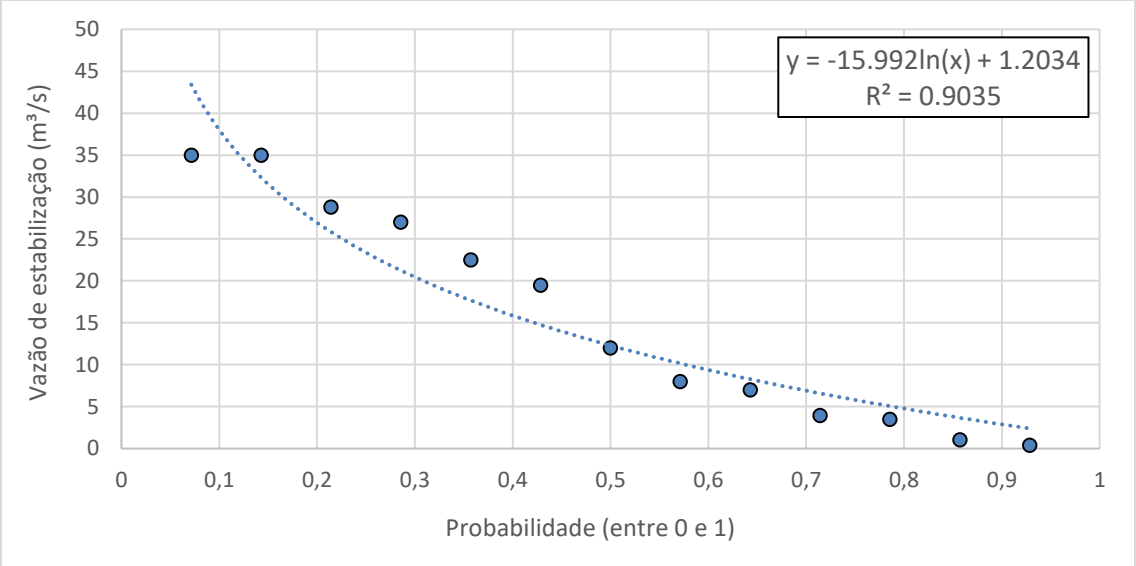


Figura 40. Ajuste da função de vazão em um poço em função da probabilidade para a Formação Barreiras.

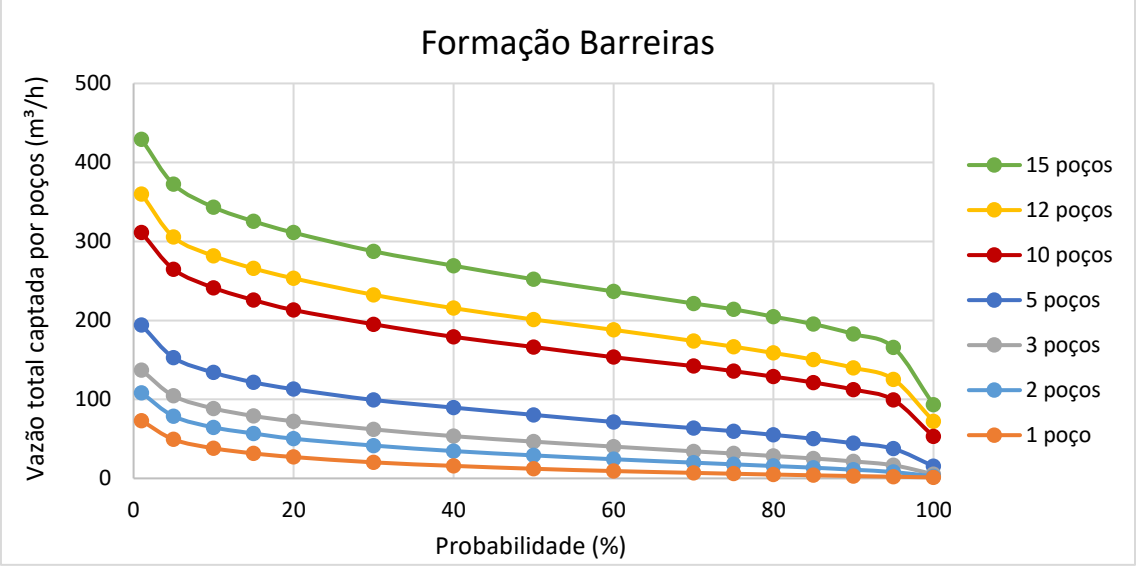


Figura 41. Curvas de vazão versus probabilidade em função do número de poços adotado para a Formação Barreiras.

Tabela 20. Vazões dos poços em função da probabilidade e número de poços para a Formação Barreiras. Valores em m³/h.

P (%)	Número de poços						
	1	2	3	5	10	12	15
1	73,01	108,39	137,02	194,00	311,06	360,04	429,23
5	49,26	78,69	104,40	152,94	264,73	305,46	372,34
10	38,16	64,58	88,55	133,98	241,27	281,63	343,28
15	31,67	56,88	79,03	121,62	225,82	265,80	325,49
20	27,03	50,23	72,34	112,90	213,15	253,27	311,07
30	20,27	41,54	62,01	99,28	195,10	232,38	287,45
40	15,84	34,61	53,47	89,62	179,17	215,47	269,25
50	12,19	29,11	46,55	80,42	166,37	201,13	252,04
60	9,29	24,25	40,23	71,44	153,41	188,01	236,68
70	7,01	19,94	34,26	63,62	142,14	173,94	221,41
75	5,90	17,82	31,48	59,76	135,74	166,75	214,05
80	4,87	15,65	28,32	55,10	128,78	158,74	204,69
85	3,91	13,54	25,21	50,17	121,36	150,38	195,28
90	2,99	10,97	21,48	44,53	112,43	139,98	182,68
95	2,12	8,05	16,63	37,52	99,21	125,36	165,67
100	1,21	2,50	5,31	15,49	52,96	72,33	93,21

7. ESTUDOS DE CONCEPÇÃO: AVALIAÇÃO ECONÔMICO-AMBIENTAL

Este capítulo trata da avaliação de concepção das alternativas de abastecimento de água de cada localidade que tiveram o seu abastecimento de água afetado.

São apresentados os critérios utilizados para estimativa dos valores de disponibilidade hídrica em cada localidade e de concepção dos sistemas de abastecimento. Na sequência, é apresentada a análise de cada localidade. Para cada localidade, é apresentada uma caracterização com antecedentes do abastecimento da localidade, alternativas de atendimento do abastecimento, seleção das alternativas e considerações finais. No último item, é apresentado um resumo do conjunto das localidades.

7.1 CRITÉRIOS

De modo a otimizar os recursos investidos e o tempo de implementação das alternativas, definiu-se como critério base a avaliação dos sistemas de abastecimento construídos no âmbito de programas emergenciais a confirmação da disponibilidade hídrica destes mananciais. Se avaliado que a alternativa emergencial adotada é capaz de atender a demanda é sugerida a adoção deste como manancial alternativo perene, caso verifique-se que o manancial não atende a demanda, seja por capacidade da infraestrutura instalada ou porque a disponibilidade hídrica é inferior à esperada inicialmente, são avaliados mananciais para complementação da vazão demandada, ou seja, uma solução com o uso em conjunto de mais de um manancial.

Nos locais não contemplados com medidas emergenciais estruturais, partiu-se do princípio de se buscar um único manancial que seja capaz de atender à demanda da localidade em detrimento à combinação de mananciais, sendo avaliado que seria mais rápida a implantação de um único manancial, e com menor investimento e menor custo operacional.

Para análise de concepção de alternativas das 24 localidades, foram determinados condicionantes para que o estudo pudesse ser realizado dentro do prazo previsto, que são os seguintes:

- As estimativas de disponibilidade hídrica foram determinadas com base em metodologias regionais que estão sujeitas a incertezas específicas em cada localidade. O aprimoramento das estimativas são ações a serem desenvolvidas na fase de projeto básico dos sistemas de abastecimento, com critérios apontados nas especificações técnicas de cada localidade no relatório 3 deste estudo;
- As alternativas sugeridas não levam em conta a existência de outros usuários da água na bacia e condicionantes de qualidade da água, que deverão passar por avaliação e monitoramento específico durante o projeto para avaliação das alternativas com dados locais;
- Os cenários analisados quanto aos mananciais se baseiam no seguinte:
  (a) *Manancial superficial*: (a1) sem regularização: vazões são estimadas para o local sem considerar a regularização. É verificado se a vazão obtida pode atender a demanda; (a2) com regularização: é verificado se o manancial atende a demanda com regularização de vazão estimada de acordo com critério apresentado no item 5.5.3. Não é verificado se

existe topografia para acomodar o volume porque as informações secundárias disponíveis não permitem esta avaliação. No texto de cada cidade são calculadas as áreas de bacia necessárias para cada alternativa para atender a demanda e verifica-se quais dos mananciais próximos à infraestrutura de abastecimento de água (ETA, adutoras e elevatórias) que possuem área compatível. A metodologia de cálculo foi descrita no capítulo 5.

(b) *Manancial subterrâneo*: (b1) esta alternativa é avaliada com base na curva de probabilidade de vazões de acordo com o domínio hidrogeológico com uma probabilidade de 80%. Isto significa que existe pelo menos 80% de chance de se obter a vazão desejada com o número de poços obtidos; (b2) Além da curva regional, utiliza-se a estimativa da vazão média dos poços perfurados no município no SIAGAS, no entanto, como a amostra em cada município é pequena, este valor pode ser tendencioso. É feita a estimativa da taxa de recarga do aquífero, sendo esta definida como critério limitante para uso de manancial subterrâneo. Assume-se como limite máximo para que seja avaliada a alternativa de uso de manancial subterrâneo como sendo 15 poços.

A metodologia de cálculo do manancial subterrâneo está descrita no capítulo 6.

- **Análise econômica das alternativas:** O método utilizado para avaliação das alternativas com disponibilidade hídrica compatível com a demanda foi pautado em estimativa preliminar de investimentos, avaliação ambiental preliminar das condições da bacia hidrográfica como indicador de qualidade de água, infraestrutura existente que porventura possa ser aproveitada, e segurança do atendimento (avaliando a razão entre disponibilidade hídrica e demanda, bem como presença de usos na bacia que pudessem inviabilizar momentaneamente o uso do manancial, i.e. eventual falha de sistemas de tratamento de efluentes localizado a montante). A avaliação do uso de manancial subterrâneo é pautada em informações de custos de perfuração de poços fornecido pela Fundação RENOVA (RENOVA, 2017a). Adicionalmente, informações públicas de poços da região foram utilizadas como indicador de qualidade da água do manancial. Em relação aos mananciais superficiais, buscou-se a concepção de um arranjo de captação de implementação relativamente rápida, com uso de sistema de bombeamento flutuante em detrimento a construção de estruturas complexas de tomada d'água, e uso de soleiras em enrocamento para manutenção de nível d' água e profundidade mínima para operação das bombas em captações sem reservação em detrimento a soleiras de concreto. Buscou-se também locais com relativo fácil acesso e com indicativos de rede elétrica próxima (avaliou-se as distâncias de propriedades rurais, industriais e/ou malha urbana). O traçado das adutoras seguiu as recomendações apresentadas em Tsutiya (2009), buscando passar por áreas de domínio público (ao longo das faixas de servidão de estradas, rodovias, linhas férreas, etc.) para minimizar eventuais conflitos de usos e custos com desapropriações, e também pela facilidade de acesso ao local. Foi considerado o uso de tubulação em polietileno PEAD. O dimensionamento hidráulico foi feito assumindo que a vazão de trabalho equivale à demanda local, seguindo as recomendações do Manual de Boas Práticas da Associação Brasileira de Tubos Poliolefícos e Sistemas (ABPE) (ABPE, 2013) o qual faz um compilado das normas NBR e NNTS aplicáveis. Os custos das obras foram baseados nas informações do Sistema Nacional de Pesquisa de

Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI (SINAPI, 2017a, b), salvo os custos da construção de barragens de acumulação, o qual não é contemplado pelo SINAPI. Ressalta-se a dificuldade de encontrar informações de orçamentos de barragens para captação de água. Desta forma, adaptaram-se informações do custo de construção de barragens de pequenas centrais hidrelétricas fornecidos por Magalhães (2009). Para fins de estimativa inicial de custo, definiu-se a construção de barragens com capacidade aproximada a demanda mensal da localidade. Foi realizado levantamento preliminar dos procedimentos de licenciamento das obras envolvidos. Os custos associados a assessoria do processo de licenciamento foram baseados em consulta a empresa especializada (ALPES Engenharia, 2017). Ainda para fins de estimativa de custos, foi considerada a instalação de monitoramento hidrológico no corpo d'água, amostragem e testes de qualidade e potabilidade de água, além de construção de pequena infraestrutura no local de captação para apoio a atividades de vistoria, armazenamento e proteção de equipamentos das intempéries.

7.2 ESTUDO DE CONCEPÇÃO DAS LOCALIDADES

Os itens a seguir apresentam a análise para cada uma das localidades elencadas pelo TTAC. A delimitação das bacias hidrográficas dos mananciais superficiais considerados para avaliação são apresentadas no Apêndice G. A estimativa detalhada dos custos considerados para cada alternativa analisada para atendimento à demanda estabelecida pelo TTAC para cada localidade é apresentada no Apêndice H.

7.2.1 Aimorés – Santo Antônio do Rio Doce

Caracterização

Localização: o município de Aimorés está situado em Minas Gerais e faz divisa com o município de Itueta ao norte e com município de Baixo Guandu (Espírito Santo) ao leste, conforme Figura 42. Na parte nordeste de Aimorés, encontra-se a localidade de Santo Antônio do Rio Doce, também chamada de Mauá, que foi a única localidade no município que teve seu sistema de abastecimento afetado pelo evento.

Sistema de abastecimento de água: o sistema é operado pelo SAAE - Aimorés. A Figura 42 apresenta a disposição da ETA de Santo Antônio do Rio Doce, do poço (perfurado pela Fundação RENOVA como medida emergencial para restabelecimento do abastecimento local) e da captação de água no distrito. Em condições normais, a captação de água é realizada no rio Doce através de balsa com bomba de eixo horizontal e levada até a estação de tratamento de água por uma adutora de aproximadamente 500 m de extensão.

A ETA da localidade encontra-se na parte alta do centro urbano. É construída em concreto e possui uma capacidade de trabalho de 6 L/s. O sistema possui uma reservação de 120 m³, atendendo a 100% da população local.

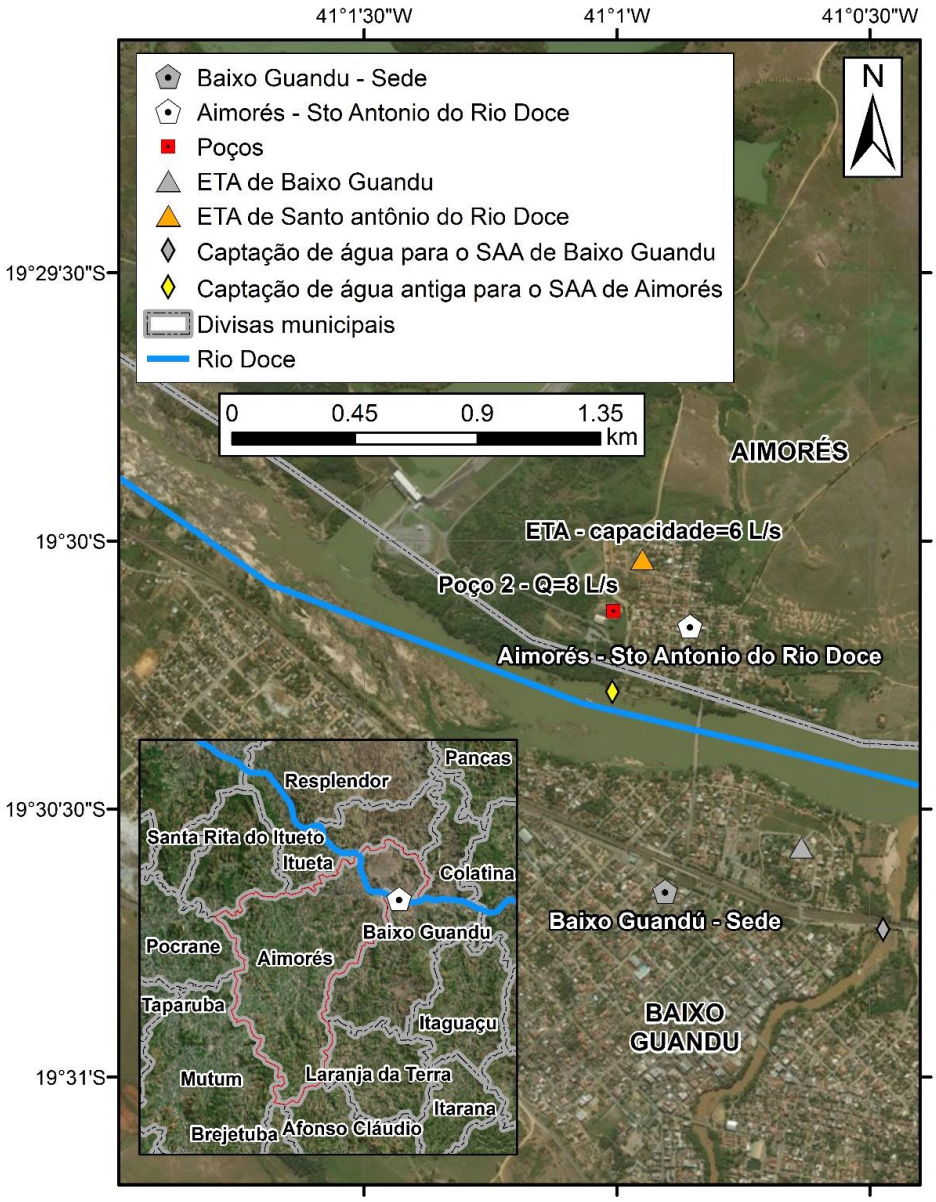


Figura 42. Caracterização do sistema de abastecimento de Santo Antônio do Rio Doce.

Abastecimento emergencial: o abastecimento em caráter provisório emergencial da população desta localidade, que possui cerca de 1500 habitantes, foi realizado por meio de caminhões pipa. Estes caminhões transportam água tratada oriunda da ETA, localizada na sede do município de Aimorés, que tem sua captação feita no rio Manhuaçu. Outra medida emergencial adotada foi a perfuração de um poço com vazão de 8 L/s, o que seria suficiente para o abastecimento da localidade.

Atendimento à demanda estabelecida: a demanda estabelecida no TTAC para a localidade de Santo Antônio do Rio Doce é de 1,8 L/s (30% da demanda total de referência adotada de 6,0 L/s). Apesar da meta de 30% o presente estudo avaliou a possibilidade de atendimento de 100% da demanda, correspondendo à vazão de 6,0 L/s.

O poço perfurado como medida emergencial, com vazão de 8,0 L/s, possui capacidade para atender à demanda da localidade. A possibilidade de utilização deste poço é analisada em item posterior.

Alternativas

O atendimento à vazão estabelecida no TTAC pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão especificado na lei, que é a vazão outorgável[23]; ou (b) manter uma descarga equivalente à vazão outorgável a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[24]. Em se tratando de mananciais superficiais, a Tabela 21 apresenta as áreas de drenagem necessárias para suprir a demanda.

Tabela 21. Área de drenagem requerida para o abastecimento de Aimorés, Santo Antônio do rio Doce.

Cenário	Área de drenagem necessária (km^2)
Sem regularização, vazão outorgável	5,44
Sem regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	3,11
Com regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	0,71

Uma vez que estas áreas foram determinadas, buscou-se mananciais cujas bacias atendem aos critérios para os cenários da Tabela 21. A Figura 43 fornece uma visão geral da hidrografia na região próxima de Santo Antônio do Rio Doce. Considerando a proximidade com as estruturas existentes do SAA (captação, adutora, elevatória e ETA), foram selecionados para análise os seguintes mananciais: córrego Vala Seca, córrego Gimirim, rio Guandu, córrego Natividade, córrego Salgado, córrego do Chucha e rio Manhuaçu. A seguir, é apresentada uma análise de cada uma das alternativas consideradas. A Tabela 22 apresenta características dos mananciais avaliados que têm capacidade para suprir a demanda de abastecimento no distrito de Santo Antônio do Rio Doce.

A) **Córrego Vala Seca:** trata-se do manancial mais próximo da ETA situada na localidade. O traçado original do curso d'água foi inundado com o enchimento do reservatório da UHE Aimorés para a formação do canal de adução que liga o rio Doce até a casa de máquinas da UHE. No seu baixo trecho, suas águas são originadas nos diques laterais do reservatório e percorrem um trecho de aproximadamente 2,0 km até desaguarem no rio Doce. Este

[23] A vazão outorgável corresponde à 50% da $Q_{7,10}$ para o estado de Minas Gerais e 50% da Q_{90} para o estado do Espírito Santo.

[24] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

manancial não é considerado como alternativa para o abastecimento devido a sua mistura com as águas do rio Doce.

B) **Córrego Gimirim:** possui uma bacia com área de cerca de 60,8 km², no ponto sugerido para captação, superior ao necessário para todas as situações, de forma que a bacia possui área de drenagem suficiente para atender à vazão requerida com ou sem regularização. A vazão outorgável sem regularização é estimada em 72,07 L/s. A distância entre o ponto de captação sugerido até a estação de tratamento de água é de aproximadamente 3,6 km, considerando-se uma linha reta.

C) **Rio Guandu:** localiza-se na margem oposta do rio Doce e o ponto para captação sugerido encontra-se junto à sede do município de Baixo Guandu (Espírito Santo). Sua vazão outorgável (Q_{90} para o Espírito Santo) é estimada em 4517,47 L/s. Este manancial está sendo utilizado como alternativa de abastecimento da sede do município de Baixo Guandu. São esperadas dificuldades na implantação e operação da captação neste manancial por se encontrar junto à malha urbana de outro município, e em outro estado.

D) **Córrego Natividade:** este manancial possui uma bacia com área pouco superior à do Córrego Gimirim, 66,9 km². Neste manancial, a vazão outorgável sem regularização é igual a 79,62 L/s. Está localizado na margem direita do rio Doce, oposta àquela em que está localizado Santo Antônio do Rio Doce, e a viabilidade do uso deste manancial é condicionada ao uso da ponte que liga Santo Antônio do Rio Doce à Baixo Guandu para suportar a travessia da adutora. A distância em linha reta entre o ponto de captação sugerido na Figura 43 (a montante da malha urbana) até a ETA é de aproximadamente 4,0 km. De acordo com inspeções de campo realizadas pela equipe da Fundação RENOVA em abril de 2017 é relatado por moradores locais que o manancial é intermitente.

E) **Córrego Salgado:** trata-se de um córrego com pequena extensão, conforme mostrado na Figura 43. Sua vazão não é suficiente para atendimento da demanda, sendo necessária a complementação de vazão com uso de outro manancial.

F) **Córrego do Chucha:** o ponto de captação sugerido situa-se a 7,1 km da ETA local. Este manancial possui, no ponto sugerido para captação mostrado na Figura 43, uma bacia com aproximadamente 17,51 km² de área. A vazão outorgável estimada sem regularização é de 20,01 L/s, de tal forma que não se mostra necessária a construção de barragem de acumulação para regularização de vazão. O ponto sugerido está localizado na margem oposta do rio Doce e a viabilidade do uso deste manancial é condicionada ao uso da ponte que liga Santo Antônio do Rio Doce à Baixo Guandu para suportar a travessia da adutora.

G) **Rio Manhuaçu:** dentre os mananciais analisados, este é o mais distante da localidade. Possui a maior bacia dentre os mananciais avaliados, com área de cerca de 8826 km². Sua vazão outorgável sem regularização é igual a 12126,85 L/s. Este manancial estava sendo utilizado para o abastecimento emergencial de Santo Antônio do Rio Doce por meio de caminhões pipa que transportam água potável proveniente da ETA da sede municipal de Aimorés. Como alternativa à construção de nova captação no manancial e adução da água bruta para tratamento na ETA de Santo Antônio do Rio Doce, e considerando que a sede de Aimorés capta águas deste manancial, existe a possibilidade de se utilizar a estrutura de captação e

tratamento existente e se construir adutora de água tratada para o abastecimento do distrito de Santo Antônio do Rio Doce. Esta alternativa fica condicionada à capacidade de tratamento da ETA de Aimorés e ao uso da ponte que liga Santo Antônio do Rio Doce à Baixo Guandu para suportar a travessia da adutora.

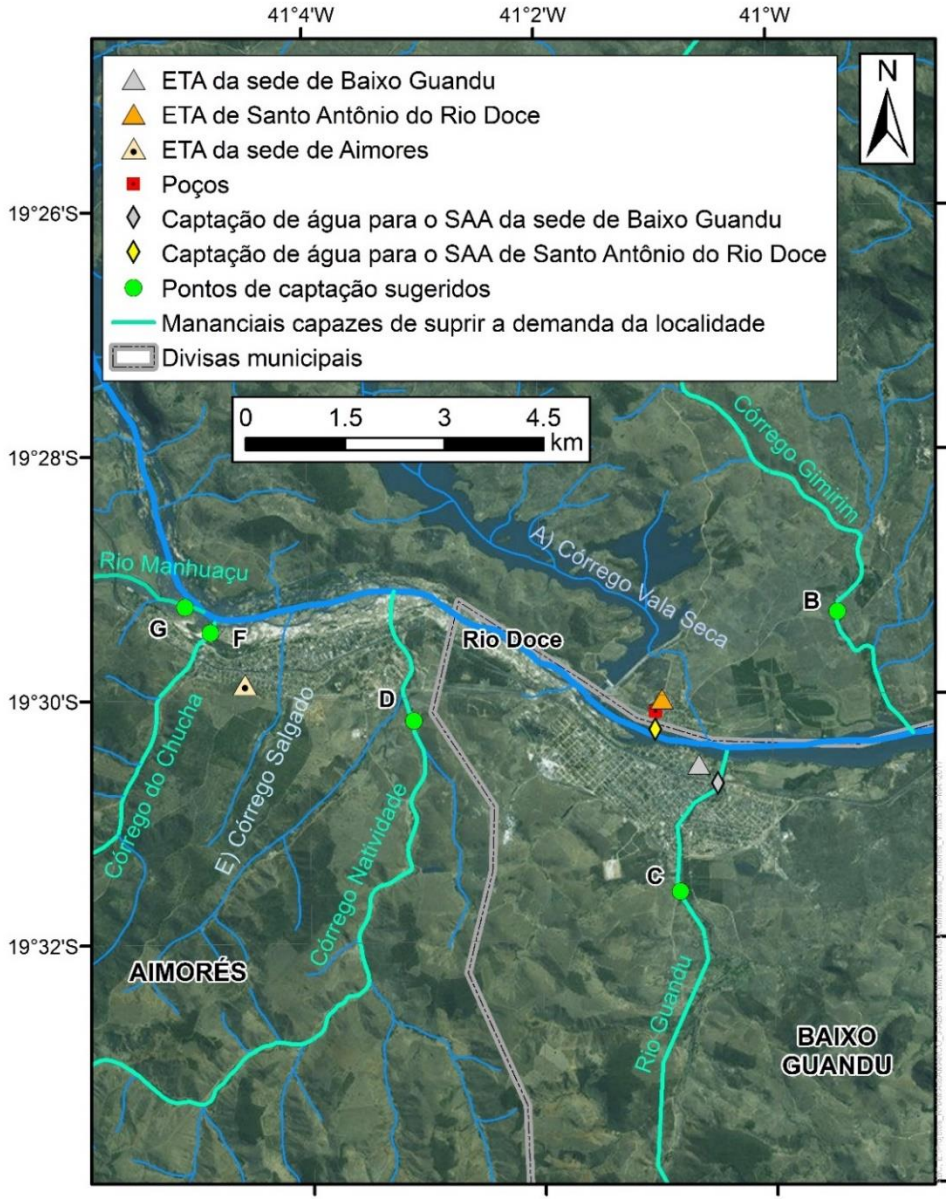


Figura 43. Hidrografia da região e possíveis mananciais para captação para abastecimento de Santo Antônio do Rio Doce, em Aimorés.

Tabela 22. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Santo Antônio do Rio Doce.

Alternativa	Manancial	Área de drenagem (km²)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Córrego Vala Seca	Não calculado: manancial com águas do rio Doce.			
B	Córrego Gimirim	60,78	420,68	72,07	12
C	Rio Guandu	2131,0	11832,01	4517,47	8
D	Córrego Natividade	66,96	462,41	79,62	2
E	Córrego Salgado	3,01	22,30	3,27	3
F	Córrego do Chucha	17,51	124,71	20,01	4
G	Rio Manhuaçu	8826,0	54112,85	12126,85	10

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*

Entre as soluções apresentadas, os Córregos Gimirim (alternativa B) e Natividade (alternativa D) destacam-se pela sua proximidade com a localidade. Destaca-se também a alternativa G, rio Manhuaçu, considerando o uso da infraestrutura de captação e tratamento de água existente no rio Manhuaçu e na ETA da sede municipal de Aimorés. Estes três mananciais foram selecionados para avaliação detalhada. Para a análise comparativa dos possíveis mananciais, foram sugeridos traçados das adutoras que ligam os pontos de captação à ETA da sede municipal. A Figura 44 apresenta o traçado sugerido e a Tabela 23 apresenta a extensão de ambas adutoras. Notar que a adução para a alternativa G) rio Manhuaçu é de água tratada, e liga a ETA da sede de Aimorés à localidade de Santo Antônio do Rio Doce.

Tabela 23. Extensão das adutoras sugeridas.

Alternativa	Manancial	Comprimento da adutora (km)
B	Córrego Gimirim	3,6
D	Córrego Natividade	5,9
G	Rio Manhuaçu – Adutora de água tratada	8,6

Manancial subterrâneo: a demanda estabelecida como meta para abastecer Aimorés é de 6 L/s (21,6 m³/h). Levando em conta a vazão média dos poços (2,78 L/s = 10 m³/h) na área do município, serão necessários três poços tubulares para suprir a demanda. Com base na estimativa regional com probabilidade de 80% de sucesso, serão necessários quatro poços tubulares.

Considerando a precipitação pluviométrica média total anual na região (964,57 mm/ano), é possível observar que a taxa de explotação de água subterrânea não irá superar a taxa de recarga estimada. Considerando um círculo com raio de 1,5 km, a recarga no mesmo é de 47L/s (169 m³/), indicando que o uso de poços não afetará as reservas permanentes de água subterrânea. Desta forma, as águas subterrâneas podem abastecer o distrito de Santo Antônio do Rio Doce.

Como medida emergencial para a retomada do abastecimento no distrito de Santo Antônio do Rio Doce, foi perfurado um poço tubular que fornece uma vazão de 8 L/s (28,8 m³/h) e que está conectado

à adutora de água bruta antes utilizada para captar água do rio Doce. Recomenda-se a realização de uma análise de qualidade da água deste poço para avaliar as condições de potabilidade e tratabilidade.

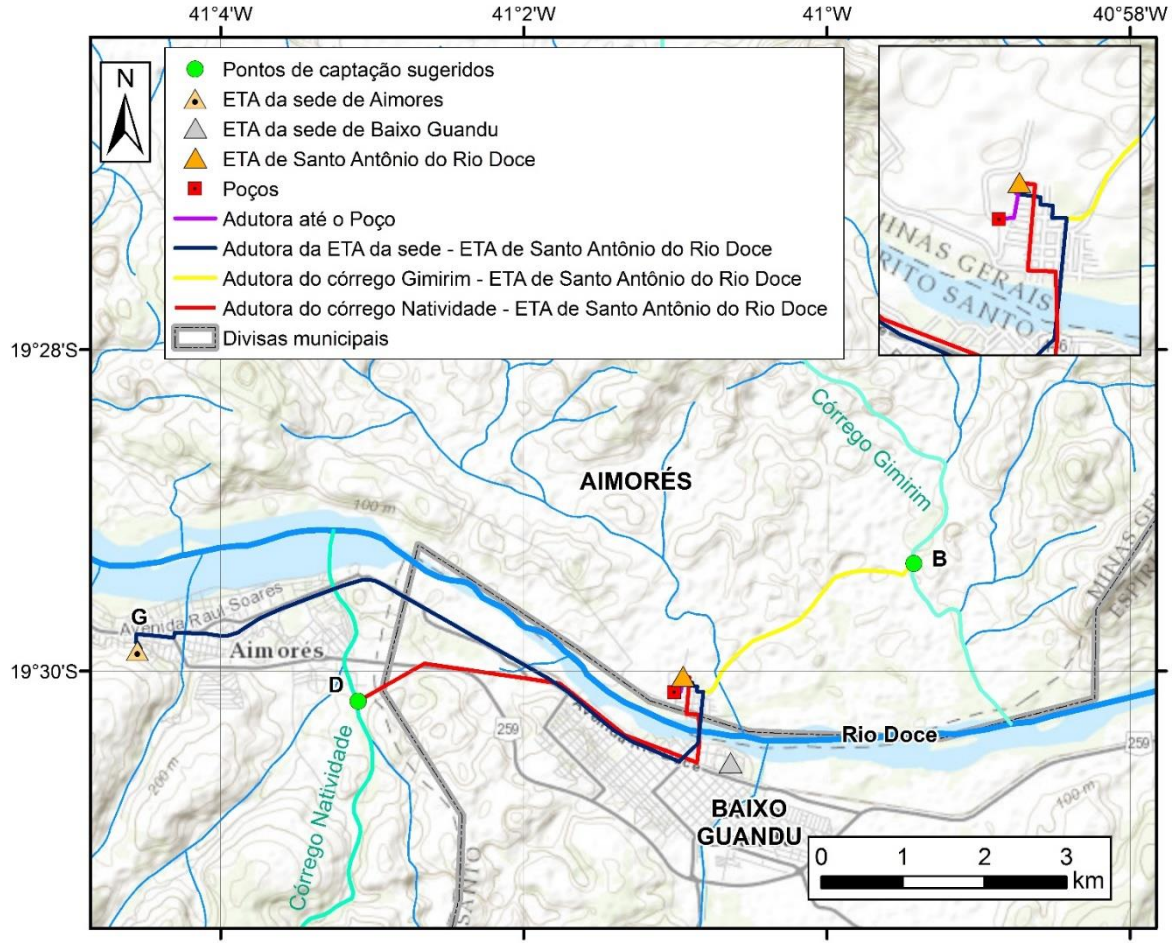


Figura 44. Traçado sugerido para as adutoras que ligam a ETA de Santo Antônio do Rio Doce até as alternativas consideradas mais adequadas.

Avaliação das alternativas

Considerações básicas das alternativas: para as alternativas destacadas anteriormente, foi realizada uma estimativa preliminar de custos e intervenções necessárias para sua construção, para fins de comparação. É apresentada a avaliação descritiva das alternativas de uso de manancial subterrâneo, córrego Gimirim, córrego Natividade e rio Manhuaçu por meio de adução de água tratada na ETA da sede municipal de Aimorés, além de um quadro comparativo (Tabela 24) quanto à comprimento de adutora, intervenções previstas, pontos críticos, infraestrutura e atividades requeridas, bem como uma estimativa preliminar de custos de implementação segundo os critérios expostos abaixo.

Alternativa 1 – Poço profundo existente

Atendimento da demanda: foi perfurado, como medida emergencial para abastecimento da localidade durante o período chuvoso de 2016-2017, um poço profundo, com vazão observada de 8,0 L/s. Esta vazão é superior ao total da demanda local e se encontra disponível para uso.

Adução: o poço já se encontra conectado à adutora existente e à ETA local. Não são previstas obras de adução adicionais as já executadas.

Requerimentos: como atividades do processo de licenciamento do poço é previsto o requerimento de outorga para poço tubular, junto à SEMAD.

Deverão ser realizados testes de qualidade e potabilidade, e verificado se a técnica de tratamento empregada na ETA é compatível. Não é prevista necessidade de adequação da rede elétrica.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, toda a infraestrutura para a utilização desta alternativa já foi construída, de modo que os custos estimados para a ativação correspondem ao processo de requerimento de outorga e aos testes de qualidade da água. Estimou-se que são necessários investimentos da ordem de R$ 28.000,00. Destaca-se que a avaliação dos investimentos numa eventual reforma/adequação da ETA não são objeto de análise do presente estudo e não estão contempladas na estimativa apresentada.

Alternativa 2 - Córrego Gimirim

Atendimento da demanda: o manancial superficial mais próximo da ETA de Santo Antônio do Rio Doce é o córrego Gimirim. Sua vazão outorgável sem regularização é estimada em 72,07 L/s, superando em doze vezes a demanda total da localidade (6 L/s), de forma que não se julga, nesta análise, necessária a construção de reservatório. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo uma soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: o trecho mais próximo à localidade, e onde é proposta a captação, está situado em cota mais baixa que a da ETA de Santo Antônio do Rio Doce, de modo que será necessária a construção de elevatória e uma adutora sob pressão para vencimento de um desnível de aproximadamente 12 m. Visando à facilidade de acesso de máquinas ao local, o traçado da adutora sugerido acompanha uma estrada rural. Serão necessários 3,6 km de tubulação, dos quais 0,5 km correspondem a trecho urbano com construção enterrada sob vias ou passeios. Na parte rural, existe a necessidade de uma travessia enterrada em uma estrada de terra local e a travessia no córrego Vala Seca na entrada da localidade, sendo sugerida travessia aérea suportada pela ponte/galeria da estrada que a adutora acompanharia.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente composta de pastagem. Não há indícios de grandes propriedades com práticas agropecuárias intensivas ou de aglomerados populacionais, não sendo identificados grandes potenciais poluidores. Adicionalmente, a localização do ponto de captação sugerida fica a montante de uma propriedade rural evitando possíveis lançamentos a montante.

Requerimentos: como processo de licenciamento haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, travessia em corpo d'água, bem como intervenção na Área de Proteção Permanente (APP) do córrego para construção da infraestrutura de captação, adução e da travessia. Para a construção do trecho urbano de 0,5 km da adutora, deverá ser verificada a legislação municipal para obras em vias públicas.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É prevista a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,1 km (distância entre a propriedade rural e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento da rede elétrica em 0,1 km, construção de adutora de 3,6 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo de implantação desta alternativa em R$ 525.000,00.

Alternativa 3 - Córrego Natividade

Atendimento da demanda: o córrego Natividade se localiza na margem oposta do rio Doce, próximo à divisa de estado entre Minas Gerais e Espírito Santo. Possui vazão outorgável sem regularização estimada em 79,62 L/s, treze vezes maior que a demanda local, não sendo necessárias obras para regularização. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo uma soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: o desnível a ser vencido é de aproximadamente dois metros, mas a adutora passará por trechos de menor elevação e estará sujeita a cargas maiores. O traçado sugerido possui 5,9 km e passará por áreas do município de Baixo Guandu, no Espírito Santo. No seu trecho inicial, sugere-se que a travessia da Rodovia BR-259 seja feita junto à ponte sobre o córrego Natividade, minimizando a necessidade de escavações. Sugere-se que a adutora inicialmente siga o traçado da rodovia (lado norte) e, após o Aeródromo de Baixo Guandu, siga rumo ao rio Doce, cruzando por meio de travessias subterrâneas a rodovia ES-446 e a linha férrea, passando a acompanhar então o traçado da linha férrea do lado do rio Doce até a ponte da rua Mauá (Baixo Guandu – ES), que liga Baixo Guandu à Santo Antônio do Rio Doce. Um trecho de 0,3 km será junto à malha urbana de Baixo Guandu e outro de 0,7 km na área urbana de Santo Antônio do Rio Doce.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: o local de captação sugerido é próximo à malha urbana de Aimorés. Contudo, o ponto encontra-se a montante da área de intensa ocupação humana e, assim, evitam-se possíveis lançamentos que possam vir a prejudicar a qualidade da água a ser captada. A bacia de contribuição é majoritariamente composta de pastagens. Não há indícios de grandes propriedades com práticas agropecuárias intensivas ou de aglomerados populacionais. Porém, observa-se, em imagens de satélite, indícios de processos erosivos que podem vir a contribuir para assoreamento da captação. Não são identificados grandes potenciais poluidores.

Requerimentos: no processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução. Licenças para o uso da faixa de servidão das rodovias BR-259, ES-446 e linha férrea deverão ser obtidas junto às entidades competentes. Para a construção do trecho urbano de 0,3 km da adutora sob as vias ou passeios de Baixo Guandu e para o trecho urbano em Santo Antônio do Rio Doce (0,7 km) deverão ser verificadas as legislações municipais pertinentes.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico. É esperada um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,1 km. Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento da rede elétrica em 0,1 km, construção de adutora de 5,9 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo de implementação desta alternativa em R$ 764.000,00.

Alternativa 4 - Rio Manhuaçu: adutora de água tratada da ETA de Aimorés (Sede)

Atendimento da demanda: o rio Manhuaçu se localiza na margem oposta do rio Doce. É um manancial de grande porte que atende com larga folga à demanda local, sendo inclusive já utilizado por meio de caminhões pipa para abastecimento da localidade de Santo Antônio do Rio Doce. No arranjo proposto, sugere-se a utilização da infraestrutura já existente do SAA da sede municipal de Aimorés associada à construção de uma adutora de água tratada até o distrito de Santo Antônio do Rio Doce, sendo a adutora suportada pela ponte que liga Baixo Guandu à Santo Antônio do Rio Doce. Neste arranjo, a ETA da localidade afetada poderia ser desativada, com potencial redução de custos de operação.

Segundo ESSE (2015) a demanda da sede municipal de Aimorés é de 59,74 L/s e a ETA possui capacidade de 80 L/s (duas unidades, uma com capacidade de 55 L/s e outra de 25 L/s). Mesmo considerando a demanda adicional de 6 L/s do distrito de Santo Antônio do Rio Doce, o SAA da sede de Aimorés apresentaria capacidade excedente aproximada de 14 L/s. Deste modo assume-se que não são necessárias obras de reforma e adequação da captação e da ETA.

Adução: o traçado sugerido para a adutora que ligaria a ETA da sede de Aimorés até os reservatórios em Santo Antônio do Rio Doce tem comprimento total de 8,6 km. Para a fase de detalhamento de projeto, sugere-se uma análise da rede de distribuição de Aimorés-Sede para a identificação de tubulações com capacidade compatível que poderiam ser utilizadas para a redução das obras da adutora em até 2,0 km (trecho da adutora na área urbana de Aimorés). Partindo da ETA, a adutora percorre um trecho de aproximadamente 0,6 km sob vias ou passeios na área urbana de Aimorés, cruza a via férrea por meio de travessia aérea suportada pelo viaduto da rua Antônio Matos, passando a seguir o traçado da linha férrea até as proximidades da ponte da rua Mauá (Baixo Guandu, ES) que liga Baixo Guandu à Santo Antônio do Rio Doce. Um trecho de 0,3 km será junto à malha urbana de Baixo Guandu, construído sob vias ou passeios e 0,7 km na área urbana de Santo Antônio do Rio Doce.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a avaliação preliminar das condições de uso e ocupação da bacia de contribuição dos mananciais é feita de maneira a produzir um indicador de qualidade das águas. Como este manancial já vem sendo utilizado para o abastecimento da sede municipal de Aimorés, considera-se que a água possui qualidade compatível com o uso para abastecimento público.

Requerimentos: para fins de licenciamento, devido a esta alternativa utilizar a captação já existente, não será necessário requerimento de outorga para construção de barramento nem de intervenção em APP junto à captação. Partindo do pressuposto que a outorga de captação é compatível com a capacidade do SAA também não será necessário requerimento de outorga de captação em curso d'água.

O licenciamento da obra deverá observar a legislação dos municípios de Aimorés (MG) e de Baixo Guandu (ES) para construção dos trechos urbanos sob vias ou passeios, sendo 0,5 km junto à sede de Aimorés (MG), 0,7 km em Santo Antônio do Rio Doce e 0,3 km em Baixo Guandu (ES).

Por se tratar de um manancial já em uso para abastecimento público, não é necessário teste de qualidade e potabilidade de água, além daqueles já praticados. O mesmo se aplica a monitoramento fluviométrico. Na base de dados HidroWeb, da Agência Nacional de Águas (ANA), foram identificadas cinco estações fluviométricas no rio Manhuaçu apenas no município de Aimorés. Destes, três dispõem de dados de qualidade de água e um dispõe de dados de vazão. Não é prevista a necessidade de obras e adequações na rede elétrica.

Estimativa de custos: o investimento para esta alternativa, considerando a utilização da infraestrutura existente, corresponde somente à construção de adutora de 8,6 km e procedimento de licenciamento correspondente. Estima-se um custo de R$ 832.000,00.

Considerações finais

Esta análise foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo.

Dentre as alternativas analisadas, a alternativa 1, uso de poço profundo existente, se mostra como a alternativa potencialmente mais vantajosa, apresenta o menor custo de implantação, não demandaria construção de infraestrutura adicional e o processo de licenciamento é o mais simplificado dentre todos. Espera-se também que o abastecimento por meio deste manancial possa ser implementado quase que de imediato. Considerando a urgência do restabelecimento do abastecimento de água da localidade, fatores financeiros e práticos de sua implementação, aconselha-se à RENOVA a prosseguir com avaliação detalhada deste manancial, incluindo a realização dos testes de qualidade, potabilidade e tratabilidade da água, verificando a eventual necessidade de adequação da técnica de tratamento empregada na ETA local. Confirmando-se que o tratamento empregado é capaz fornecer água nos padrões de potabilidade, aconselha-se o uso de poço profundo para abastecimento da localidade de Santo Antônio do Rio Doce no município de Aimorés, MG.

Caso as análises de água apontem que não serão atendidos os padrões de potabilidade, aconselha-se a avaliação mais aprofundada do uso do rio Manhuaçu. Apesar do custo superior ao do córrego Girimirim, este manancial reduz a necessidade de gestão de novos ativos (não há necessidade de nova captação) e possivelmente reduzirá ativos com a desativação da operação da ETA de Santo Antônio do Rio Doce.

Caso estas alternativas venham a se mostrar inviáveis, sugere-se, baseando-se no investimento requerido e na complexidade das obras, avaliar as demais alternativas na ordem: alternativa 2 e 3.

Os resultados obtidos devem ser revistos com dados locais para dirimir as incertezas associadas às estimativas. Caso seja verificado em campo que os mananciais apontados não são adequados, deve-se investigar as outras alternativas expostas na Tabela 24 e outros arranjos de uso conjunto de mananciais. As avaliações necessárias são especificadas no capítulo 8.

Tabela 24. Tabela resumo das características das alternativas - Aimorés.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Poço profundo existente	-	-	-	Existente	Não	1 out. poço	28	1
2	Córrego Gimirim	3,6	1 enterrada (estrada de terra) 1 aérea por ponte existente	Boa	Completa sem reservação	0,1 km em localidade rural	1 out. captação 1 out. barramento 2 interv. em APP 1 trav. curso d'água	525	3
3	Córrego Natividade	5,9	3 enterradas (rodovia e ferrovia) 1 aérea por ponte existente (rio Doce)	Regular. Processos erosivos na bacia	Completa sem reservação	0,1 km em local próximo a centro urbano	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP 1 trav. curso d'água	764	4
4	Rio Manhuaçu – adução de água tratada	8,6	2 aéreas por ponte existente (ferrovia e rio Doce)	Qualidade de água comprovada	Existente	Não	1 trav. curso d'água	832	2

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

7.2.2 Alpercata – Sede

Caracterização

Localização: o município de Alpercata está situado no estado de Minas Gerais, na margem direita do rio Doce e faz divisa ao norte com a localidade de Governador Valares. A sede municipal, a qual se localiza afastada da calha do rio Doce, teve seu abastecimento de água afetado.

Sistema de abastecimento de água: o sistema de abastecimento de água é operado pela COPASA. Em condições normais capta água do rio Doce. A ETA da localidade está situada na parte alta da cidade, de forma que a água bruta é bombeada do ponto de captação até a ETA por meio de uma adutora de aproximadamente 8 km de comprimento. O sistema opera com vazão de trabalho de 16 L/s, atendendo cerca de 97 % da população, estimada em 9.400 habitantes (ESSE, 2015). Uma visão geral do sistema de abastecimento da localidade sede do município pode ser observado na Figura 45.

Abastecimento emergencial: após o evento, como medida emergencial, foi alterado o procedimento de tratamento da água, com readequação da dosagem de coagulantes devido à elevada turbidez apresentada e redução da vazão de trabalho, de forma que a captação no rio Doce continuasse sua operação, mesmo que com vazão reduzida. Posteriormente foram perfurados 2 poços que, em conjunto, fornecem vazão de 2,9 L/s.

Atendimento a demanda estabelecida: o termo de Transação de Ajustamento de Conduta prevê o atendimento da vazão de 7,12 L/s. Dessa forma, serão buscados mananciais (superficiais e/ou subterrâneos) que supram essa vazão.

Alternativas

O atendimento à vazão estabelecida no TTAC pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão especificado na lei, que é a vazão outorgável[25]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[26].

Em se tratando de mananciais superficiais, a Tabela 25 apresenta as áreas de drenagem necessárias para proporcionar disponibilidade hídrica compatível com a necessidade e garantir a vazão outorgável do corpo d'água para o cenário com e sem regularização.

[25] A vazão outorgável corresponde à 50% da $Q_{7,10}$ para o estado de Minas Gerais.

[26] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

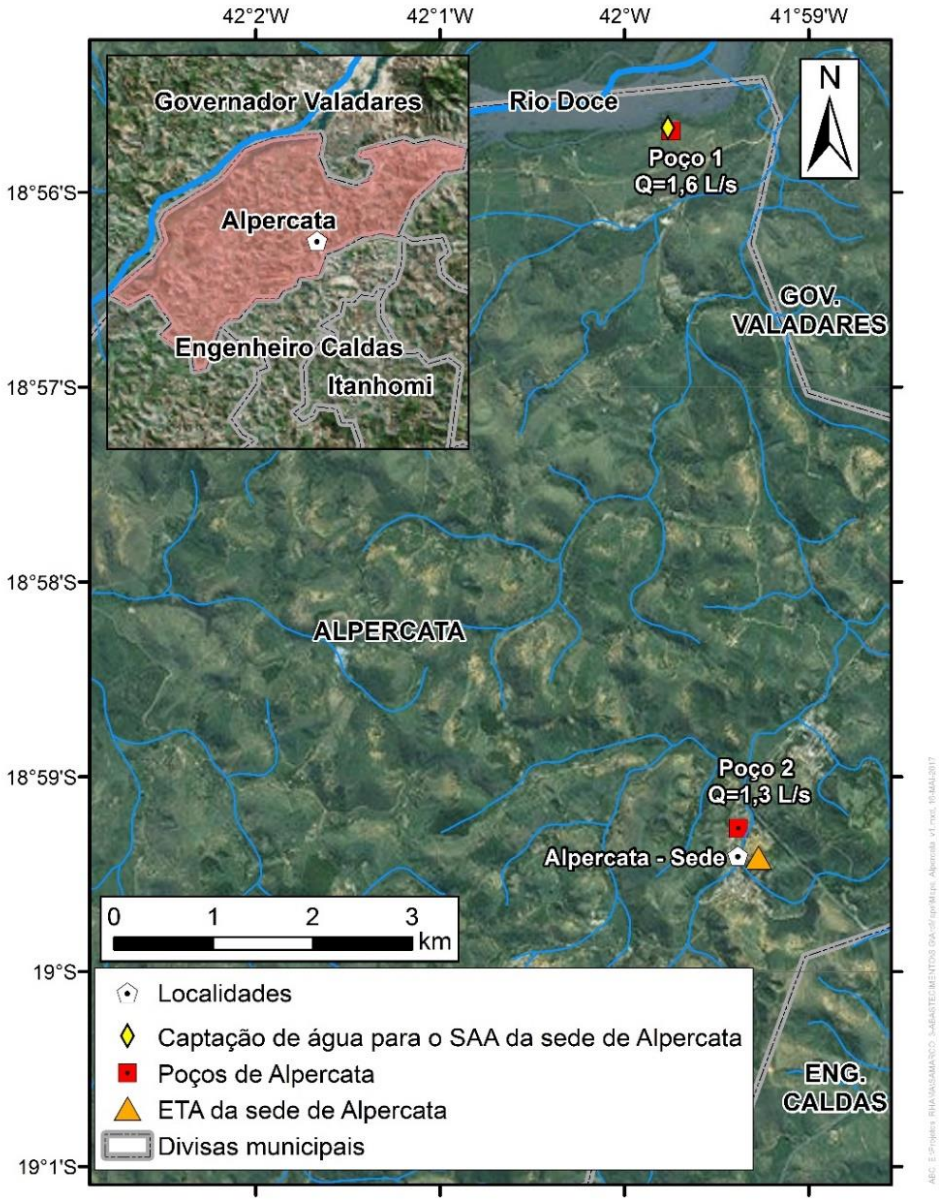


Figura 45. Caracterização do sistema de abastecimento de Alpercata. Poço 1 e 2 perfurados pela RENOVA.

Tabela 25. Combinação de cenários de disponibilidade hídrica superficial e a estimativa da área de drenagem necessária.

Cenários	Utilização dos poços existentes	Demanda (L/s)	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, com vazão outorgável	Não	7,12	6,42
	Sim	4,22	3,86
Sem regularização, mantendo 50% $Q_{7,10}$ para jusante	Não	7,12	4,09
	Sim	4,22	2,48
Com regularização mantendo 50% da $Q_{7,10}$ para jusante	Não	7,12	0,54
	Sim	4,22	0,31

Baseado nas áreas de drenagem apontadas na Tabela 25, avaliou-se os mananciais próximos à localidade. A Figura 46 fornece uma visão geral da hidrografia na região da sede do município de Alpercata. Os mananciais superficiais avaliados como potencial alternativa para o abastecimento da localidade são: córrego do Arroz, córrego do Esgoto Grande, córrego Preto e ribeirão Traíra. Abaixo é apresentada uma breve análise de cada uma das alternativas de mananciais citados. A Tabela 26 apresenta características dos mananciais que teriam capacidade para suprir a demanda de abastecimento na sede municipal de Alpercata.

A) **Córrego do Arroz**: distante aproximadamente 12,5 km da ETA municipal, desagua no rio Doce e possui área de drenagem de 18,03 km^2 no local sugerido para captação (apresentado na Figura 46), indicando que este manancial é capaz de atender a demanda mesmo sem a necessidade de obras de reservação. A vazão outorgável estimada é igual a 20,62 L/s, superando em quase três vezes a demanda total da localidade (7,12 L/s).

B) **Córrego do Esgoto Grande**: manancial próximo à divisa do município de Alpercata com Governador Valadares, possui os córregos do Martins e Independência como afluentes diretos. Possui área de drenagem de 38,96 km^2. A vazão outorgável estimada é de 45,59 L/s, superior à necessidade total demandada pela localidade em aproximadamente 6,4 vezes. O ponto de captação do manancial sugerido se localiza a aproximadamente 6,0 km da ETA municipal e a 1,2 km da estação elevatória junto à captação (distâncias lineares).

C) **Córrego Preto:** em extensão, é um dos menores mananciais analisados, com apenas 3,5 km. Possui como afluente direto os córregos Boa Vista e Preto de Baixo, e sua área de drenagem é de 41,93 km^2 no ponto de captação sugerido. Sua vazão outorgável estimada é de 49,17 L/s, o que corresponde a aproximadamente 6,9 vezes a demanda total local. O ponto de captação considerado, próximo à foz, é localizado a aproximadamente 8,2 km, tanto da ETA municipal, quanto da estação elevatório junto à captação (distâncias lineares).

D) **Ribeirão Traíra:** o ponto da captação sugerido se localiza a aproximadamente 5,6 km em linha reta da ETA de Alpercata. Sua bacia de contribuição possui 540,8 km² de área, sendo estimada uma vazão outorgável de 684,11 L/s, de forma a ser capaz de atender a demanda local com ampla folga.

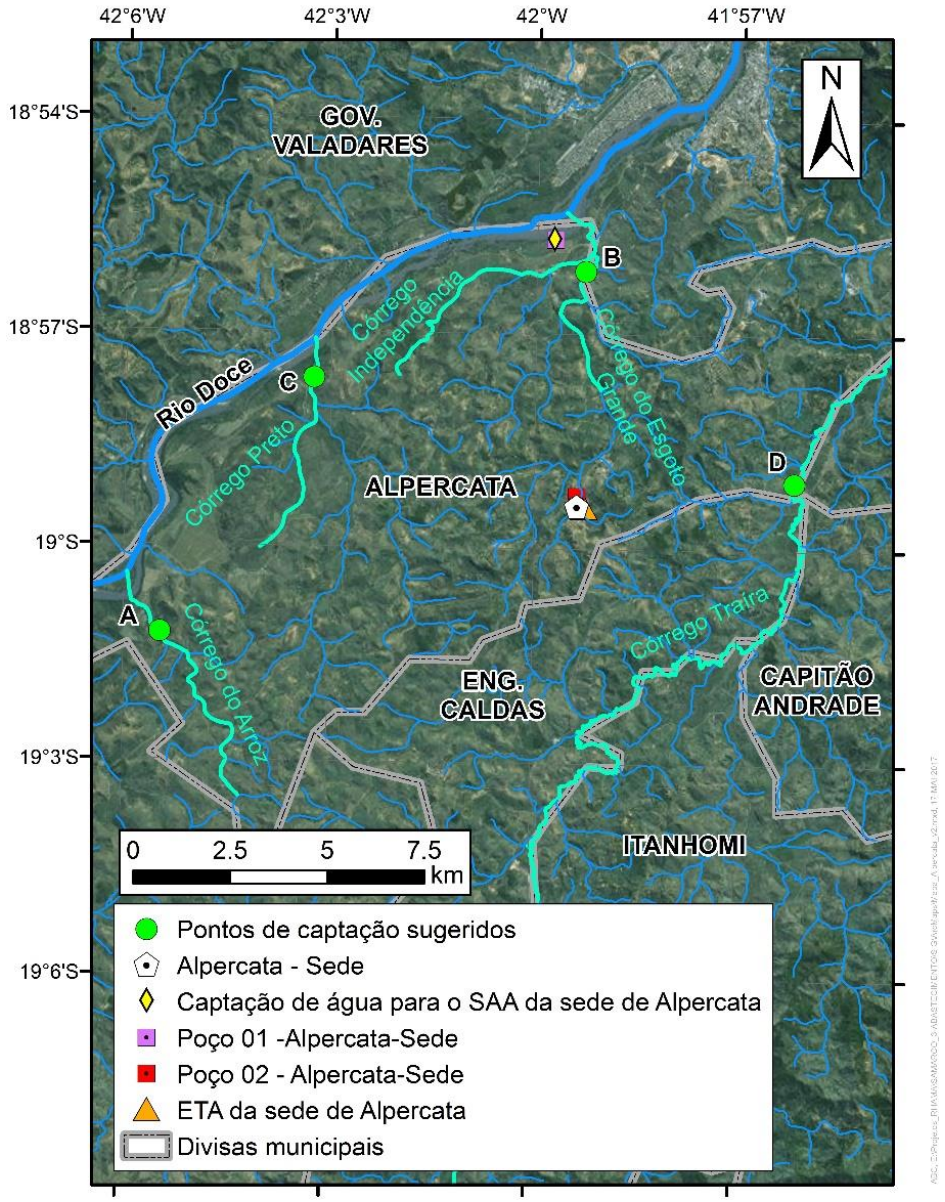


Figura 46. Hidrografia da região e possíveis mananciais para captação para abastecimento da sede de Alpercata.

Conforme indica a Tabela 26, as vazões estimadas para os córregos do Arroz, do Esgoto Grande, Preto e Traíra possuem capacidade de suprir a demanda da localidade. Desta forma, foram propostos traçados de adutoras que liguem os três pontos de captação sugeridos à ETA local ou a estação elevatória junto a captação no rio Doce. O percurso das adutoras é apresentado na Figura 47 e os comprimentos, na Tabela 27. Vale ressaltar que o comprimento indicado na Tabela 27 é apenas uma sugestão baseada em estudos de nível preliminar, podendo ser alterados significativamente durante a fase de projeto básico e executivo.

Tabela 26. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Alpercata sem usos dos poços.

Alternativa	Manancial	Área de drenagem (km²)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Córrego do Arroz	18,03	128,33	20,62	55
B	Córrego do Esgoto Grande	38,96	272,45	45,59	-7[3]
C	Córrego Preto	41,93	292,72	49,17	-11[3]
D	Ribeirão Traíra	540,8	3554,16	684,11	55

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*
3. *Considerado entre o local da elevatória junto a captação do rio.*

Tabela 27. Extensão das adutoras sugeridas.

Alternativa	Manancial	Comprimento da adutora (km)
A	Córrego do Arroz	16,1
B	Córrego do Esgoto Grande	1,4*
C	Córrego Preto	9,6*
D	Ribeirão Traíra	6,9

* *Traçado até elevatório junto a captação do rio Doce*

Manancial subterrâneo: a demanda estabelecida como meta para abastecer a sede do município de Alpercata é de 7,12 L/s (25,6 m³/h). Levando em conta as vazões médias em poços localizados nas proximidades do município de Alpercata ($Q_{média}$= 15 m³/h = 4,2 L/s), serão necessários ao menos dois poços tubulares para que seja suprida a demanda da localidade, a partir da vazão estipulada pela meta do TTAC.

Com base na estimativa regional com probabilidade de 80% de sucesso de conseguir a vazão desejada, serão necessários quatro poços tubulares para abastecer o município.

Considerando a precipitação pluviométrica na área, é possível observar que as taxas de explotação de água subterrânea dos poços propostos pelos dois métodos não irão superar a taxa de recarga. Considerando um círculo com raio de 1,5 km, a recarga no mesmo é de 47 L/s (169 m³/h), indicando a possibilidade de perfurar mais de um poço dentro deste círculo, observando o limite de 400 metros preconizado na legislação de Minas Gerais, sem afetar as reservas permanentes de água subterrânea.

Já existem dois poços perfurados pela Fundação RENOVA em Alpercata, que possuem vazões de 4,68 m³/h e 5,76 m³/h e ambos disponíveis para uso (RENOVA, 2017b). A COPASA tem outros nove poços perfurados na sede do município. As análises químicas das águas subterrâneas mostraram que a maior parte dos poços apresenta o teor de ferro total e manganês acima do máximo permitido pela Resolução CONAMA 396/2008 para consumo humano, o que não inviabiliza seu uso, mas é necessário processo de tratamento de água para de remoção destes materiais, como filtros zeólitos, por exemplo.

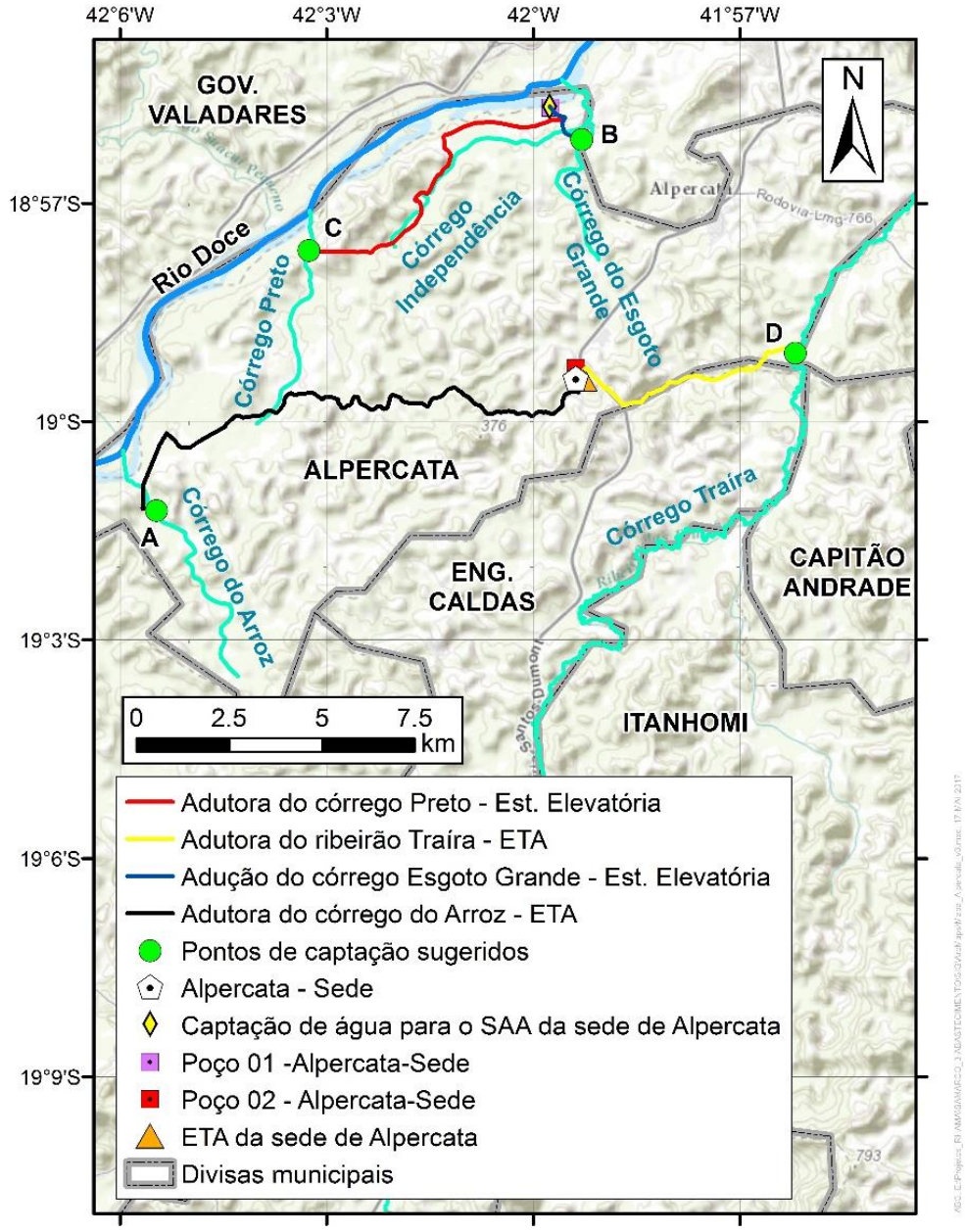


Figura 47. Traçado sugerido para as adutoras na sede de Alpercata.

Avaliação das alternativas selecionadas

Considerações básicas das alternativas: São apresentadas abaixo, as condições e características básicas utilizadas na concepção das alternativas:

- Todos os mananciais superficiais sugeridos possuem vazão outorgável maior que a vazão demandada pela localidade para abastecimento;

- Duas das alternativas sugerem a ligação do ponto de captação à estação elevatória existente em Alpercata (junto à antiga captação no rio Doce), visando reduzir as obras necessárias aproveitando o sistema de adução existente até a ETA e diminuir o custo de construção de novas adutoras.
- Na localidade há registro de nove poços da COPASA, além de dois poços perfurados pela Fundação RENOVA (totalizando uma vazão de 10,44 m³/h = 2,9 L/s) disponíveis para uso.

A Tabela 28 apresenta uma síntese das características dos mananciais avaliados.

Alternativa 1 - Manancial subterrâneo

Atendimento da demanda: na sede do município de Alpercata, há informação de que a COPASA possui nove poços perfurados. Além disso, existem mais dois poços perfurados pela Fundação RENOVA disponíveis para serem utilizados para abastecimento. Os nove poços perfurados estão regularizados e a capacidade de vazão destes poços somada atende à demanda do TTCA.

Requerimento: deste modo, para a alternativa de abastecimento utilizando águas subterrâneas, é considerada o uso dos poços perfurados pela Fundação RENOVA e a revitalização dos poços existentes de domínio da COPASA. Porém, as análises químicas de água da maior parte destes poços apresentam elevado teor de ferro e manganês. Considerando que a ETA existente não possui tecnologia adequada para remover esses metais da água, existe a necessidade de adequação da ETA local e, então, a localidade poderia ser abastecida por poços.

Uma alternativa de tecnologia a ser aplicada na ETA é a adoção de filtros zeólitos. É sugerida uma nova análise da qualidade das águas de todos os poços perfurados e que sejam selecionados aqueles que apresentem melhor qualidade de água, visando reduzir custos operacionais.

Estimativa de custos: desta forma, os únicos custos envolvidos para a entrada em operação desta alternativa são relativos às análises de qualidade das águas dos 11 poços (9 da COPASA e 2 da Fundação RENOVA) e (caso selecionados) assessoria no processo de pedido de outorga dos 2 poços perfurados pela Fundação RENOVA, sendo estimado um investimento de R$ 253.00,00. Ressalta-se que não estão inclusos no valor apresentado investimentos na ETA para adequação do tratamento.

Alternativa 2 – Córrego do Arroz

Atendimento da demanda: o manancial superficial córrego do Arroz possui vazão outorgável estimada em 20,62 L/s, superior à demanda determinada pelo TTAC em 7,12 L/s para a localidade. Na eventualidade de a disponibilidade sem regularização não atender à demanda por incertezas, é possível a construção de um pequeno reservatório para a regularização.

Adução: o ponto de captação sugerido para este manancial está situado em elevação inferior a cota da ETA existente em uma diferença de 55 m. Desta forma, adotando-se esta alternativa, haverá a necessidade de bombeamento. A distância em linha reta do ponto de captação até a ETA é de 12,5 km. Para a escolha do ponto de captação, bem como do traçado da adutora, foi considerada a passagem por estradas existentes e evitadas propriedades privadas. A adutora sugerida possui comprimento de 16,1 km e possui quatro travessias em corpos d'água.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente coberta por pastagem. Não há indícios de grandes propriedades com práticas agropecuárias intensivas ou de aglomerados populacionais, não sendo identificados grandes potenciais poluidores. Observa-se zonas de solo exposto indicando processos de erosão laminar, mas não é observada a existência de processos erosivos em estágios avançados, como ravinas e voçorocas. A vegetação ciliar é quase inexistente e existem alguns pequenos barramentos nos corpos d'água da bacia.

Requerimentos: Como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento de outorga, junto a SEMAD, para captação em curso d'água, travessias e para barramento com regularização em corpo superficial, bem como intervenção nas APPs do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução e travessias.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 12,0 km (distância entre a malha urbana e a captação). Deve ser verificada sua capacidade, e, se necessário, realizada a adequação da rede elétrica existente.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante, prolongamento da rede elétrica de 12,0 km, construção de adutora de 16,1 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo em R$ 2.450.000,00. Ao adicionar-se o custo estimado para construção do barramento, estima-se um investimento total de R$ 3.754.000,00. Destaca-se que o custo de construção de um barramento é altamente influenciado pelo seu porte, técnica construtiva, relevo e geologia local, de modo que na fase de projeto básico e executivo a estimativa de investimentos pode sofrer mudanças importantes.

Alternativa 3 – Córrego do Esgoto Grande

Atendimento da demanda: o manancial superficial córrego do Esgoto Grande possui vazão outorgável estimada em 45,59 L/s, superior à demanda determinada pelo TTAC (7,12 L/s) em mais de seis vezes e meia. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo, uma soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: o ponto de captação indicado para este manancial está situado próximo à captação existente no rio Doce. Para o uso deste manancial é sugerido a construção de adutora até o local da captação e uso da infraestrutura existente para a adução da água até a ETA localizada na sede municipal. A adutora sugerida entre a nova captação e a estação elevatória possui comprimento de 1,4 km e possui uma travessia em curso d'água.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente coberta por pastagem. Não há indícios de grandes propriedades com práticas agropecuárias intensivas. A sede municipal de Alpercata e o distrito de Era Nova se localizam a montante, eventualmente contribuindo para a degradação da qualidade da água do manancial. Destaca-se a existência de risco potencial de falhas no sistema de tratamento de esgoto destas localidades. Assim como na bacia do córrego do Arroz, vegetação ciliar é quase inexistente. Observam-se zonas de solo exposto indicando processos de erosão laminar, mas não é observada a existência de ravinas e voçorocas. Existem alguns pequenos barramentos nos corpos d'água da bacia.

Requerimentos: Como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento de outorga, junto a SEMAD, para captação em curso d'água, barramento sem regularização em corpo superficial e travessia em corpo d'água, bem como intervenção nas APPs do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução e travessias. Deve ser verificada a legislação municipal para a travessia de uma estrada rural local.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 1,2 km (distância entre a captação existente e a captação nova). Deve ser verificada sua capacidade, e, se necessário, realizada a adequação da rede elétrica existente.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento de 1,2 km da rede elétrica, construção de adutora de 1,4 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o investimento de R$ 386.000,00.

Alternativa 4 – Córrego Preto

Atendimento da demanda: o manancial superficial córrego Preto possui vazão outorgável de 49,17 L/s, muito semelhante daquela do córrego do Esgoto Grande e, portanto, conforme já avaliado, superior à demanda determinada pelo TTAC em aproximadamente sete vezes. Não será necessária a construção de reservatório. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo uma soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: o ponto de captação definido para este manancial está situado próximo ao rio Doce. Sendo considerada sua ligação direta com a ETA, seria necessário o uso de bombeamento para vencimento de diferença de 56 m de diferença de altitude e uma adutora de comprimento de 12,2 km com duas travessias em corpos hídricos. Considerando então a ligação do ponto de captação do manancial sugerido com a estação elevatória já existente junto à captação do rio Doce, seriam necessários 9,6 km de adutora seguindo o traçado sugerido que acompanha uma estrada rural local e a travessia em três corpos d'agua, todas utilizando as pontes já existentes. Para fins de estimativa de custos, será considerada a ligação com a elevatória atual a qual apresenta menor traçado de adutora.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente composta de pastagem. Não há indícios de grandes propriedades com práticas agropecuárias intensivas ou de aglomerados populacionais, não sendo identificados grandes potenciais poluidores. Observa-se a presença de mata ciliar nos trechos próximos à captação e alguns pequenos açudes. Assim como nos demais córregos da região, observam-se zonas de solo exposto e de processos de erosão laminar na bacia. Contudo, não é observada a existência ravinas e voçorocas.

Requerimentos: Como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento de outorga, junto a SEMAD, para captação em curso d'água, para barramento sem regularização em corpo superficial e três travessias em corpos d'água, bem como intervenção nas APPs do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução e para as três travessias.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica em cerca de 7,0 km (distância entre a malha urbana e a captação). Deve ser verificada sua capacidade, e, se necessário, realizada a adequação da rede elétrica existente.

*Estimativa de custos: c*onsiderando os aspectos apresentados, uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, o prolongamento da rede elétrica em 7,0 km, construção de adutora de 9,6 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo em R$ 1.535.000,00.

Alternativa 5 – Ribeirão Traíra

Atendimento da demanda: o manancial superficial ribeirão Traíra possui a maior vazão outorgável estimada entre as alternativas analisadas, de 684,11 L/s, superando com ampla folga a demanda local de 7,12 L/s. Não será necessária a construção de reservatório. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo uma soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: o ponto de captação definido para este manancial está situado a aproximadamente 5,6 km da ETA de Alpercata. Considerando sua ligação direta com a ETA, seria necessário o uso de bombeamento para vencimento da diferença de 55 m de cota e uma adutora de comprimento de 6,9 km. O traçado sugerido acompanha uma estrada rural local até a rodovia BR 458, acompanha esta rodovia até a entrada de Alpercata e possui um trecho de aproximadamente 0,6 km dentro da malha urbana. Destaca-se que o traçado sugerido passa por uma zona rural do município vizinho de Engenheiro Caldas. O traçado de adutora proposto possui três travessias em corpos hídricos, todas a serem suportadas por pontes existentes, e uma travessia enterrada em estrada de terra. Para a travessia da rodovia BR 458, é sugerido que esta seja feita ao longo do vão da ponte sobre um córrego sem nome próximo à sede de Alpercata.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é coberta majoritariamente por cultivos agrícolas de culturas de pequeno porte. Não há indícios de grandes propriedades com práticas agropecuárias intensivas ou de aglomerados populacionais próximos, não sendo identificados grandes potenciais poluidores nas proximidades. Propriedades rurais próximas podem ser possíveis fontes de contaminação.

Requerimentos: Como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento de outorga, junto à SEMAD, para captação em curso d'água, para barramento sem regularização em corpo superficial e três travessias em corpos d'água, bem como intervenção nas APPs do ribeirão para construção da infraestrutura de captação e adução e para as duas travessias. Deverá ser verificada a legislação municipal para construção sobre vias.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica em aproximadamente 0,3 km (distância entre rede elétrica rural e a captação). Deve ser verificada sua capacidade, e, se necessário, realizada a adequação da rede elétrica existente.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento de 0,3 km da rede elétrica, construção de adutora de 6,9 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se um investimento de R$ 909.000,00.

Considerações finais

Esta análise foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo.

Verificou-se que a alternativa 1, o uso do manancial subterrâneo através de alguns dos nove poços existentes da COPASA e da Fundação RENOVA, é a alternativa mais econômica para abastecimento da sede de Alpercata. Uma vez que já estão perfurados e toda a infraestrutura já está pronta, o custo envolve apenas os testes de potabilidade e, eventualmente, a assessoria no processo de licenciamento caso seja optado pelo uso dos poços da Fundação RENOVA. Portanto, esta alternativa se mostra como a mais indicada. Porém, deve-se ater aos dados de qualidade das águas dos poços, pois em análises anteriores foram encontrados ferro e manganês em alta concentração, o que implica em investimentos na ETA local para adequação da tecnologia para remoção desses elementos. É sugerida a seleção dos poços que apresentem melhor qualidade de água para redução de custos operacionais com o tratamento.

Caso se mostre inviável o uso de manancial subterrâneo, sugere-se o uso do manancial ribeirão Traíra. Destaca-se que o investimento estimado para a construção de infraestrutura de uso deste manancial é maior que aquele referente ao córrego do Esgoto Grande. Contudo, devido à existência de aglomerados populacionais na bacia de contribuição do córrego do Esgoto Grande, mesmo que as análises de qualidade de água mostrem qualidade adequada, existe o risco de que uma falha do sistema de tratamento de efluentes destas localidades venha a causar problemas e interrupção na captação deste manancial.

Caso estas alternativas venham a se mostrar inviáveis, sugere-se avaliar as demais alternativas na seguinte ordem: alternativa 4, 2 e 3.

Tabela 28. Tabela resumo das características das alternativas – Alpercata - sede.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Manancial subterrâneo	-	-	-	Existente	Existente	-	253	1
2	Córrego do Arroz	16,1	Quatro travessias em cursos d´água	Boa	Completa com reservação	12 km em zona rural até a malha urbana	1 out. captação 1 out. barramento 5 interv. em APP 4 trav. curso d'água	3.754	4
3	Córrego do Esgoto Grande	1,4	Uma travessia em cursos d´água e uma travessia em estrada rural	Em geral boa, mas apresenta 2 aglomerados populacionais	Completa sem reservação	1,2 km em zona rural, distância entre captação antiga e a nova	1 out. captação 1 out. barramento 4 interv. em APP 3 trav. curso d'água	386	5
4	Córrego Preto	9,6	Três travessias em cursos d´água	Boa	Completa sem reservação	7 km em zona rural até a malha urbana	1 out. captação 1 out. barramento 4 interv. em APP 3 trav. curso d'água	R$ 1.535	3
5	Ribeirão Traíra	6,9	Três travessias em corpo d'água por ponte existente, uma enterrada (estrada de terra) e uma em viaduto	Bom	Completa sem reservação	0,3 km em até propriedade rede elétrica rural	1 out. captação 1 out. barramento 4 interv. em APP 3 trav. curso d'água	909	2

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

7.2.3 Baixo Guandu – Mascarenhas

Caracterização

Localização: localizado na região centro-oeste do estado do Espírito Santo, quase na divisa com o estado de Minas Gerais, o município de Baixo Guandu teve o abastecimento de água do seu distrito de Mascarenhas e da sua sede municipal afetados pelo evento ocorrido na barragem de Fundão. Este item trata do distrito de Mascarenhas que fica a leste da sede municipal e a população é estimada em 990 habitantes (ESSE, 2015).

Sistema de abastecimento de água: o SAA desta localidade é operado pelo SAAE – Baixo Guandu. Situada ao sul do rio Doce, em situações normais, a localidade capta água do rio Doce no reservatório formado pela barragem da UHE Mascarenhas. Sua ETA possui capacidade de 6 L/s, e está localizada junto à captação. Segundo ESSE (2015), o sistema atende a 100% da demanda. Uma visão geral do sistema de abastecimento da localidade sede do município pode ser observado na Figura 48.

Abastecimento emergencial: como medida emergencial, o abastecimento estava sendo realizado através de caminhões pipa com água tratada, oriundos da ETA da sede municipal. Segundo estudos realizados pelas empresas NewFields e Samarco (NewFields, 2016 e Samarco, 2016), foi perfurado um poço que apresentou elevadas concentrações de ferro, manganês e flúor. Os referidos documentos relatam que apesar de ser proposta a instalação de sistema de tratamento compatível com a qualidade da água do manancial, o uso do poço para abastecimento não foi aceito pelo município sob a justificativa de que as técnicas propostas para tratamento da água e remoção do flúor pudessem gerar elevados custos operacionais.

Atendimento à demanda estabelecida: a demanda meta estabelecida no TTAC para a localidade é de 30% da demanda local, o que corresponde a uma vazão de 1,8 L/s.

Alternativas

O atendimento da demanda definida pelo TTAC pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão especificado na lei, que é a vazão outorgável[27]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[28]. A Tabela 29 apresenta as áreas de drenagem mínimas necessárias para suprir a demanda de 1,8 L/s.

[27] A vazão outorgável corresponde à 50% da Q_{90} para o estado do Espírito Santo.

[28] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

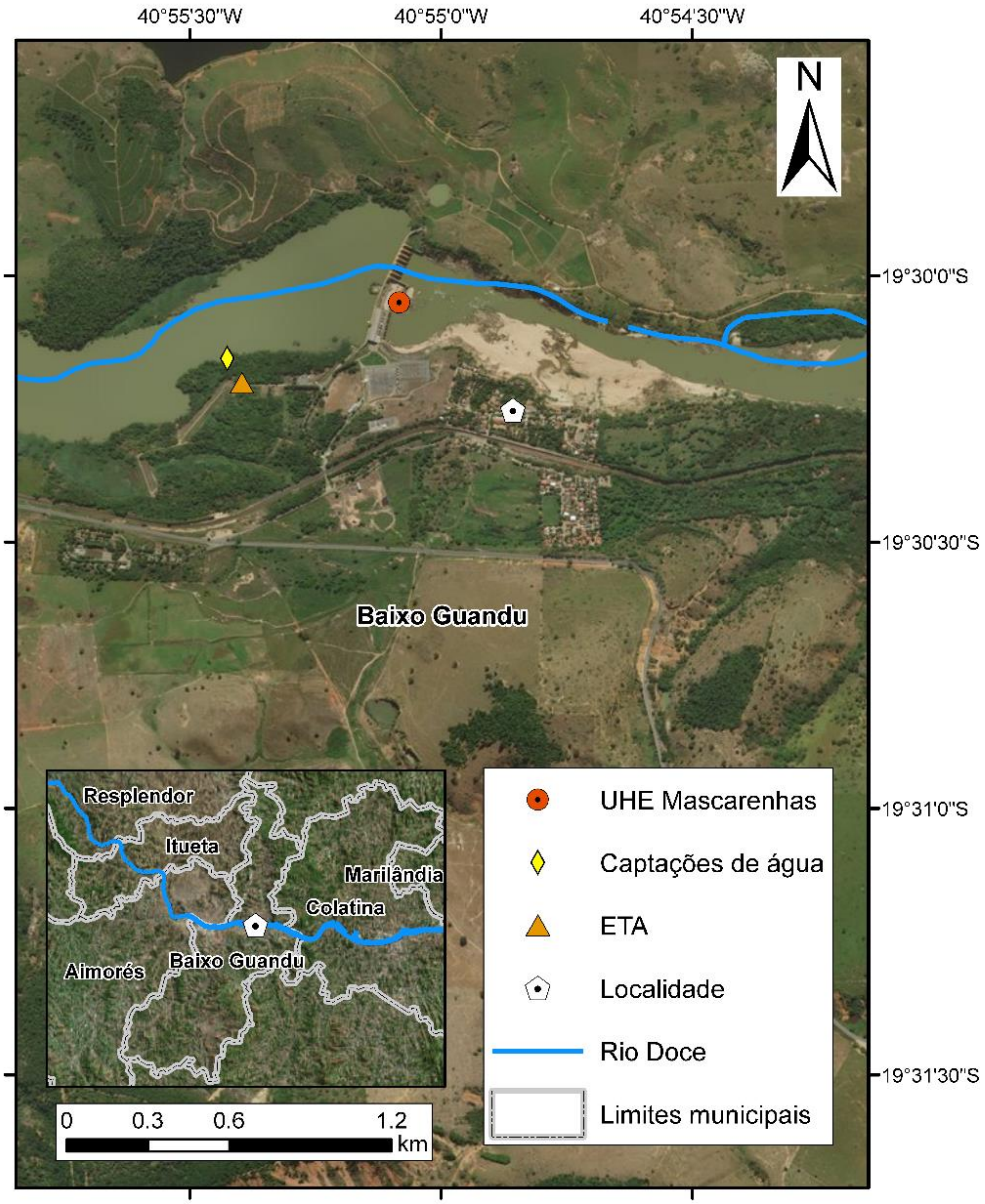


Figura 48. Caracterização do sistema de abastecimento de Mascarenhas.

Tabela 29. Áreas de drenagem necessárias para o abastecimento de Baixo Guandu - Mascarenhas.

Cenário	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, vazão outorgável	1,06
Sem regularização, mantendo 50% da Q_{90}	0,42
Com regularização, mantendo 50% da Q_{90}	0,25

Com base na estimativa de área mínima para suprir a demanda, foram identificados mananciais que possuam área de drenagem suficiente para atender os critérios apresentados na Tabela 30. A Figura 49 apresenta uma visão geral da hidrografia da localidade, destacando os mananciais mais próximos. Os mananciais selecionados para análise foram: córrego do Boi, rio Mutum Preto, córrego Queixadão, córrego Água Limpa e córrego Olofote. A Tabela 30 apresenta características dos mananciais avaliados. A seguir, é apresentada uma análise de cada uma das alternativas consideradas:

A) **Córrego do Boi**: é um dos mananciais mais próximo da ETA de Mascarenhas, porém o de menor área de drenagem entre todos os analisados (9,22 km^2). Com vazão outorgável de 17 L/s, correspondente a aproximadamente 9,4 vezes a demanda, não sendo necessária a construção de barramento para acumulação. É afluente da margem esquerda do rio Doce (margem oposta a localidade). Sua adutora deverá cruzar o rio Doce, de forma que se analisa que esta alternativa só será viável com a utilização do barramento da UHE Mascarenhas para suportar a travessia.

B) **Rio Mutum Preto:** manancial de maior área de drenagem, com 211,82 km^2, sua vazão outorgável estimada é de 420,15 L/s, o que supre com larga folga a demanda da localidade. É um dos mananciais mais distantes da ETA (cerca de 4 km em linha reta). Considerando a vazão relativamente elevada, não é necessária a construção de barragem para reservação. Também é localizado na margem esquerda do rio Doce, de forma que se analisa que esta alternativa só será viável com a utilização do barramento da UHE Mascarenhas para suportar a travessia.

C) **Córrego Queixadão:** distante aproximadamente 4,8 km da ETA local, possui área de drenagem de 26,79 km^2 e vazão outorgável estimada de 50 L/s. Assim como as alternativas anteriores, não é necessária a construção de reservatório de acumulação.

D) **Córrego Água Limpa:** com área de drenagem de 56,37 km^2, possui vazão outorgável de 107,63 L/s, o que supera com ampla folga a demanda da localidade. Distante aproximadamente 3,7 km da ETA. Assim como as demais alternativas, não é necessária a construção de barragem de acumulação.

E) **Córrego Olofote:** Possui área de drenagem de 4,92 km² e seu curso cruza a localidade. Localizado a aproximadamente 1,9 km da ETA é o manancial mais próximo, dentre os analisados. A vazão outorgável estimada é de 8,76 L/s e com reservação é de 32,72 L/s.

Tabela 30. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade de suprir a demanda para abastecimento de Mascarenhas, município de Baixo Guandu.

Alternativa	Manancial	Área de drenagem (km²)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Córrego do Boi	9,22	60,26	16,71	-33
B	Rio Mutum Preto	211,82	1.264,18	420,15	-36
C	Córrego Queixadão	26,79	169,90	50,07	-29
D	Córrego Água Limpa	56,37	349,90	107,63	-5
E	Córrego Olofote	4,92	32,72	8,76	-8

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*

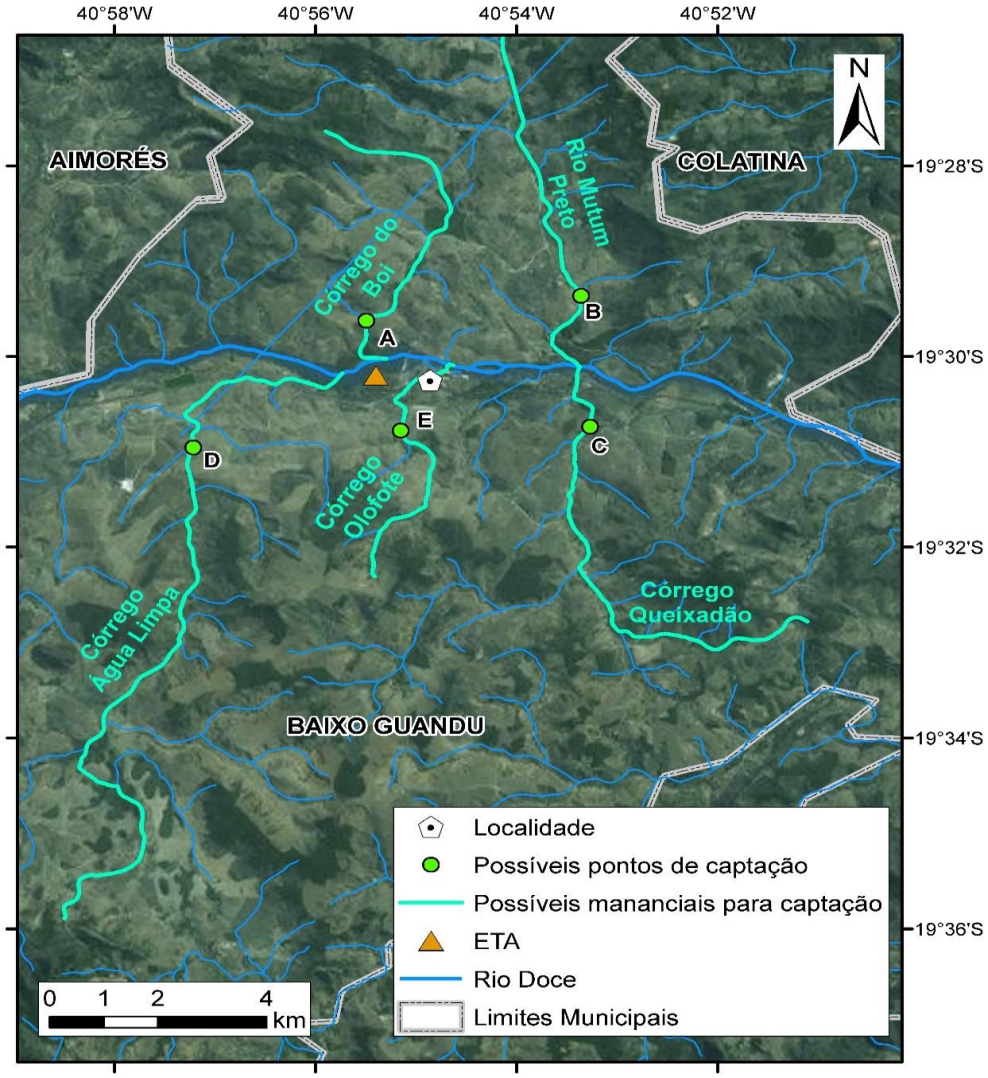


Figura 49. Possíveis mananciais para captação para abastecimento de Mascarenhas, em Baixo Guandu.

Considerando que todas as alternativas elencadas apresentam vazões superiores à demanda local, foi utilizado o critério de proximidade à ETA e de os mananciais estarem na mesma margem (não ser necessário a travessia do rio Doce) para seleção dos mananciais a serem analisados de maneira detalhada. Foram selecionados os mananciais córrego Queixadão (alternativa C), córrego Água Limpa (alternativa D) e córrego Olofote (alternativa E). Para fins de comparação, para as alternativas selecionadas foram elaborados traçados de adutora, apresentados na Figura 50. A extensão das adutoras é apresentada na Tabela 31.

Tabela 31. Extensão das adutoras sugeridas.

Alternativa	Manancial	Comprimento da adutora (km)
C	Córrego Queixadão	4,8
D	Córrego Água Limpa	6,3
E	Córrego Olofote	1,8

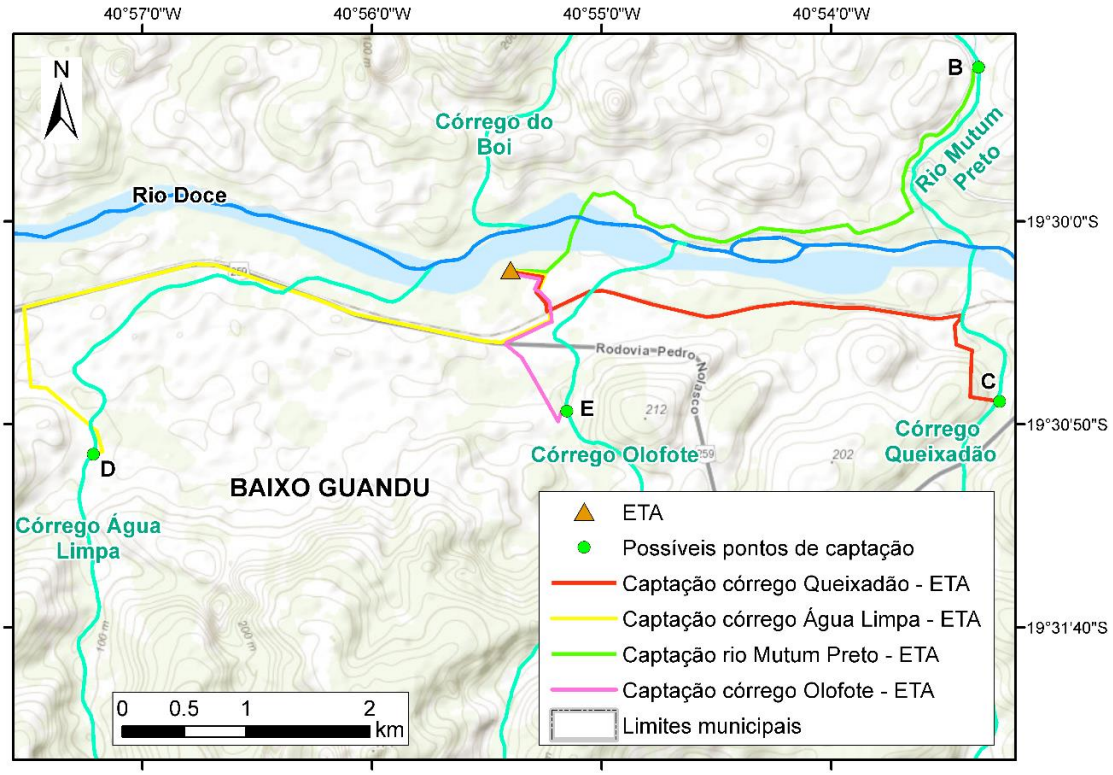


Figura 50. Traçado sugerido para as adutoras dos córregos Água Limpa, Queixadão, Olofote e rio Mutum Preto.

Manancial subterrâneo: para o distrito de Mascarenhas, a demanda estabelecida como meta é de 1,8 L/s (6,5 m³/h). Quando se analisam as vazões médias em poços localizados nas proximidades de Mascarenhas ($Q_{média}$ = 8,2 m³/h = 2,28 L/s), conclui-se que o número de poços necessários para suprir a demanda de abastecimento do local é de 1 poço.

Com base na estimativa regional com probabilidade de 80% de sucesso de conseguir a vazão estabelecida pela meta (6,5 m³/h), são necessários 2 poços tubulares para abastecer o distrito de Mascarenhas.

Considerando a precipitação pluviométrica média total anual na região (964,57 mm/ano), é possível observar que as taxas de explotação de água subterrânea dos poços propostos pelos dois métodos não irão superar a taxa de recarga. Considerando um círculo com raio de 1,5 km, a recarga no mesmo é de 47L/s (169 m³/s), indicando a possibilidade de perfurar mais de um poço dentro deste círculo, sem afetar as reservas permanentes de água subterrânea. Desta forma, as águas subterrâneas podem abastecer o distrito de Mascarenhas. Deve-se atentar que em poço perfurado na localidade foi encontrado presença de metais.

Avaliação das alternativas

Alternativa 1 – Perfuração de poços

Atendimento da demanda: considerando o pior cenário das estimativas apresentadas anteriormente, são necessários 2 poços para atendimento da demanda local.

Adução: Considerando as feições do relevo da região e informações de poços próximos a localidade se sugere uma área ao sul da malha urbana da localidade, entre a linha férrea e a rodovia BR 259, para investigação e perfuração dos poços. Neste caso espera-se a necessidade de uma adutora de 1,3 km até a ETA local.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento de outorga para captação em águas subterrâneas, junto à Agência Estadual de Recursos Hídricos do estado do Espírito Santo (AGERH).

Espera-se uma extensão da rede elétrica de aproximadamente 0,3 km (distância entre a malha urbana e o local de implantação do poço). Deve ser verificada sua capacidade, e, se necessário, realizada a adequação da rede elétrica existente.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados. Caso seja verificada a necessidade de tratamento específico para remoção de metais, e considerando a negativa anterior da comunidade em aceitar o abastecimento por um manancial com estas características, aconselha-se a realização de campanhas de conscientização da eficiência do tratamento na promoção da potabilidade da água subterrânea e vantagens do uso desta alternativa para convencer a comunidade local.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, a perfuração do poço bem como a instalação das bombas necessárias, prolongamento da rede elétrica em 0,3 km, construção da adutora de 1,3 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento e testes de qualidade de água, estima-se o custo desta alternativa em R$ 384.000,00.

Alternativa 2 – Córrego Queixadão

Atendimento da demanda: o manancial superficial córrego Queixadão possui vazão outorgável da ordem de vinte e sete vezes superior ao necessário para atendimento da demanda determinada pelo TTAC. Não é necessária a construção de reservatório. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo, uma soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: O ponto de captação sugerido para este manancial está situado em elevação superior a cota da ETA existente, com uma diferença de 29 m. Desta forma, foi considerada a adução por gravidade. Haverá a necessidade de bombeamento com pequena altura manométrica apenas para retirada da vazão do corpo hídrico. O trecho inicial de adução percorre cerca de 1 km em zona rural; posteriormente segue acompanhando a Rodovia Gumercindo Moura Nunes até próximo à ETA. O comprimento total da adutora é de 4,8 km.

Potencial impacto do uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente composta de pastagem. Não há indícios de grandes propriedades com práticas agropecuárias intensivas ou de aglomerados populacionais, não sendo identificados grandes potenciais poluidores. Observam-se indícios de processos erosivos laminares e alguns do tipo lineares (ravinas e voçorocas), mais intensos na região de cabeceira. A vegetação ciliar é praticamente inexistente.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à AGERH, de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, uma travessia em corpo d'água, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução e da travessia do córrego Olofote.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 3,0 km (distância entre malha urbana e a captação).

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, o prolongamento de 3,0 km da rede elétrica, construção de adutora de 4,8 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo de implantação desta alternativa em R$ 572.000,00.

Alternativa 3 – Córrego Água Limpa

Atendimento da demanda: o manancial superficial córrego Água Limpa possui vazão outorgável estimada, sem considerar regularização, da ordem de sessenta vezes superior ao necessário para atendimento da demanda. Não é necessária a construção de reservatório. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo, uma soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: o ponto de captação sugerido para este manancial está situado em cota próxima à da ETA existente, com uma diferença de 5 m. Levando em consideração imprecisões dos dados de topografia utilizados (MDE do SRTM), para fins de estimativa de custos será assumido o cenário que corresponde ao maior investimento, que é a adução feita por bombeamento. Observam-se traçados lineares do talvegue do corpo d'água, os quais aparentam ser canais de irrigação construídos no próprio talvegue e também derivando águas do córrego Água Limpa, sendo escolhido ponto de captação a montante desta área. O trecho inicial de adução percorre cerca de 1,8 km nas margens de estrada de terra em zona rural, posteriormente passando pela Rodovia BR-259 (50 m), e seguindo na margem da rodovia até próximo da ETA (4,5 km), totalizando o comprimento de 6,3 km.

Potencial impacto do uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente composta de pastagem. Não há indícios de grandes propriedades com práticas agropecuárias intensivas ou de aglomerados populacionais, não sendo identificados grandes potenciais poluidores. Existem alguns processos erosivos lineares no alto trecho do córrego. A vegetação ciliar é praticamente inexistente, se resumindo a alguns poucos trechos do médio curso.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação haverá necessidade de requerimento de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, junto à AGERH, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica em aproximadamente 3,0 km (distância entre a malha urbana e a captação).

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento de 3,0 km da rede elétrica, construção de adutora de 6,3 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo de implementação desta alternativa em R$ 632.000,00.

Alternativa 4 – Córrego Olofote

Atendimento da demanda: o manancial superficial córrego Olofote possui vazão outorgável estimada, sem considerar regularização, de 8,76 L/s, suficiente para atendimento da demanda. Não é necessária a construção de reservatório. É prevista a construção de uma estrutura de pequeno porte para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo, uma soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: o ponto de captação sugerido para este manancial está situado em cota próxima à da ETA existente, logo a montante do cruzamento do córrego com a linha férrea, para fins de estimativa de custos será assumido o cenário que corresponde ao maior investimento, que é a adução feita por bombeamento. É sugerida a travessia da linha férrea por baixo da ponte/galeria existente sobre o córrego. O traçado sugerido segue o curso d'água até a travessia da linha férrea, acompanhando a faixa de servidão da ferrovia até as estradas rurais que levam à ETA, comprimento total de 1,4 km.

Potencial impacto do uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente composta de pastagem. Não há indícios de grandes propriedades com práticas agropecuárias intensivas ou de aglomerados populacionais, não sendo identificados grandes potenciais poluidores. Existem alguns processos erosivos lineares no alto trecho do córrego. Existe quase nenhuma vegetação ciliar, sendo esta basicamente resumida ao local sugerido para captação. Existem dois pequenos açudes a montante.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, junto à AGERH, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,2 km (distância entre a malha urbana e a captação).

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento de em 0,2 km da rede elétrica, construção de adutora de 1,4 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo de implementação desta alternativa em R$ 255.000,00.

A Tabela 32 apresenta uma síntese das características dos mananciais avaliados.

Tabela 32. Tabela resumo das características das alternativas - Baixo Guandu - Mascarenhas.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Perfuração de 2 poços	1,3	-	-	Completa para poço tubular	0,3 km até a malha urbana	1 out. poço	384	2
2	Córrego Queixadão	4,8	Travessia de curso d'água	Regular	Completa sem reservação	3,0 km até a malha urbana	1 out. captação 1 out. barramento 1 trav. curso d'água 2 interv. em APP	572	3
3	Córrego Água Limpa	6,3	Travessia BR-259 e da linha férrea	Regular	Completa sem reservação	3,0 km até a malha urbana	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP	632	4
4	Córrego Olofote	1,4	Travessia BR-259 e da linha férrea	Regular	Completa sem reservação	0,2 km até a malha urbana	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP	255	1

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

Considerações finais

Esta análise foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo.

Dentre as alternativas analisadas, a alternativa 4, córrego Olofote, se mostra como a mais atrativa. Requer obras de menor porte que os demais mananciais superficiais e sua implementação tende a ser mais rápida.

Como segunda alternativa mais atrativa, tem-se o uso de poços profundos, alternativa 1. Entretanto, devido a dificuldades políticas encontradas no passado para a aceitação do abastecimento da localidade com águas de origem subterrânea, sugere-se que a Fundação RENOVA implante uma campanha de conscientização rápida e eficiente para que a população passe a aceitar esse manancial. Esta etapa de conscientização deve ser preliminar ao início da perfuração de novos poços, minimizando o risco de gastos desnecessários.

A alternativa 2, captação superficial no Córrego Queixadão, é a terceira mais atrativa, sendo ligeiramente menos custosa que o uso do córrego Água Limpa, mas com maiores chances de a adução ser feita por gravidade, o que reduziria custos operacionais. Caso nenhuma das alternativas anteriormente recomendadas seja viável, deve-se estudar a alternativa 3.

Os resultados obtidos devem ser revistos com dados locais para dirimir as incertezas associadas às estimativas. Caso seja verificado em campo que os mananciais apontados não são adequados, deve-se investigar as outras alternativas expostas na Tabela 30 e o uso conjunto de mais de um manancial.

7.2.4 Baixo Guandu – Sede

Caracterização

Localização: situado na região centro-oeste do estado do Espírito Santo, o município de Baixo Guandu teve o abastecimento de água de duas de suas localidades afetadas, dentre elas sua sede situada no extremo oeste do município, na divisa com o município de Aimorés no estado de Minas Gerais. A Figura 51 apresenta a localização da sede de Baixo Guandu, assim como os componentes do sistema de abastecimento da localidade.

Sistema de abastecimento de água: o sistema é operado pelo SAAE – Baixo Guandu e, antes do evento, a captação de água para abastecimento da localidade era feita no rio Doce e conduzida através de adutora por cerca de 0,3 km até a ETA local. Conforme estudo da ESSE (2015), a ETA possui vazão de trabalho de 100 L/s, podendo trabalhar com até 140 L/s sem comprometimento de qualidade da água tratada.

A população da localidade é de cerca de 30.000 habitantes e, segundo dados do IBGE de 2010, aproximadamente 80% da população da sede é atendida. Uma visão geral do sistema pode ser observada na Figura 51.

Abastecimento emergencial: como medida emergencial, o abastecimento passou a ser realizado através de captação no rio Guandu, utilizando a estrutura de uma antiga barragem de geração de energia elétrica localizada junto a malha urbana do município. Uma adutora com cerca de 1,0 km foi

construída para levar a água da captação até a ETA da sede municipal. A água captada do manancial provisório requer rigoroso controle, pois foi constatado que, há lançamento de esgoto doméstico no rio Guandu a montante do ponto de captação.

Atendimento à demanda estabelecida: o Termo de Transação de Ajustamento de Conduta - TTAC - prevê o atendimento à uma vazão de 42,0 L/s.

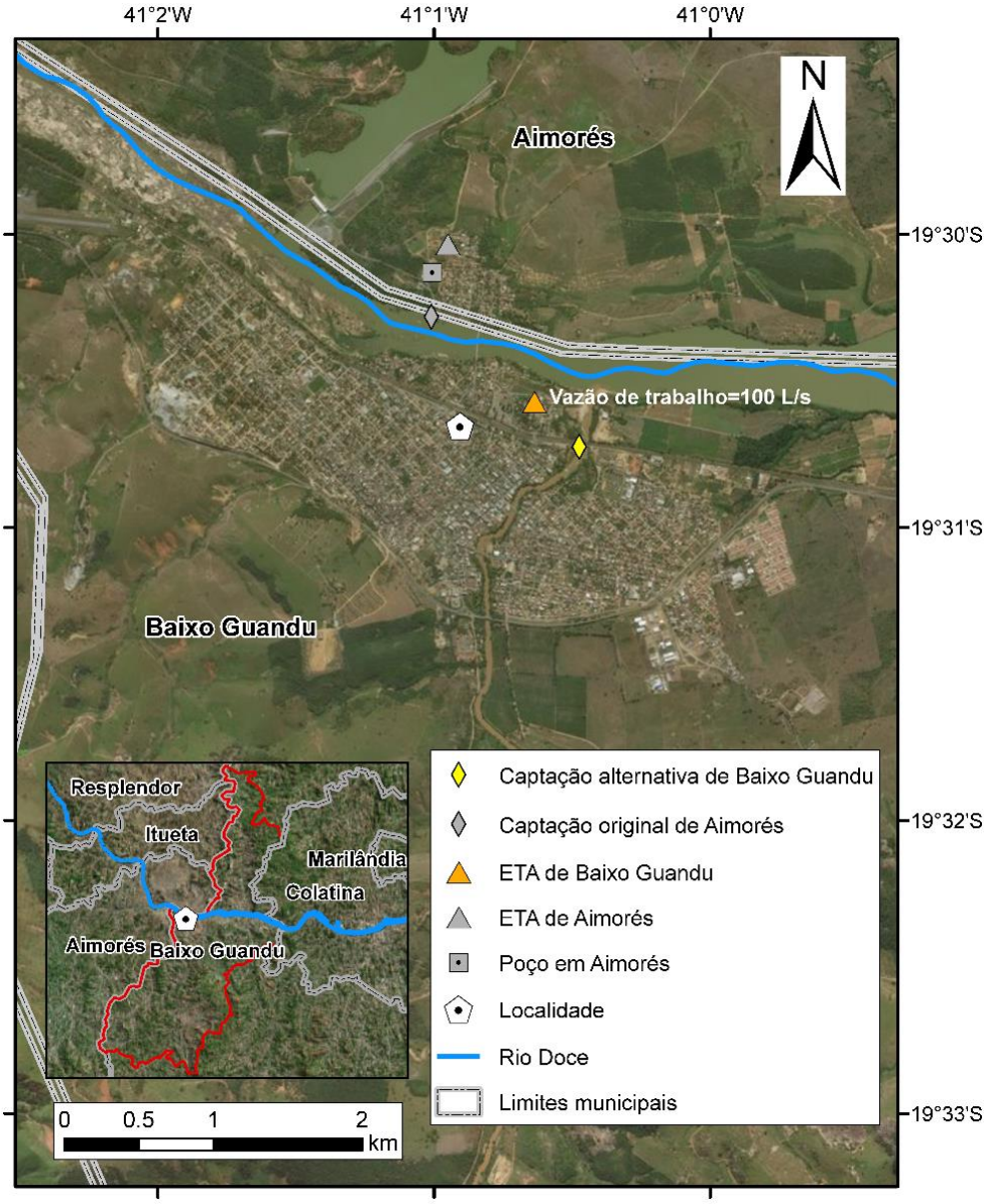


Figura 51. Caracterização do sistema de abastecimento da sede municipal.

Alternativas

O atendimento à vazão estabelecida no TTAC pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão especificado na lei, que é a vazão outorgável[29]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[30]. A Tabela 33 apresenta as áreas de drenagem necessárias para suprir a demanda de 42,0 L/s.

Realizado o cálculo das áreas de drenagem necessárias para suprir a demanda de abastecimento da localidade, iniciou-se a busca por mananciais que supram os critérios apresentados na Tabela 33. Os possíveis mananciais para análise são o rio Guandu e o córrego Água Limpa, como mostrado na Figura 52. Abaixo são analisados em mais detalhes os cursos d'água acima citados.

Tabela 33. Áreas de drenagem necessárias para o abastecimento de Baixo Guandu - Sede.

Cenário	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, vazão outorgável	22,58
Sem regularização, mantendo 50% da Q_{90}	8,9
Com regularização, mantendo 50% da Q_{90}	6,4

A Tabela 34 apresenta, de forma mais completa, as características dos mananciais que possuem capacidade de suprir a demanda para abastecimento da sede municipal.

A) **Rio Guandu:** possui área de drenagem de 2.130,70 km² no ponto considerado, e a vazão outorgável sem regularização para o manancial é de 4516,82 L/s, o que supre com folga a demanda da localidade. Seu curso passa junto à malha urbana de Baixo Guandu e à aproximadamente 0,4 km da ETA (distância linear). Deve-se destacar que ao longo do trecho junto à malha urbana são identificados lançamentos de efluentes, além da presença de elevada concentração de sedimentos que eventualmente pode causar problemas operacionais devido a assoreamento na captação.

B) **Córrego Água Limpa:** possui área de drenagem de 60,46 km² e vazão outorgável sem regularização de 115,67 L/s, suprindo, assim, a demanda para abastecimento da sede. Contudo, encontra-se mais distante da ETA local do que o ponto de captação do rio Guandu (aproximadamente 6 km em distância linear).

Tabela 34. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento da sede municipal de Baixo Guandu.

Alternativa	Manancial	Área de drenagem (km²)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Rio Guandu	2130,7	13306,48	4516,82	22
B	Córrego Água Limpa	60,46	416,96	115,67	29

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*

[29] A vazão outorgável corresponde à 50% da Q_{90} para o estado do Espírito Santo.

[30] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

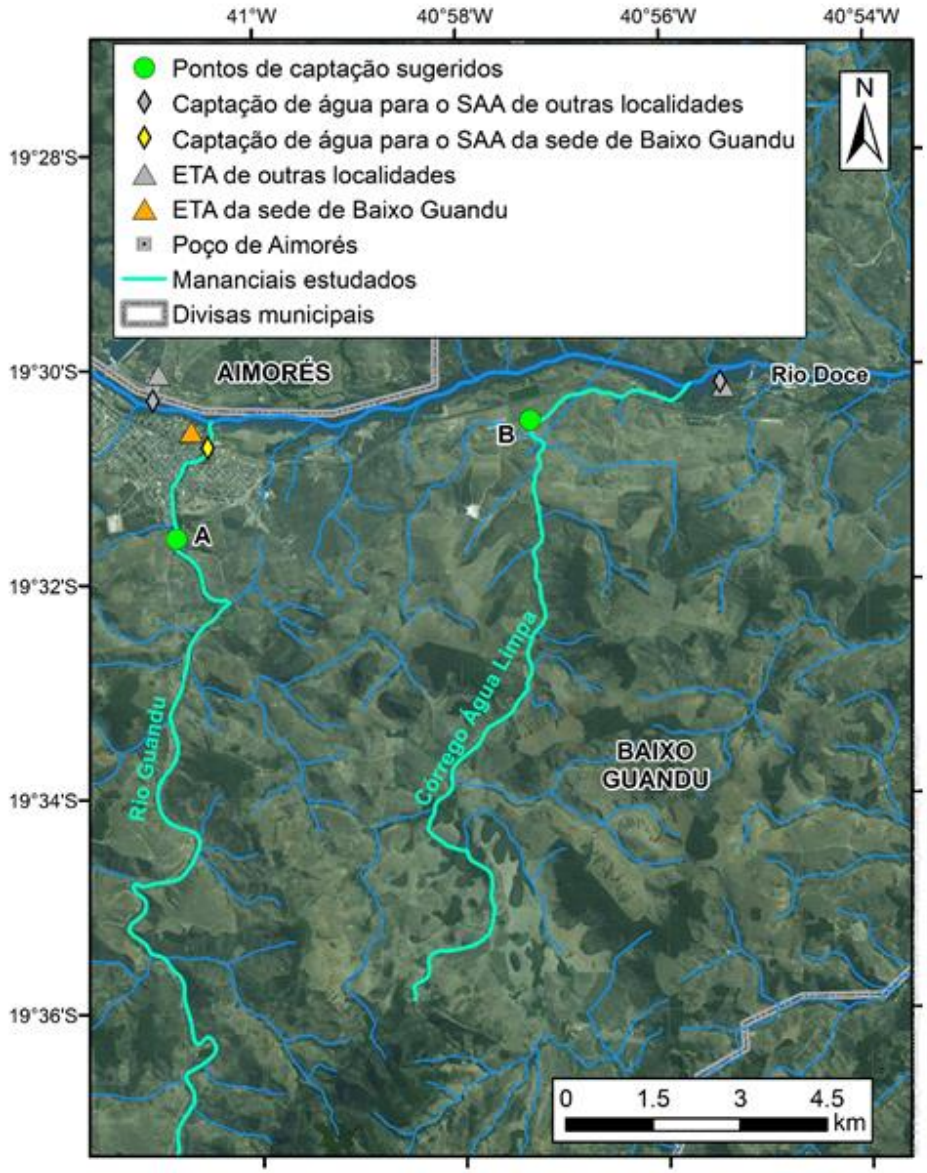


Figura 52. Possíveis mananciais para captação visando suprir o abastecimento da sede de Baixo Guandu.

Considerando que ambas alternativas apresentam vazões de outorga compatíveis com o atendimento da demanda, para fins de comparação foram elaborados traçados de adutora, apresentados na Figura 53. A extensão das adutoras é apresentada na Tabela 35.

Tabela 35. Extensão das adutoras sugeridas.

Alternativa	Manancial	Comprimento da adutora (km)
A	Rio Guandu	2,2
B	Córrego Água Limpa	6,8

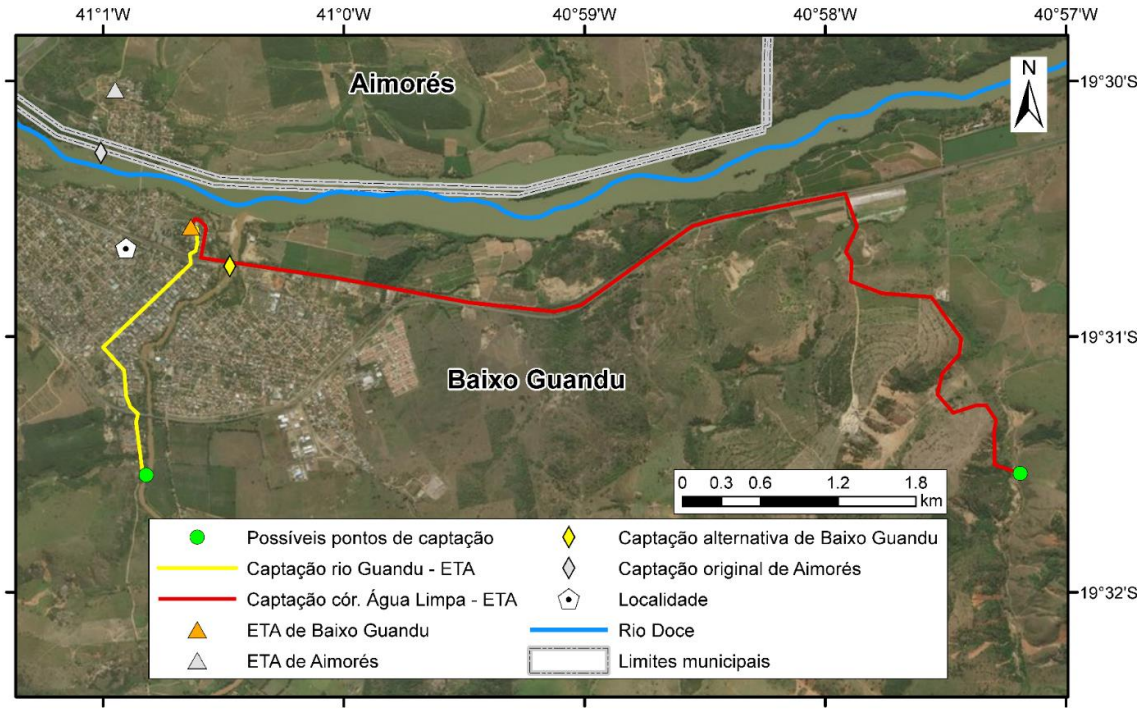


Figura 53. Traçado sugerido para a adutora do rio Guandu.

Manancial subterrâneo: para a sede do município, a demanda estabelecida como meta é de 42 L/s (151,2 m³/h). O número necessário de poços para atender à meta considerando as vazões médias em poços localizados nas proximidades da sede ($Q_{média}$ = 8,2m³/h = 2,28 L/s) é de ao menos 19 poços tubulares para que seja suprida a demanda da localidade.

Com base na estimativa regional, considerando uma probabilidade de 80% de sucesso de conseguir a vazão estabelecida pela meta, são necessários mais de 15 poços tubulares para abastecer a sede do município.

Considerando a precipitação média total anual na região (964,57 mm/ano), é possível observar que as taxas de explotação de água subterrânea dos poços propostos pelos dois métodos não irão superar a taxa de recarga. Considerando um círculo com raio de 1,5 km, a recarga no mesmo é de 47 L/s (169 m³/h), indicando a possibilidade de perfurar mais de um poço dentro deste círculo, sem afetar as reservas permanentes de água subterrânea. É necessário um estudo de maior detalhe devido ao fato de que a quantidade de poços é significativa.

Avaliação das alternativas

Considerações básicas das alternativas: para as alternativas destacadas anteriormente foi realizada uma estimativa preliminar de custos e intervenções necessárias para sua construção para fins de comparação. É apresentada a avaliação descritiva das alternativas de uso do rio Guandu e córrego Água Limpa e um quadro comparativo quanto a comprimento de adutora, intervenções previstas, pontos críticos, infraestrutura e atividades requeridas.

Na análise das alternativas, foi considerado que o uso de poços para atendimento da demanda não é viável devido ao grande número de poços exigidos. Este tipo de manancial poderia ser usado para complementação em áreas com pequena demanda e distante da sede.

Alternativa 1 – Rio Guandu

Atendimento da demanda: o manancial superficial rio Guandu possui disponibilidade sem considerar regularização em mais de cem vezes a demanda, de forma que não será necessária a construção de reservatório. O rio possui vazão relativamente grande e acredita-se que apresente profundidade adequada para instalação de um sistema de bombas flutuantes, sendo prevista a construção de espigões e proteção das margens com enrocamento junto ao local de instalação das bombas.

Adução: o ponto de captação definido para este manancial está situado em cota inferior à da ETA existente em uma diferença de 29 m, desta forma, haverá a necessidade de bombeamento. A distância em linha reta do ponto de captação até a ETA é de apenas 1,9 km. Para a escolha do ponto de captação, bem como do traçado da adutora, foi considerada a passagem por estradas existentes e foram evitadas propriedades privadas. A adutora sugerida possui comprimento de 2,2 km, está quase em sua totalidade dentro da malha urbana e possui como ponto crítico a passagem pela Rodovia BR-259, a qual sugere-se que seja feita pelo vão da ponte sobre o rio Guandu e a travessia da linha férrea, sendo sugerido travessia aérea utilizando o viaduto da Av. Dez de Abril.

Potencial Impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é bem extensa. No seu baixo curso, mais próximo da localidade, a cobertura da bacia é majoritariamente composta de pastagem e cultivo agrícola de pequeno porte. A aproximadamente 19 km do ponto de captação, está a cidade de Ibituba, locada nas margens no rio Guandu e a 42 km está a cidade Laranja da Terra. Apesar das distâncias relativamente elevadas, podem representar um potencial risco de contaminação manancial. A vegetação ciliar é quase inexistente.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação haverá necessidade de requerimento, junto à AGERH, de outorga para captação em curso d'água em corpo superficial e para obras corpos d'água, bem como intervenção nas APPs do rio para construção da infraestrutura de captação e adução.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,4 km (distância entre a rodovia e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e espigões de enrocamento, prolongamento da rede elétrica em aproximadamente 0,4 km, construção de adutora 2,2 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo em R$ 1.998.000,00.

Alternativa 2 - Córrego Água Limpa

Atendimento da demanda: o manancial superficial Córrego Água Limpa possui vazão outorgável sem regularização estimada em 98,21 L/s, aproximadamente 2,3 vezes a demanda local. Não será necessária a construção de reservatório. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo, uma soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: o ponto de captação definido para este manancial está situado em cota inferior à da ETA existente em uma diferença de 7 m. Desta forma, haverá a necessidade de bombeamento. O traçado sugerido para a adutora possui comprimento de 6,8 km e cinco travessias em corpos d'água (é sugerida travessia aérea suportada pelas pontes/ galerias existentes) e deve cruzar a Rodovia BR-259 e a linha férrea, sendo sugerido que a travessia seja feita pelo vão de uma das pontes/galerias existentes.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente composta de pastagem. Não há indícios de grandes propriedades com práticas agropecuárias intensivas ou de aglomerados populacionais, não sendo identificados grandes potenciais poluidores. Existem alguns processos erosivos lineares no alto trecho do córrego. A vegetação ciliar é praticamente inexistente, se resumindo a alguns poucos trechos do médio curso.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à AGERH, de outorga para captação em curso d'água, para barramento com regularização em corpo superficial, travessias em cinco corpos d'água, bem como intervenção na APP do rio para construção da infraestrutura de captação e adução e para as travessias. Devem ser verificadas as normas específicas para a travessias da rodovia e da linha férrea.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,8 km (distância entre a propriedade rural e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, o prolongamento da rede elétrica em aproximadamente 0,8 km, construção de adutora de 6,8 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo em R$ 5.668.000,00.

A Tabela 36 apresenta uma síntese das características dos mananciais avaliados.

Considerações finais

Esta análise foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo.

Dentre as alternativas analisadas, a alternativa 1, uso do rio Guandu, se mostra como a alternativa potencialmente mais vantajosa e apresenta o menor custo de implantação dentre as alternativas analisadas. Ressalta-se que o manancial já vem sendo utilizado. Contudo, sugere-se aqui uma mudança no ponto de captação para montante da malha urbana da localidade, minimizando assim riscos de contaminação das águas que possam ser causados por lançamento de efluentes ao longo do trecho urbano do rio.

Caso esta alternativa venha a se tornar inviável, sugere-se o uso da alternativa 2.

Os resultados obtidos devem ser revistos com dados locais para dirimir as incertezas associadas às estimativas. Caso seja verificado em campo que os mananciais apontados não são adequados, deve-se investigar as outras alternativas expostas na Tabela 34 e outros arranjos de uso conjunto de mananciais.

Tabela 36. Tabela resumo das características das alternativas Baixo Guandu - sede.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Rio Guandu	2,2	Travessia Rodovia BR-259 e linha férrea	Regular. Presença de cidades a montante da captação	Completa sem reservação	0,4 km próximo a malha urbana	1 out. captação 1 out. barramento 2 interv. em APP 1 trav. de rodovia 1 trav. linha férrea	1.908	1
2	Córrego Água Limpa	6,8	Travessia Rodovia BR-259 e um outro corpo hídrico	Regular	Completa com reservação	0,8 km em localidade rural	1 out. captação 1 out. barramento 5 out. travessia 6 interv. em APP	5.413	2

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

7.2.5 Barra Longa – Barreto

Caracterização

Localização: o município de Barra Longa está situado no estado de Minas Gerais, na parte sudoeste da bacia do rio Doce. O evento da barragem do Fundão, em Mariana (MG), cidade que faz divisa com Barra Longa, causou danos ao município e este foi contemplado pelo TTAC para estudo e construção de sistema de abastecimento de água nos distritos de Barreto e Gesteira. O presente item trata do caso do distrito de Barreto, a qual é uma localidade rural com propriedades dispersas e fica próximo ao rio Gualaxo do Norte (também afetado pelo evento).

Sistema de abastecimento de água: esta localidade não possui um sistema de abastecimento central e não capta água diretamente do rio Doce, nem dos outros rios afetados pelo evento. Normalmente, o abastecimento da localidade é feito através de captações superficiais de nascentes situadas no distrito de Claudio Manuel, em Mariana, sem a realização de qualquer tipo de tratamento e a água é aduzida até a localidade por gravidade. A localidade não possui uma estação de tratamento de água e tampouco um sistema de distribuição, sendo os moradores responsáveis pelo abastecimento.

Abastecimento emergencial: como medida emergencial reparatória, o distrito estava sendo abastecido através de caminhões pipa com água tratada oriunda da ETA da sede municipal de Barra Longa.

Atendimento à demanda estabelecida: o Termo de Transação de Ajustamento de Conduta-TTAC prevê que a meta de abastecimento seja 1,2 L/s, equivalente à 30% da demanda total da localidade.

Alternativas

O atendimento à vazão estabelecida no TTAC pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão especificado na lei, que é a vazão outorgável[31]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[32]. O conjunto de valores determinados são apresentados na Tabela 37. A alternativa sem regularização e mantendo 50% da $Q_{7,10}$ tem área maior porque a Q_{95} é menor que a $Q_{7,10}$ neste caso.

[31] A vazão outorgável corresponde à 50% da $Q_{7,10}$ para o estado de Minas Gerais.

[32] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

Tabela 37. Áreas de drenagem requeridas para o abastecimento de Barreto.

Cenário	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, vazão outorgável	0,39
Sem regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	0,63
Com regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	0,085

Uma vez que estas áreas foram determinadas, identificaram-se mananciais que possuem bacias que atendam aos critérios para os cenários estabelecidos. A Figura 54 fornece uma visão geral da hidrografia na região próxima do distrito de Barreto. Ressalta-se que não foi encontrada a delimitação dos limites do distrito, somente um ponto de localização como mostra a Figura 54. Considerando a proximidade com a localidade, foram selecionados para análise dois mananciais: córrego Barreto e um córrego sem nome, identificados na Figura 54. A seguir, é apresentada uma análise de cada uma das possibilidades. A Tabela 38 apresenta as características dos mananciais que teriam capacidade para suprir a demanda de abastecimento na localidade.

A) **Córrego Barreto:** este manancial atravessa a localidade de Barreto. O ponto de captação sugerido visou à minimização do desnível a ser vencido pelo sistema de bombeamento e, consequentemente, custos operacionais, resultando em uma bacia com área de 3,55 km². Esta área de drenagem seria suficiente para suprir a demanda da localidade sem a necessidade de reservação. A vazão outorgável sem regularização de vazão deste manancial no ponto de captação sugerido é igual à 11,37 L/s, nove vezes e meia maior que a demanda local.

B) **Córrego sem nome**: este manancial é um afluente do rio Gualaxo do Norte e encontra-se a leste de Barreto. Este córrego possui uma bacia com área de 0,87 km². A vazão outorgável sem regularização estimada é de 2,74 L/s, enquanto a vazão com regularização estimada equivale a 10,87 L/s. Considerando o cenário sem reservação, a disponibilidade hídrica estimada é de 2,3 vezes a demanda, e considerando reservação, é 9,1 vezes.

Tabela 38. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade de suprir a demanda para abastecimento de Barreto.

Alternativa	Manancial	Área de drenagem (km²)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Córrego Barreto	3,55	40,74	11,37	48
B	Córrego sem nome	0,87	10,87	2,74	75

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*

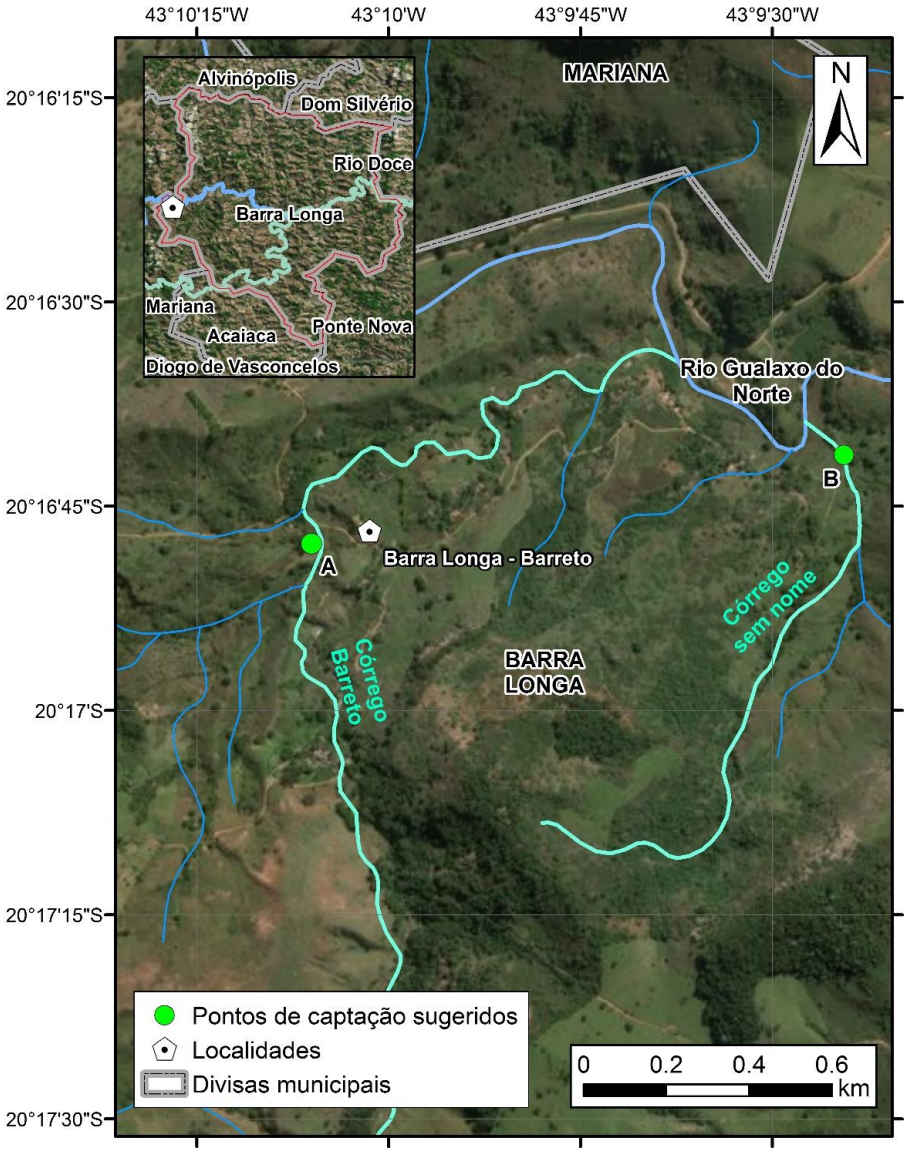


Figura 54. Hidrografia da região e possíveis mananciais para abastecimento da localidade.

Como mencionado anteriormente, esta localidade não possui uma estação de tratamento de água e sistema de distribuição. Portanto, faz-se necessário a construção de uma ETA que atenda esta localidade e a elaboração de um sistema de distribuição apropriado. A ETA deve ser alocada preferencialmente em uma região mais elevada que as habitações existentes e as áreas com ocupação prevista, para que a água possa ser aduzida à localidade por gravidade. No entanto, visto que a localidade não possui um aglomerado urbano, a escolha do local ideal para a ETA torna-se mais complexa. Tomando como base o MDE elaborado pelo SRTM e buscando facilidade de acesso à ETA, minimizando gastos de infraestrutura secundária, foi sugerido um local para instalação da ETA na cota 514 m próximo a uma estrada local. A Figura 55 mostra a localização sugerida para a ETA assim como o traçado sugerido para as adutoras que ligam a ETA ao córrego Barreto e ao córrego sem nome. A Tabela 39 apresenta a extensão das adutoras sugeridas.

Tabela 39. Características das adutoras sugeridas para o abastecimento de Barreto, em Barra Longa.

Alternativas	Manancial	Comprimento da adutora (km)
A	Córrego Barreto	0,3
B	Córrego sem nome	1,2

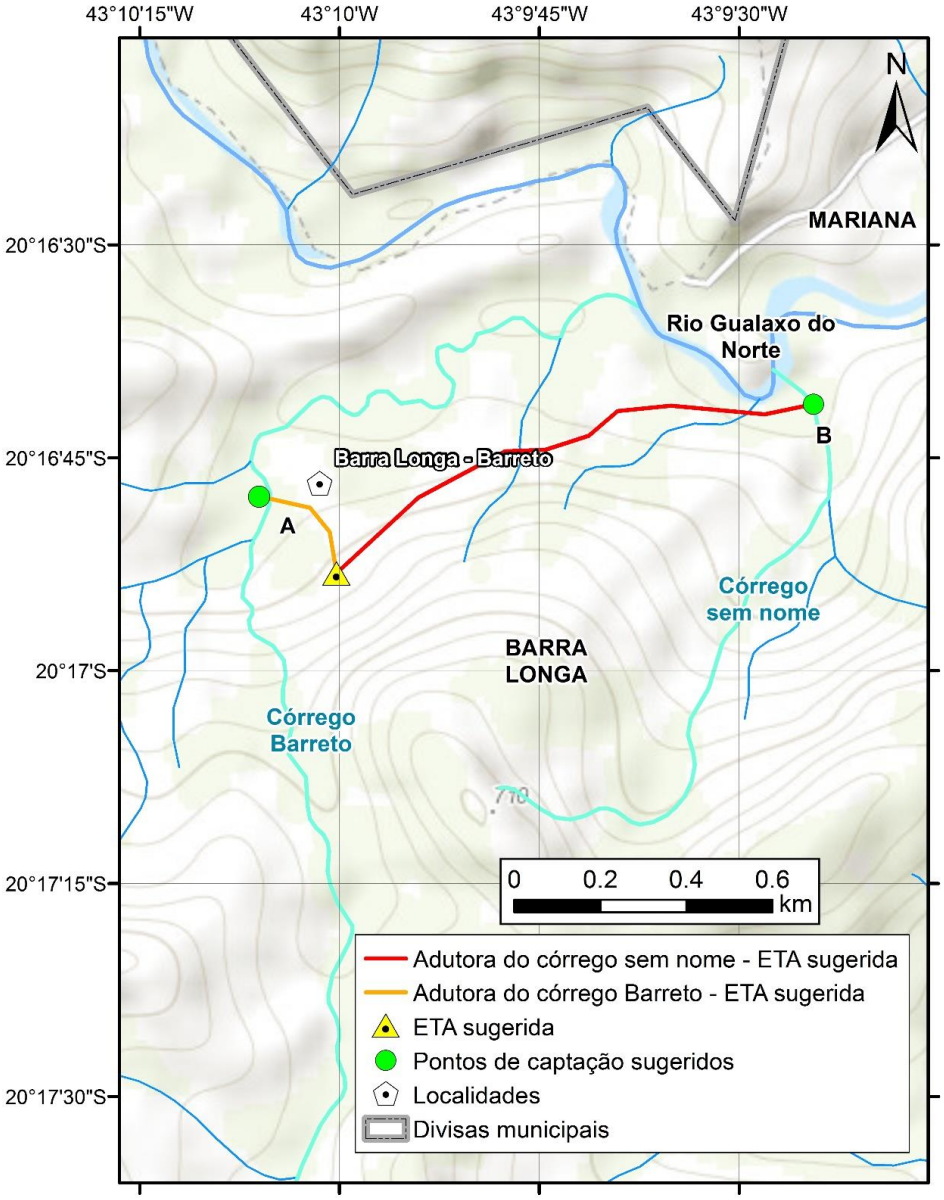


Figura 55. Localização da ETA sugerida e das adutoras até os córregos Barreto e sem nome.

Manancial subterrâneo: a demanda para o abastecimento de água de Barreto, estabelecida como meta pelo TTAC, é 1,2 L/s (4,3 m³/h). O número necessário de poços para atender à meta, considerando as vazões médias em poços localizados nas proximidades da Sede ($Q_{média}$ = 8,7m³/h = 2,42 L/s), é um poço tubular. Com base na estimativa regional com probabilidade de 80% de sucesso de conseguir a vazão estabelecida pela meta (4,3 m³/h), é necessário um poço tubular para abastecer o distrito de Barreto.

Considerando a precipitação na área da bacia, é possível observar que as taxas de explotação de água subterrânea dos poços propostos pelos dois métodos não irão superar a taxa de recarga. Considerando um círculo com raio de 1,5 km, a recarga no mesmo é de 47L/s (169 m³/h), mostrando que as águas subterrâneas podem abastecer o distrito de Barreto sem afetar as reservas permanentes.

A COPASA tem poços tubulares perfurados em Barra Longa, que apresentam vazões que podem atender à demanda prevista pela meta. Alguns dos poços analisados (SIAGAS) apresentaram análises físico-químicas das águas dentro dos padrões para o uso para consumo humano estabelecido pela Resolução CONAMA no 396/2008. Contudo, estes poços não necessariamente estão disponíveis para o abastecimento da localidade, e não serão considerados como alternativa.

Avaliação das alternativas

Considerações básicas das alternativas: são apresentadas nesta parte do relatório as alternativas para atender à demanda, combinando ou não os mananciais identificados. Inicialmente são apresentadas as condições que permitiram definir as alternativas:

- Destaca-se que não existe infraestrutura de tratamento, reservação e de distribuição na localidade, e que os investimentos estimados não contemplam estes itens, somente os sistemas de captação e adução.
- Ressalta-se que significativa parte do custo é associada ao comprimento da adutora, de modo que alterações significativas nas estimativas de custo são esperadas no caso de não se utilizar a sugestão de localização da ETA.
- Três alternativas foram estudadas: uso de manancial subterrâneo, uso do córrego Barreto e uso do córrego sem nome.

Alternativa 1 – Manancial subterrâneo

Atendimento da demanda: ambas as metodologias de estimativa de número de poços necessários para atendimento da meta apontam para a necessidade de um poço. Destaca-se que poços existentes na região apresentam boa qualidade de água, com ferro e manganês (típicos nas águas subterrâneas da região) dentro dos padrões de potabilidade (Portaria MS Nº 2914/2011). Adicionalmente, espera-se que a alternativa de tratamento a ser implementada seja mais simples e menos onerosa que para tratamento de água de mananciais superficiais, sendo aconselhado tratamento por filtração direta com desinfecção.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação haverá necessidade de requerimento de uma outorga para captação em águas subterrâneas, junto a SEMAD. Além disso, testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, a perfuração do poço, bem como a instalação das bombas necessárias, assessoria nos procedimentos de licenciamento e testes de qualidade de água, estima-se o custo em R$ 150.000,00.

Alternativa 2 – Córrego Barreto

Atendimento da demanda: este manancial cruza o distrito de Barreto e a maioria das propriedades da região estão inseridas em sua bacia hidrográfica. É o manancial superficial mais próximo do local sugerido para a ETA. O ponto de captação sugerido foi escolhido com base na proximidade e no desnível a ser vencido, além de estar a montante de propriedades, minimizando assim as chances de uma eventual contaminação por lançamentos domésticos. Sem o uso de reservatório, estima-se que é possível captar até 11,37 L/s, valor 9,5 vezes maior que a demanda. Não será necessária a construção de barragem de reservação, mas é necessária construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo uma soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: será necessária uma adutora de aproximadamente 0,3 km e sistema de bombeamento para vencer um desnível de 11 metros. O único ponto de atenção de acordo com o traçado sugerido é uma travessia com uma estrada de terra, a qual sugere-se ser feita como travessia enterrada.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: sua bacia hidrográfica é basicamente composta por pastagens, mas não se vê indícios de atividades pecuaristas intensivas ou de grandes propriedades no local. Possui vegetação ao longo das escarpas de morro ao sul da localidade. Há mata ciliar na maioria das regiões de cabeceira, mas não na área próxima a captação sugerida. Não são notados processos erosivos de grande porte.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, junto a SEMAD, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução. Para a construção da travessia enterrada na estrada rural, deverá ser verificada a legislação municipal para obras em vias públicas.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,1 km (distância entre a propriedade rural e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando-se os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento de 0,1 km da rede elétrica, construção de adutora de 0,3 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo de implantação desta alternativa em R$ 185.000,00.

Alternativa 3 – Córrego sem nome

Atendimento da demanda: mais distante da localidade que o córrego Barreto, este córrego sem nome localiza-se em bacia hidrográfica adjacente. O ponto de captação sugerido fica próximo a sua foz no rio Gualaxo do Norte. Possui vazão outorgável estimada em 2,74 L/s, aproximadamente 2,3 vezes maior que a demanda local. Por se tratar de uma bacia de drenagem muito pequena, com cerca de 0,87 km², as incertezas do método de regionalização de vazões, bem como a possibilidade da existência de captações a montante, podem representar significativa diferença entre a disponibilidade hídrica estimada e observada. Visando proporcionar maior segurança a exploração deste manancial, será considerada a construção de uma barragem. Neste caso, a vazão de captação estimada é de 10,87 L/s, aproximadamente nove vezes superior à demanda.

Adução: será necessária uma adutora de aproximadamente 1,2 km e sistema de bombeamento para vencer um desnível de aproximadamente 13 metros, mas deve-se destacar que o relevo local é acidentado e que a tubulação sofrerá cargas maiores, devendo ser dimensionada para tal. São previstas travessias em 2 córregos e uma estrada de terra.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: sua bacia hidrográfica apresenta uma mescla de vegetação de pequeno porte e pastagens. A vegetação aparenta ser remanescente de vegetação nativa. Há mata ciliar em quase todo o traçado da drenagem, mas a faixa é de pequena espessura. Não são notados processos erosivos de grande porte.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, junto à SEMAD, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução. Além disso, necessita-se de duas outorgas de travessia em corpo hídrico e de intervenção em APP. Para a construção da travessia enterrada na estrada rural, deverá ser verificada a legislação municipal para obras em vias públicas.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,2 km (distância entre a propriedade rural e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando-se os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante, prolongamento da rede elétrica em 0,2 km, construção de adutora de 1,2 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes qualidade de água, estima-se o custo desta alternativa em R$ 243.000,00. Ao adicionar-se o barramento, estima-se um investimento total de R$ 942.000,00.

A Tabela 40 apresenta uma síntese das características dos mananciais avaliados.

Tabela 40. Tabela resumo das características das alternativas – Barra Longa - Barreto.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Poço profundo	-	-	-	Completa	-	1 out. poço	150	1
2	Córrego Barreto	0,3	1 enterrada (estrada de terra)	Boa	Completa sem reservação	0,1 km em localidade rural	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP	205	2
3	Córrego sem nome	1,2	2 travessias em corpo d'água	Boa	Completa sem reservação	0,2 km em localidade rural	1 out. captação 1 out. barramento 3 interv. em APP 2 trav. curso d'água	950	3

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

Considerações finais

O caso de Barreto possui a peculiar característica de não possuir sistema de tratamento, reservação e distribuição, além das propriedades locais estarem relativamente distantes umas das outras, dificultando a construção de rede de distribuição. A construção da solução para abastecimento da localidade requer investimentos nestes itens destacados, os quais não foram contemplados na presente estimativa de custos (foi considerado somente sistema de captação e adução).

A análise foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo.

A alternativa 1, perfuração de um poço na localidade, se mostra como a alternativa potencialmente mais interessante. Além de ser a alternativa mais barata, espera-se que o investimento associado à construção da ETA seja menor devido à possibilidade de emprego de técnicas de tratamento mais simples que o caso de tratamento de águas de manancial superficial.

Como segunda alternativa potencialmente mais interessante, é apontado o uso das águas do córrego Barreto. O manancial é próximo ao local sugerido para a ETA e a vazão estimada é significativamente maior que a demanda. Neste caso, sugere-se que o tratamento seja realizado com ETA de ciclo completo. Caso a visita a campo e o monitoramento hidrológico a ser implementado apontem vazão insuficiente, sugere-se o estudo da construção de barragem com reservação. Ressalta-se que esta alternativa requer um aumento significativo de investimentos, mas ainda assim inferiores ao estimado para o córrego sem nome devido ao comprimento da adutora.

O córrego sem nome é apontado como terceira alternativa.

Os resultados obtidos devem ser revistos com dados locais para dirimir as incertezas associadas às estimativas. Caso seja verificado em campo que os mananciais apontados não são adequados, deve-se investigar arranjos de uso conjunto de mananciais.

7.2.6 Barra Longa – Gesteira

Caracterização

Localização: o município de Barra Longa está situado no estado de Minas Gerais possui dois de seus distritos contemplados pelo TTAC para estudo e construção de SAA, os distritos de Barreto e Gesteira. O presente item trata do caso de Gesteira. A Figura 56 mostra onde a localidade de Gesteira está situada e apresenta os componentes do seu sistema de abastecimento. Ressalta-se que não foi encontrada a delimitação da área da localidade, somente um ponto de localização, como mostra a Figura 56.

Sistema de abastecimento de água: assim como o distrito de Barreto, Gesteira também não capta água do rio Doce. O sistema de abastecimento da localidade, operado pela Prefeitura Municipal de Barra Longa, baseia-se em uma captação em nascente e em um reservatório. O volume de água da nascente é acumulado e depois direcionado ao único reservatório de Gesteira. O reservatório da localidade é construído em concreto, do tipo apoiado, com volume equivalente a 15 m³ (Vallenge

Consultoria, 2014). A captação superficial acontece de maneira precária e sem nenhum tipo de tratamento prévio para desinfecção da água. A localidade não possui uma ETA.

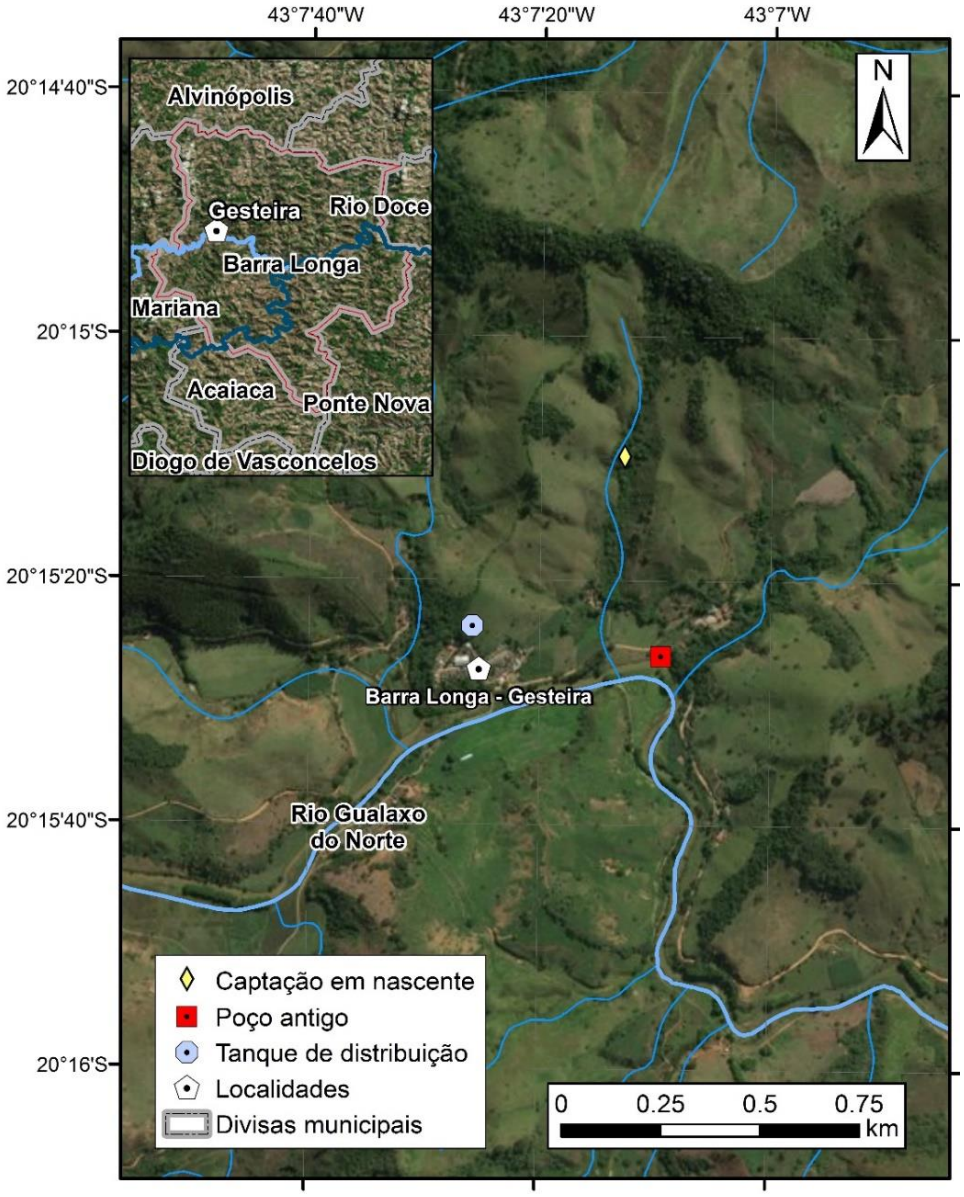


Figura 56. Caracterização do sistema de abastecimento e localização de Gesteira.

Abastecimento emergencial: a Fundação RENOVA perfurou um poço ao lado do posto de saúde da localidade. Tal poço possui vazão de 4,68 m³/h (1,30 L/s), e se encontrava disponível para ser usado como manancial da localidade.

Atendimento a demanda estabelecida: o Termo de Transação de Ajustamento de Conduta (TTAC) prevê o atendimento a uma vazão de 1,2 L/s. Dessa forma, serão buscados mananciais (superficiais e/ou subterrâneos) que supram essa vazão.

Contudo, considerando o poço perfurado pela Fundação RENOVA, com vazão de 1,3 L/s, a demanda da localidade já é atendida.

Alternativas

O atendimento à vazão estabelecida no TTAC pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão especificado na lei, que é a vazão outorgável[33]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[34]. O conjunto de valores determinados são apresentados na tabela abaixo. A Tabela 41 apresenta as áreas de drenagem necessárias para suprir a demanda de 1,2 L/s e a vazão outorgável. A alternativa sem regularização e mantendo 50% da $Q_{7,10}$ tem área maior porque a Q_{95} é menor que a $Q_{7,10}$ neste caso.

Tabela 41. Áreas de drenagem requeridas para o abastecimento de Gesteira.

Cenário	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, vazão outorgável	0,39
Sem regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	0,61
Com regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	0,085

A partir das informações fornecidas na Tabela 41, identificou-se mananciais que possuem bacias que atendem aos critérios para os cenários. A Figura 57 fornece uma visão geral da hidrografia na região próxima do distrito de Gesteira. Analisando-se a hidrografia da área, verifica-se que os possíveis mananciais para o abastecimento da localidade são: ribeirão Paciência, ribeirão do Dobra, um córrego sem nome e o manancial que já vem sendo utilizado para abastecimento da localidade, denominado de manancial 1. A seguir, é apresentada uma análise de cada uma das possibilidades. A Tabela 42 apresenta as características dos mananciais que teriam capacidade para suprir a demanda de abastecimento na localidade.

A) **Ribeirão Paciência**: afluente do rio Gualaxo do Norte, este manancial possui uma bacia com área de 46,81 km², superior ao necessário para os cenários mostrados na Tabela 41. A bacia do ribeirão Paciência se estende até o município de Mariana. A vazão outorgável deste manancial é igual à 155,13 L/s.

B) **Ribeirão do Dobra**: é afluente do ribeirão Paciência, possui capacidade superior ao necessário para o abastecimento da localidade. Na seção, o manancial possui uma bacia com área de 32,69 km², com vazão outorgável de 107,82 L/s. O ribeirão é um manancial com rio extenso, atravessando aglomerados urbanos a montante do ponto de captação. Possui potencial impacto na sua qualidade da água, que deve ser avaliada.

[33] A vazão outorgável corresponde a 50% da $Q_{7,10}$ para o estado de Minas Gerais.

[34] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

C) **Córrego sem nome**: localizado a leste de Gesteira, este manancial é um afluente do rio Gualaxo do Norte. Possui área de drenagem 1,55 km², suficiente para atender à demanda de 1,2 L/s da localidade. A vazão outorgável deste manancial é igual a 4,91 L/s.

D) **Manancial 1**: este manancial já é utilizado para o abastecimento da localidade, porém não se têm informação da vazão captada e se ele atende a toda população local ou somente uma parcela. Na seção de captação atual, estima-se que o manancial possua uma vazão outorgável de 0,37 L/s, não sendo suficiente para suprir a totalidade da demanda da localidade sem regularização de vazão. Porém, passa a atender à demanda da localidade em conjunto com o poço da Renova (situação II). Utilizando obras que permitam regularizar sua vazão, este manancial pode oferecer cerca 1,68 L/s. Ainda que o ponto de captação fosse alterado para um local mais a jusante, de acordo com as estimativas realizadas, somente com obras de reservação seria possível atender, com pequena folga, a demanda total (1,2 L/s) da localidade para a situação I.

Tabela 42. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade de suprir a demanda para abastecimento de Gesteira.

Alternativas	Manancial	Área de drenagem (km²)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Ribeirão Paciência	46,81	456,69	155,13	39
B	Ribeirão do Dobra	32,69	326,40	107,82	46
C	Sem nome	1,55	18,71	4,91	25
D	Manancial 1	0,12	1,68	0,37	-

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*

Como mencionado anteriormente, esta localidade não possui uma estação de tratamento de água e, portanto, faz-se necessário a construção de uma ETA que atenda a esta localidade. A definição do local adequado para a ETA foi feita tendo como base o MDE fornecido pelo SRTM. O relevo da região permite que a ETA seja alocada em uma região mais elevada que o aglomerado populacional e que o reservatório da localidade, possibilitando que a adução de água tratada seja feita por gravidade.

A Figura 55 mostra a localização sugerida para a ETA assim como o traçado da adutora que ligaria a ETA ao ribeirão do Dobra (alternativa B), o mais próximo da localidade, e ao córrego sem nome (alternativa C). O posicionamento das captações sugeridas foi baseado na distância e no traçado da adutora. Segundo o MDE utilizado, o local escolhido para a ETA encontra-se a uma elevação de 469 m. As captações sugeridas encontram-se na cota 441 m no ribeirão do Dobra e na cota 444 m no córrego sem nome. Dessa forma, a adução até a ETA deve ser feita através de bombeamento para ambas alternativas.

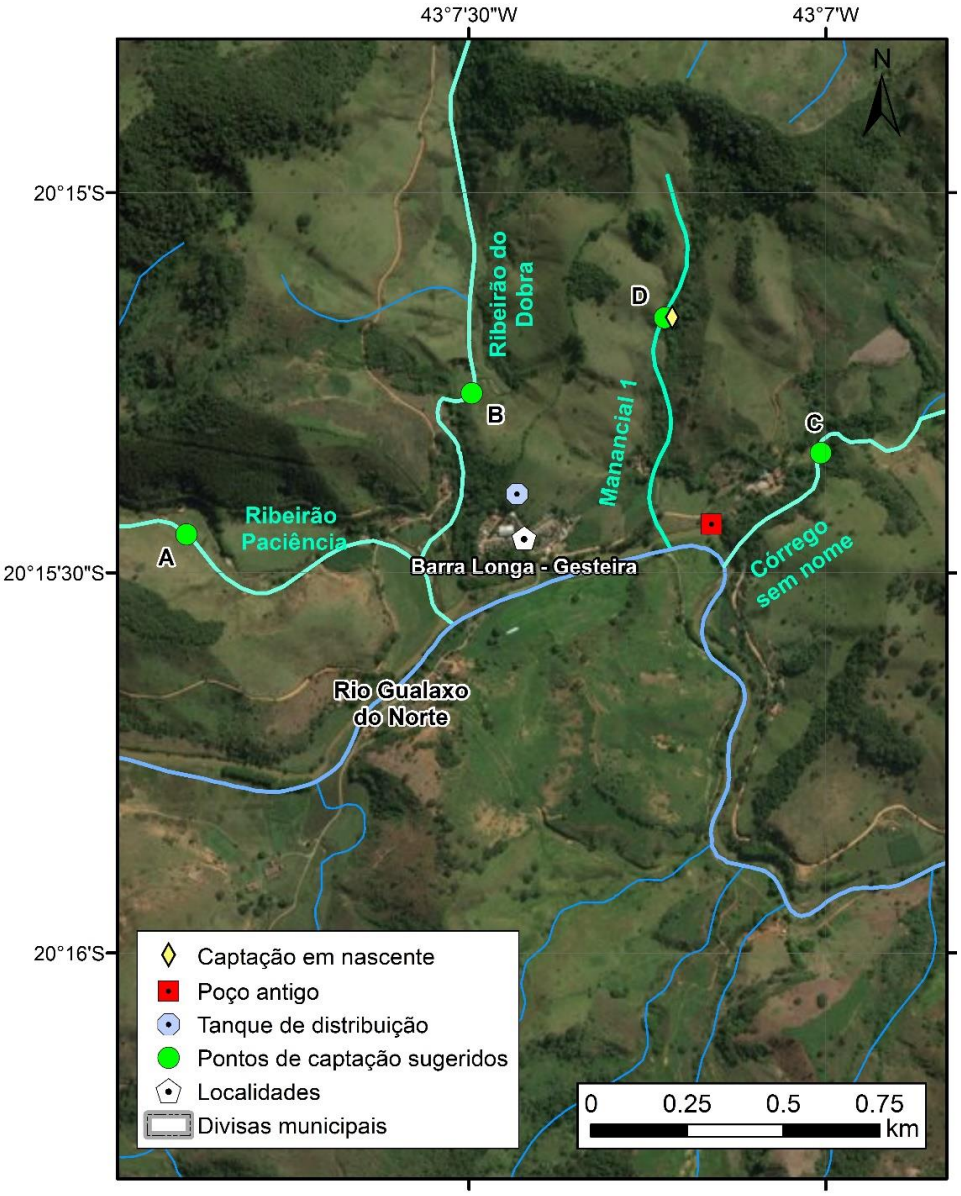


Figura 57. Hidrografia da região e possíveis mananciais para abastecimento da localidade.

A Figura 55 apresenta a localização sugerida para a ETA, assim como a sugestão de traçado das adutoras e do novo ponto de captação sugerido para o ribeirão do Dobra. A alternativa D corresponde a atual captação utilizada para o abastecimento da localidade e, portanto, admite-se que já possua uma adutora que transporte a água até o reservatório. A Tabela 43 apresenta a extensão das adutoras sugeridas.

Tabela 43. Extensões das adutoras sugeridas para o abastecimento de Gesteira.

Alternativas	Manancial	Comprimento da adutora (km)
B	Ribeirão do Dobra	0,2
C	Córrego sem nome	0,8

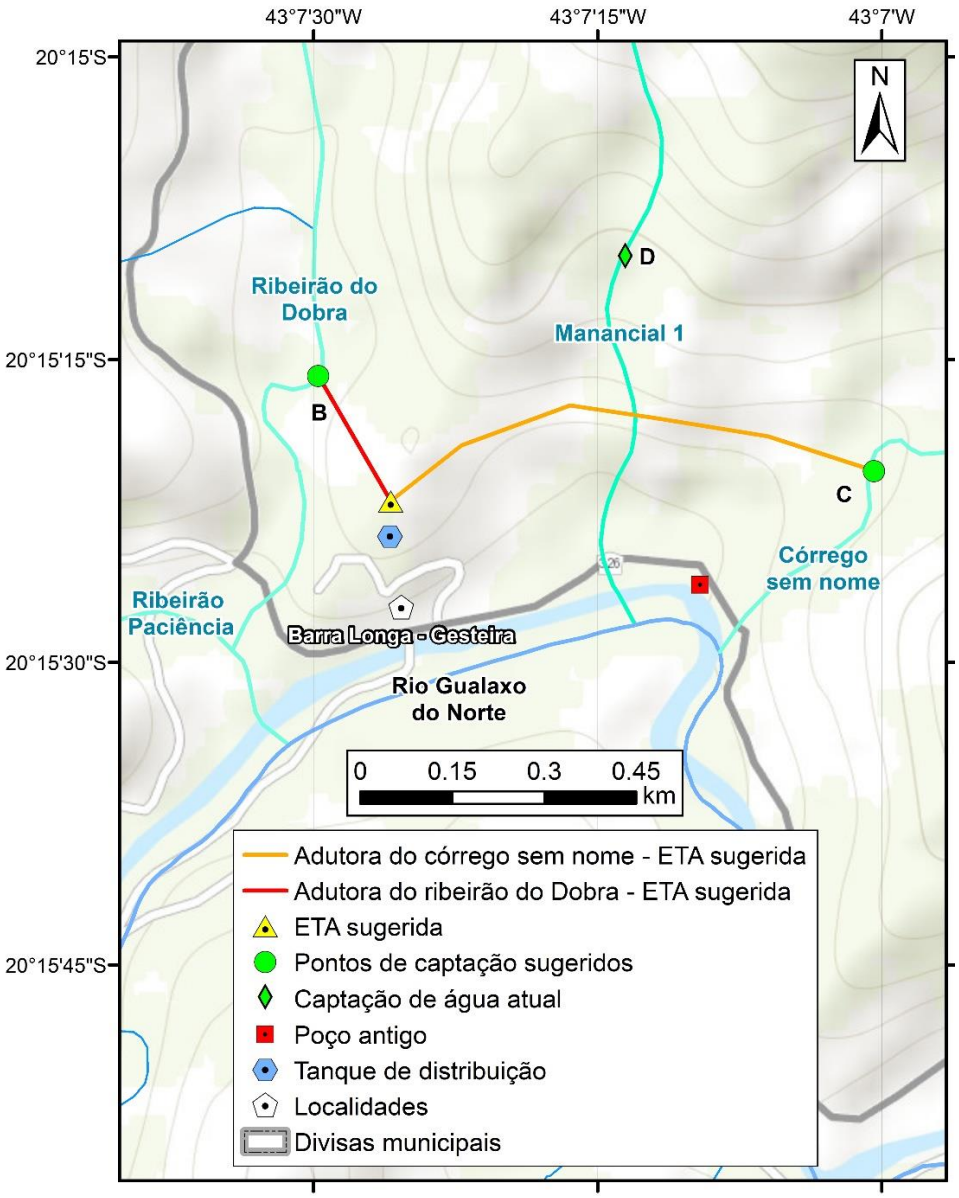


Figura 58. Localização da ETA sugerida e das adutoras até ribeirão do Dobra e até o córrego sem nome. A alternativa D corresponde a captação utilizada pelo SAA de Gesteira e por isso não se sugeriu um traçado de adutora.

Manancial subterrâneo: a demanda estabelecida como meta é de 1,2 L/s (4,3 m³/h). O número necessário de poços para atender à meta considerando as vazões médias em poços localizados nas proximidades da sede de Barra Longa (Qmédia = 8,7m³/h = 2,42 L/s) é um poço tubular, para que seja suprida a demanda da localidade.

Com base na estimativa regional com probabilidade de 80% de sucesso de conseguir a vazão estabelecida pela meta (4,3 m³/h), é necessário um poço tubular para abastecer o distrito de Gesteira.

Considerando a precipitação média total anual na região (1.410,6 mm/ano) é possível observar que as taxas de explotação de água subterrânea dos poços propostos pelos dois métodos não irão superar a taxa de recarga. Considerando um círculo com raio de 1,5 km, a recarga no mesmo é de 103 L/s (370,8 m³/h), indicando a possibilidade de perfurar mais de um poço dentro deste círculo, sem afetar as reservas permanentes de água subterrânea. Assim, infere-se que as águas subterrâneas podem abastecer o distrito de Gesteira.

Existe um poço perfurado pela RENOVA com vazão de 1,30 L/s que se encontra disponível para uso. Também existe um poço da COPASA, perfurado em 2002, que tem vazão de 6,98 m3/h, que apresentou análise físico-química cujos parâmetros, tais como, ferro total e manganês estão dentro dos padrões para uso para consumo humano estabelecido pela Resolução CONAMA no 396/2008. Caso este poço não apresente condições de uso, poderá ser perfurado outro poço próximo.

Avaliação das alternativas

Considerações básicas das alternativas: são apresentadas nesta parte do relatório as alternativas para atender à demanda, combinando ou não os mananciais identificados. Destaca-se que não existe infraestrutura de tratamento na localidade, e que os investimentos estimados não contemplam a construção de uma ETA, somente os sistemas de captação e adução. Destaca-se ainda que a alteração do local sugerido para a ETA implica na modificação dos traçados sugeridos para as adutoras, seu comprimento e, consequentemente, seu custo estimado.

Alternativa 1 – Manancial subterrâneo (revitalização de poço da COPASA existente)

Atendimento da demanda: foi perfurado, em 2002, um poço da COPASA, com vazão observada de 1,94 L/s. A vazão observada é superior à da demanda local de 1,2 L/s.

Adução: por se tratar de um poço já perfurado, acredita-se que a infraestrutura para sua operação (interligação de adução a rede e rede elétrica) já esteja implantada. Espera-se que o investimento nesta alternativa seja limitado aos testes de qualidade (que são comuns a todos os mananciais) e eventuais manutenções da rede elétrica e da ligação com a adução. Há também o custo relacionado a implantação de uma ETA e adução de água tratada até o reservatório de distribuição (existente), estes custos não estão contemplados na presente estimativa.

Requerimentos: para o uso deste manancial deverá ser realizado teste de qualidade e potabilidade da água. Não é prevista construção de rede elétrica até o local, somente verificação e, se necessário, adequação da rede elétrica existente.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, que o poço já se encontra perfurado e disponível para uso, sendo apenas avaliada a necessidade de uma eventual manutenção da infraestrutura existente e testes de qualidade de água, estima-se o custo de implantação desta alternativa em R$ 25.000,00.

Alternativa 2 – Manancial subterrâneo (poço da Fund. RENOVA)

Atendimento da demanda: como medida para restabelecimento do abastecimento local, foi perfurado em caráter emergencial pela Fundação RENOVA um poço com vazão de 4,68 m³/h (1,3 L/s), sendo esta capaz de suprir a demanda local.

Requerimentos: como atividades do processo de licenciamento do poço, é previsto requerimento de outorga para poço tubular, junto à SEMAD (MG). Não é prevista construção de rede elétrica até o local, somente pequena adequação da rede elétrica existente. Testes de qualidade e potabilidade das águas deverão ser feitos em ambos os poços.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, que o poço já se encontra perfurado e disponível para uso, sendo apenas avaliada a necessidade de testes de qualidade de água e requerimento de outorga, estima-se o custo de implantação desta alternativa em R$ 28.000,00.

Alternativa 3 – Ribeirão do Dobra

Atendimento da demanda: o manancial superficial mais próximo da localidade é o ribeirão do Dobra. Sua vazão outorgável é estimada em 107,82 L/s, superando em muito a demanda total da localidade. Não será necessária a construção de reservatório. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo, uma soleira em concreto ou de enrocamento. Nessa alternativa, por se tratar de um manancial superficial, é necessária a construção de uma ETA, provavelmente de ciclo completo.

Adução: o trecho sugerido para nova captação está situado em elevação mais baixa que a da ETA prevista em Gesteira, de modo que será necessária a construção de elevatória e uma adutora sob pressão para vencimento de um desnível de aproximadamente 46 m. Serão necessários 0,2 km de tubulação em área rural, incluindo trecho em APP.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente composta de pastagem. Contudo, a bacia é extensa e possui alguns aglomerados urbanos a montante do ponto de captação sugerido. Dessa forma, é necessário verificar a qualidade da água no manancial antes de adotá-lo como solução ao problema de abastecimento na localidade.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, junto a SEMAD, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, além da instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É prevista a necessidade de prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,2 km até a captação. Deve ser verificada sua capacidade, e, se necessário, realizada a adequação da rede elétrica existente.

Estimativa de custos: considerando-se os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento da de 0,2 km de rede elétrica, construção de adutora de 0,2 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo de implantação desta alternativa em R$ 187.000,00.

Alternativa 4 – Córrego sem nome

Atendimento da demanda: o córrego sem nome se localiza a leste da localidade e possui vazão compatível com a demanda total local, não sendo necessário obras para reservação. É prevista a

construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo, uma soleira em concreto ou de enrocamento. Para que esta alternativa seja viável, é necessária a travessia de uma estrada de terra e do córrego cuja nascente é, atualmente, utilizada para captação de água. Tal qual para a outra alternativa de manancial superficial, é necessária a construção de uma ETA, provavelmente de ciclo completo.

Adução: o desnível a ser vencido é de aproximadamente 25 m. O traçado de adutora sugerido possui 0,8 km e passará por área rural. Sugere-se que, tanto a travessia do córrego onde se faz atualmente a captação, como a da estrada de terra, sejam feitas por meio de cruzamentos subterrâneos. A localização do ponto de captação sugerido fica a montante da malha urbana, evitando possíveis lançamentos a montante.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente composta de pastagem e não há indícios de grandes propriedades com práticas agropecuárias intensivas ou de aglomerados populacionais. Não são identificados grandes potenciais poluidores.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação haverá necessidade de requerimento de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, junto à SEMAD, assim como requerimento de outorga para travessia do córrego da atual captação, bem como intervenção nas APPs dos córregos para construção da infraestrutura de captação e adução.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, além da instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

Espera-se um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,2 km e, consequentemente, deve ser verificada sua capacidade, e, se necessário, realizada adequação da rede elétrica existente.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento de 0,2 km da rede elétrica, construção de adutora de 0,8 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo de implantação desta alternativa em R$ 220.000,00.

A Tabela 44 apresenta uma síntese das características dos mananciais avaliados.

Considerações finais

O caso de Gesteira possui a peculiar característica de não possuir sistema de tratamento. A construção da solução para abastecimento da localidade requer investimentos na construção de uma ETA, os quais não foram contemplados na presente estimativa de custos (foi considerado somente sistema de captação e adução).

A análise foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo.

Dentre as alternativas analisadas, a alternativa 2, uso do poço profundo existente perfurado pela RENOVA, se mostra como a alternativa potencialmente mais vantajosa. Apresenta custo de implantação muito próximo à alternativa 1, poço existente da COPASA, mas espera-se maior facilidade de operacionalização e licenciamento que a alternativa 1. Em comparação com as alternativas de mananciais superficiais tanto a alternativa 2 quanto a 1 envolvem implementação com menos infraestrutura adicional e o processo de licenciamento é o mais simplificado dentre todos. Espera-se também que o abastecimento por meio destas alternativas possa ser implementado quase que de imediato. Considerando a urgência do restabelecimento do abastecimento de água da localidade, fatores financeiros e práticos de sua implementação, aconselha-se à RENOVA a prosseguir com avaliação detalhada da alternativa 2, incluindo a realização dos testes de qualidade, potabilidade e tratabilidade da água, verificando a possibilidade de filtração direta como solução para a ETA local nesse caso.

Sendo confirmado que o tratamento empregado é capaz de fornecer água nos padrões de potabilidade, aconselha-se o uso de poço profundo para abastecimento da localidade de Gesteira no município de Barra Longa, Minas Gerais.

Caso não seja viável o uso do poço da RENOVA, sugere-se a revitalização do poço perfurado pela COPASA.

Caso os testes apontem que não serão atendidos os padrões de potabilidade para uso de manancial subterrâneo, aconselha-se a avaliação mais aprofundada do uso do ribeirão da Dobra. Apesar do desnível do ponto de captação ser maior que do córrego Sem Nome, este manancial apresenta vazão outorgável quase seis vezes menor, sem a necessidade de travessias e apresenta um custo estimativo também menor.

Caso seja optado pelo manancial ribeirão do Dobra, ou mesmo córrego sem nome, aconselha-se como primeira ação verificar em campo as condições de quantidade e qualidade de água destes mananciais. Uma vez verificada a capacidade de atendimento dos padrões para abastecimento da localidade, os estudos aprofundados em nível de projeto básico e executivo deverão ser contratados. Caso seja verificado em campo que o manancial não é adequado, deve-se avaliar o uso em conjunto de mais de um manancial.

Os resultados obtidos devem ser revistos com dados locais para dirimir as incertezas associadas às estimativas. Caso seja verificado em campo que os mananciais apontados não são adequados, deve-se investigar as outras alternativas expostas e outros arranjos de uso conjunto de mananciais.

Tabela 44. Tabela resumo das características das alternativas – Barra Longa - Gesteira.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Poço profundo COPASA	-	-	-	Já existente	Eventual adequação	-	25	2
2	Poço profundo RENOVA	-	-	-	Já existente	-	1 out. poço	28	1
3	Ribeirão do Dobra	0,2	-	Regular	Completa sem reservação	0,2 km em localidade rural	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP	187	3
4	Córrego Sem Nome	0,8	2 enterradas (estrada de terra e córrego)	Boa	Completa sem reservação	0,15 km em localidade rural	1 out. captação 1 out. barramento 2 interv. em APP 1 trav. curso d'água	220	4

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

7.2.7 Belo Oriente – Perpétuo Socorro (Cachoeira Escura)

Caracterização

Localização: o município de Belo Oriente está situado no leste do estado de Minas Gerais e o distrito de Perpétuo Socorro (Cachoeira Escura) teve seu abastecimento de água afetado pelo evento.

Sistema de abastecimento de água: o sistema de abastecimento da localidade é operado pela Prefeitura Municipal e, em condições normais, capta água no rio Doce e realiza tratamento na ETA local. A vazão de trabalho é de 40 L/s e a reservação do sistema é de 300 m^3. A localidade possui cerca de 9.000 habitantes (ESSE, 2015), e 100 % da população é atendida pelo sistema de abastecimento. Uma visão geral do sistema de abastecimento é mostrada na Figura 59.

Abastecimento emergencial: o abastecimento emergencial estava sendo realizado através de caminhões pipa (posteriormente foi retomada a captação no rio Doce). Também foram perfurados três poços pela Fundação RENOVA, mostrados na Figura 59. O uso do poço 02, com vazão de 0,2 L/s, foi considerado inviável, de forma que a vazão subterrânea dos poços perfurados é de 5,4 L/s (RENOVA, 2016b). Esta vazão é capaz de atender quase metade da demanda local. Posteriormente foi perfurado poço em aluvião e é relatado que devido a reduzida vazão iria se realizar estudos geofísicos para a, eventual, locação de outros poços (RENOVA, 2017b).

Atendimento à demanda estabelecida: o Termo de Transação de Ajustamento de Conduta – TTAC - prevê o atendimento à uma vazão de 12,0 L/s, correspondente a 30% da demanda local.

Considerando a captação subterrânea de 5,4 L/s já implementada, para que se atinja a vazão de 12,0 L/s demandada pelo TTAC é necessária uma captação complementar de 6,6 L/s. Desta forma, são aqui apresentadas alternativas para que se possa prover a vazão necessária considerando os dois cenários: (a) manancial capaz de prover 12,0 L/s e (b) manancial de prover 6,6 L/s, considerando a utilização dos poços perfurados.



Figura 59. Caracterização do sistema de abastecimento de Belo Oriente – Perpétuo Socorro.

Alternativas

O atendimento à demanda pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão

especificado na lei, que é a vazão outorgável[35]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[36]. A Tabela 45 apresenta as áreas de drenagem mínimas necessárias para suprir a demanda de 12,0 L/s e a demanda complementar, considerando a utilização dos poços perfurados, de 6,6 L/s.

Tabela 45. Áreas de drenagem necessárias para o abastecimento de Perpétuo Socorro em Belo Oriente.

Cenários	Utilização dos poços existentes	Demanda (L/s)	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, com vazão outorgável	Não	12,0	10,66
	Sim	6,6	5,96
Sem regularização, mantendo 50% $Q_{7,10}$ para jusante	Não	12,0	6,75
	Sim	6,6	3,80
Com regularização mantendo 50% da $Q_{7,10}$ para jusante	Não	12,0	1,60
	Sim	6,6	0,88

A Figura 60 fornece uma visão geral da hidrografia na região da localidade de Perpétuo Socorro, no município de Belo Oriente. Os mananciais superficiais nas proximidades da localidade são: córrego Café, córrego Presídio, córrego Vermelho, rio Santo Antônio e córrego do Bagre. Foram calculadas as áreas de drenagem das bacias hidrográficas de cada um dos mananciais pré-selecionados, dos quais uma breve descrição é apresentada a seguir. A Tabela 46 apresenta características dos mananciais que teriam capacidade de suprir a demanda de abastecimento do distrito de Perpétuo Socorro (Cachoeira Escura), no município de Belo Oriente.

A) **Córrego Café**: é o manancial mais próximo da ETA de Perpétuo Socorro, localizado a aproximadamente 2,4 km. Para o ponto de captação considerado, a área de drenagem é de cerca de 8,43 km², não sendo capaz de atender a demanda com captação sem regularização de vazão. O uso deste manancial para atender a demanda é condicionado a construção de uma barragem para reservação ou se utilizado em conjunto com outro manancial para complementação da vazão, sejam os poços existentes ou outro manancial superficial.
B) **Córrego Presídio**: é o segundo córrego mais próximo à ETA, está situado a aproximadamente 4 km de distância. No ponto de captação considerado a área de drenagem correspondente é de 8,60 km², de modo que o manancial só é capaz de atender a demanda local com construção de uma barragem para reservação ou se utilizado em conjunto com outro manancial para complementação da vazão, sejam os poços existentes ou outro manancial superficial.
C) **Córrego Vermelho**: com área de drenagem de cerca de 17,26 km², sua vazão outorgável sem regularização de vazão é estimada em 19,72 L/s, aproximadamente 1,6 vezes maior que a

[35] A vazão outorgável corresponde à 50% da $Q_{7,10}$ para o estado de Minas Gerais.

[36] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

demanda local total. O ponto de captação sugerido do manancial está distante 9,7 km da ETA do distrito.

D) **Rio Santo Antônio**: possui a maior área de drenagem entre todos os mananciais avaliados, cerca de 10432,71 km^2. Sua vazão outorgável sem regularização de vazão é estimada em 14.405,59 L/s. O ponto de captação sugerido localiza-se a aproximadamente 10 km da ETA local.

E) **Córrego do Bagre**: o ponto de captação sugerido deste manancial está localizado junto no distrito de São Sebastião de Braúnas. O ponto está distante 7,8 km da ETA da localidade de Perpétuo Socorro. Com área de drenagem de 51,31 km^2, possui vazão outorgável sem regularização estimada em 60,54 L/s, aproximadamente cinco vezes a demanda local total.

Tabela 46. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para o abastecimento de Perpétuo Socorro, em Belo Oriente.

Alternativa	Manancial	Área de drenagem (km^2)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Córrego Café	8,43	61,04	9,43	-7
B	Córrego Presídio	8,61	62,31	9,64	-3
C	Córrego Vermelho	17,26	122,97	19,72	-10
D	Rio Santo Antônio	10432,71	63.689,86	14.405,59	9
E	Córrego do Bagre	51,31	356,53	60,54	-11

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*

Dentre as alternativas anteriormente apresentadas, foram selecionados os mananciais córrego do Café (A), córrego Vermelho (C), rio Santo Antônio (D) e córrego do Bagre (E) para avaliação em detalhe. Para a análise comparativa dos possíveis mananciais, foram sugeridos traçados das adutoras de água bruta que ligam os pontos de captação à ETA da localidade. A Figura 61 apresenta o traçado sugerido e a Tabela 47 o comprimento das adutoras.

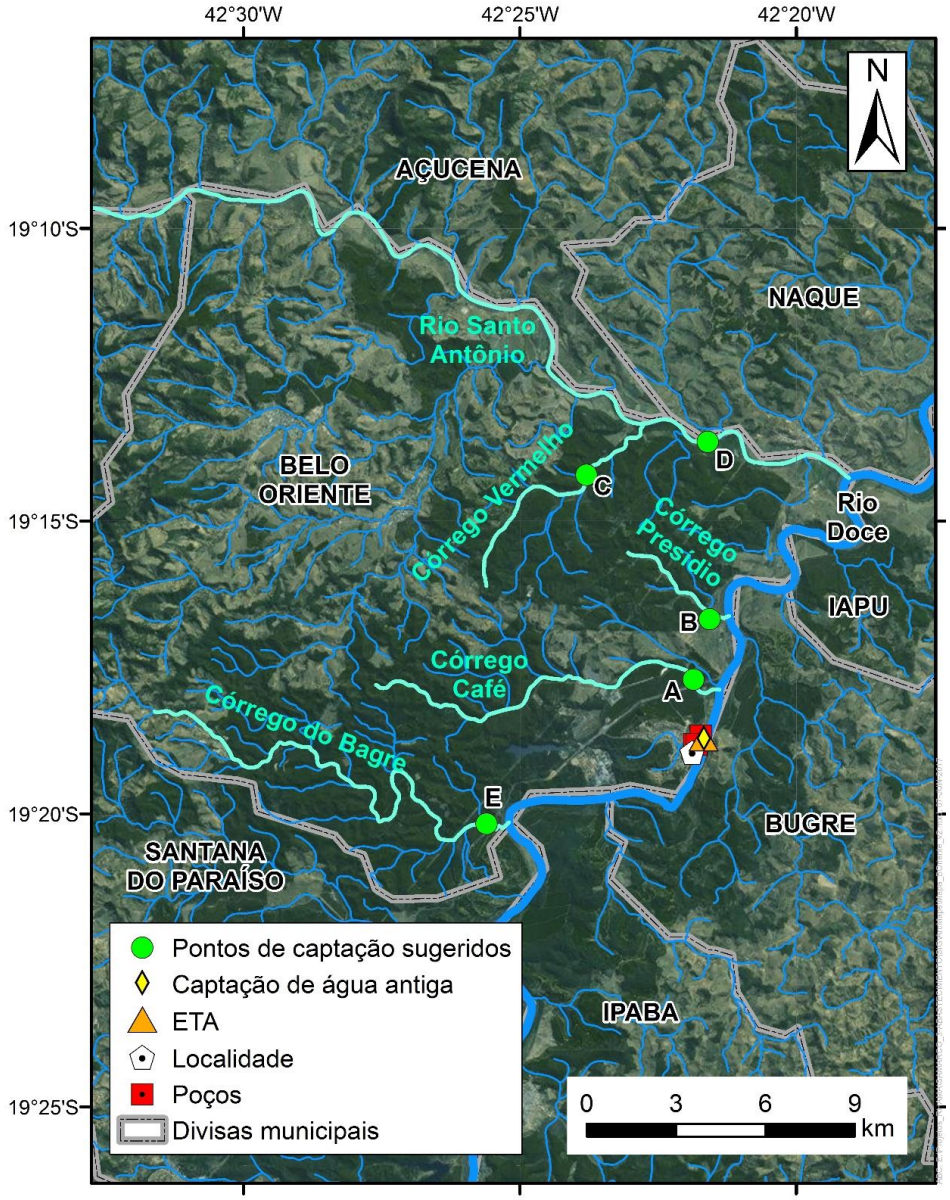


Figura 60. Hidrografia da região e possíveis mananciais para abastecimento de Perpétuo Socorro.

Tabela 47. Extensão das adutoras sugeridas.

Alternativa	Manancial	Comprimento (km)
A	Córrego Café	2,0
C	Córrego Vermelho	15,1
D	Rio Santo Antônio	13,2
E	Córrego do Bagre	9,0

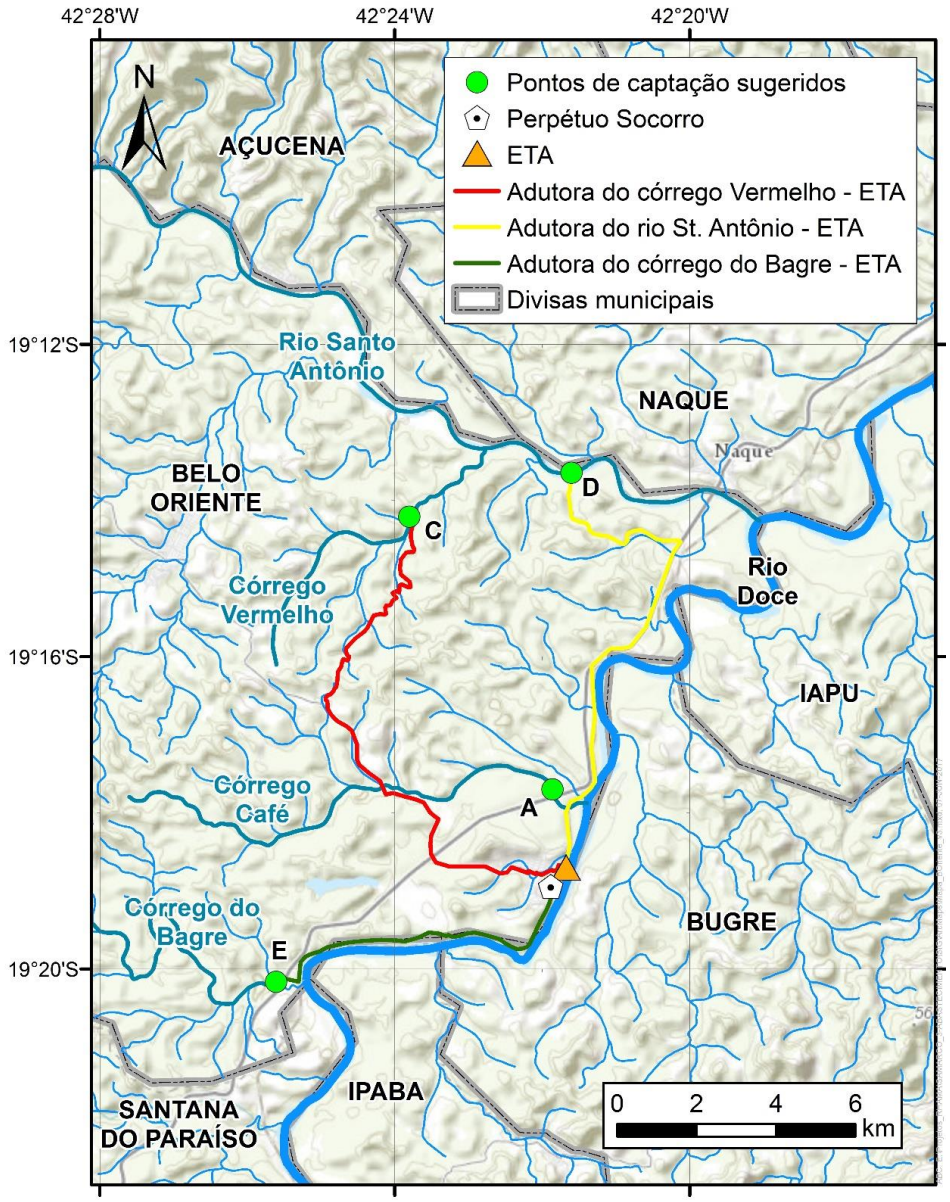


Figura 61. Trechos de adutoras sugeridas para os possíveis mananciais de abastecimento.

Manancial subterrâneo: para a localidade de Cachoeira Escura a demanda estabelecida como meta é de 12 L/s (43,2 m³/h). O número necessário de poços para atender a meta considerando as vazões médias em poços localizados nas proximidades da sede ($Q_{média}$ = 13,7m³/h = 3,8 L/s), é de quatro poços tubulares.

Com base na estimativa regional com probabilidade de 80% de sucesso de conseguir a vazão estabelecida pela meta (43,2 m³/h), são necessários seis poços tubulares para abastecer a localidade de Cachoeira Escura.

Considerando a precipitação média total anual na região (964,57 mm/ano) é possível observar que as taxas de explotação de água subterrânea dos poços propostos pelos dois métodos não irão superar a taxa de recarga. Considerando um círculo com raio de 1,5 km, a recarga no mesmo é de 47 L/s (169 m³/h), indicando que as águas subterrâneas podem abastecer a localidade de Cachoeira Escura sem afetar as reservas permanentes.

Existem 2 poços perfurados pela Fundação RENOVA nesse distrito que apresentaram vazões de 11,52 m³/h e 7,92 m³/h, que não atendem à totalidade da demanda, mas são um indicativo de boas vazões na região.

Avaliação das alternativas

Considerações básicas das alternativas: são apresentadas nesta parte do relatório, as alternativas para atender à demanda combinando ou não os mananciais identificados. Inicialmente são apresentadas as condições que permitiram definir as alternativas:

- Existem dois poços perfurados pela Fundação RENOVA que somados fornecem vazão de 5,4 L/s, o que corresponde a aproximadamente 45% da demanda local;
- Para mananciais com baixa disponibilidade hídrica, será considerado o uso em conjunto com os poços existentes, de modo que os mananciais serão avaliados quanto a sua capacidade de atendimento da demanda complementar aos poços, equivalente a 6,6 L/s;
- Para mananciais cuja disponibilidade hídrica atenda com folga à demanda local, considera-se que os poços serão desativados para minimizar esforços de operação.

Alternativa 1 – Manancial subterrâneo apenas

Atendimento da demanda: considerando o pior cenário da estimativa de disponibilidade hídrica subterrânea, serão necessários seis poços para suprir a demanda local. Considerando a existência de dois poços perfurados pela Fundação RENOVA, que somados fornecem 5,4 L/s, é necessária a perfuração de quatro poços.

Adução: os poços existentes já se encontram ligados ao sistema de adução. São sugeridos dois locais para perfuração dos novos poços, um nos limites e outro fora da área urbana. Considerando o pior cenário, onde os poços serão perfurados longe da malha urbana, será necessária uma adutora de aproximadamente 3,0 km até a ETA.

Requerimentos: deverão ser feitos seis pedidos de outorgas de poço profundo, junto à SEMAD, dos quatro poços a serem perfurados além da regularização dos dois existentes. Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados em cada poço e extensão da rede elétrica em aproximadamente 1,6 km.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, a perfuração do poço bem como a instalação das bombas necessárias, construção da adutora de 3,0 km, prolongamento da rede elétrica de 1,6 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento e testes de qualidade de água, estima-se o investimento necessário em R$ 1.321.000,00.

Alternativa 2 – Córrego do Café e poços existentes

Atendimento da demanda: o manancial córrego do Café é o mais próximo da ETA local. Porém, dentre os mananciais selecionados, é o que apresenta menor área de drenagem. Ressalta-se que existem dois reservatórios a montante junto a uma criação de mudas de eucalipto e acredita-se que sejam feitas captações de água. Visando a uma maior segurança hídrica para o uso deste manancial, sugere-se o uso em conjunto com os poços existentes. A vazão outorgável estimada para este manancial sem regularização de vazão é de 9,43 L/s, e, considerando a construção de reservatório de acumulação, é de 61,04 L/s, atendendo em ambos os casos à demanda complementar. De forma a proporcionar maior segurança hídrica, sugere-se o uso em conjunto com os poços existentes.

Adução: o ponto de captação sugerido para este manancial está situado em elevação quase igual à da ETA. Considerando a escala de detalhe do MDE utilizado (SRTM), excessivamente grosseira para que seja possível garantir o desnível entre a ETA e o ponto de captação, será considerado o uso de adução por bombeamento. O traçado sugerido da adutora tem 2,0 km e deverá cruzar um córrego sem nome nos limites da malha urbana e a linha férrea. Sugere-se que esta travessia da linha férrea seja feita pela ponte/galeria da linha férrea sobre o córrego sem nome, sendo a adutora afixada na estrutura.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: sua bacia de contribuição é majoritariamente composta de cultivo arbóreo não perene, provavelmente eucalipto ou pinus. A vegetação ciliar está presente ao longo de todos os corpos d'água da bacia com faixas de mais de 100 metros de largura, minimizando assim os efeitos sazonais da remoção da madeira (corte das árvores) no assoreamento dos corpos d'água. Destaca-se a presença de dois reservatórios e de um criadouro de mudas de eucalipto, indicando potencial retirada de água a montante, mas também que a vazão do corpo hídrico se encontra regularizada, o que em teoria aumenta as vazões nos períodos de estiagem. Contudo, este sistema pode ocasionar perdas por evaporação, além dos volumes captados.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para barramento com regularização em corpo superficial, de uma travessia de corpo d'água, bem como intervenção nas APPs para construção da infraestrutura de captação, adução e para as travessias. Deverá ser verificada legislação específica para a travessia da linha férrea.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, assim como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

Espera-se um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 1,4 km e, consequentemente, deve ser verificada sua capacidade, e, se necessário, realizada adequação da rede elétrica existente.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento da rede elétrica em aproximadamente 1,4 km, construção da adutora de 2,0 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, incluindo a regularização dos dois poços existentes, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo em R$ 675.000,00.

Considerando a construção de um barramento para a regularização de vazão, estima-se um investimento total de R$ 2.258.000,00. Destaca-se que o custo de construção de um barramento é altamente influenciado pelo seu porte, técnica construtiva, relevo e geologia local, de modo que, na fase de projeto básico e executivo, a estimativa de investimentos pode sofrer mudanças substanciais.

Alternativa 3 – Córrego Vermelho e poços existentes

Atendimento da demanda: o manancial superficial Córrego Vermelho possui vazão outorgável estimada um pouco maior que a demanda local total. De forma a proporcionar maior segurança hídrica, sugere-se o uso em conjunto com os poços existentes. A vazão outorgável estimada deste manancial sem regularização de vazão é de 19,72 L/s.

Adução: o ponto de captação definido para este manancial está situado em cota superior à da ETA existente em aproximadamente 10 metros. Entretanto, como o comprimento da adutora é longo e o relevo em seu trajeto é acidentado, não foi considerada a capacidade de adução por gravidade. São previstas sete travessias em corpos d'água, a maioria em afluentes do próprio córrego Vermelho, incluindo uma pelo córrego do Café. O comprimento total do traçado sugerido para a adutora é de 15,1 km.

Potencial impacto devido aos usos da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente composta de cultivo arbóreo não perene, provavelmente eucalipto. A vegetação ciliar está presente ao longo de todos os corpos d'água da bacia com faixas de mais de 100 metros de largura, minimizando assim os efeitos sazonais da remoção da madeira (corte das árvores) no assoreamento dos corpos d'água. Não há indícios de grandes propriedades com práticas agropecuárias intensivas ou de aglomerados populacionais. Desta forma, não foram identificados grandes potenciais poluidores.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento de outorga para captação em curso d'água, de sete travessias de corpos hídricos e para barramento sem regularização em corpo superficial, junto à SEMAD, assim como intervenção nas APPs do córrego para construção da infraestrutura de captação, adução e para as travessias.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, além da instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

Espera-se um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 7,0 km até o distrito São Sebastião de Braúnas. Deve ser verificada sua capacidade, e, se necessário, realizada adequação da rede elétrica existente.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento da rede elétrica por aproximadamente 7,0 km, construção da adutora de 15,1 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, incluindo a regularização dos dois poços existentes, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo desta alternativa em R$ 3.759.000,00.

Alternativa 4 – Rio Santo Antônio

Atendimento da demanda: é o manancial de maior porte entre os avaliados. A vazão outorgável estimada sem considerar regularização de vazão é de 14.405,59 L/s, capaz de atender à demanda com folga. Não será necessária a construção de reservatório. O rio possui vazão relativamente grande e acredita-se que apresente profundidade adequada para instalação de um sistema de bombas flutuantes, sendo prevista construção de espigões e proteção das margens com enrocamento junto ao local de instalação das bombas.

Adução: o ponto de captação sugerido para este manancial está situado em cota próxima à da ETA existente, com uma diferença de apenas 9 m. Devido ao comprimento da adutora e o relevo acidentado ao longo do trajeto proposto, não foi considerada a capacidade de adução por gravidade, sendo prevista a necessidade de bombeamento. Para a escolha do ponto de captação, bem como traçado da adutora, foi considerada a passagem por estradas existentes e evitadas propriedades privadas. A adutora sugerida possui comprimento de 13,2 km e possui quatro travessias até alcançar a ETA existente.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é bem extensa e possui usos diversificados. A montante está localizado o reservatório da UHE Porto Estrela que atua regularizando a vazão do corpo hídrico. O trecho próximo ao rio e entre o reservatório citado e o ponto de captação sugerido é ocupado por pastagens e culturas de várzeas. A vegetação ciliar é praticamente inexistente neste trecho do rio Santo Antônio, mas é observada ao longo da maioria dos tributários. Alguns aglomerados populacionais são encontrados na bacia, como a sede municipal e o distrito de São Sebastião de Braúnas em Belo Oriente, o distrito de Nhaque-Nanuque da cidade de Nhaque (MG), a sede dos municípios de Mesquita (MG) e de Açucena (MG). Todas as localidades citadas são de pequeno porte e não são consideradas como grandes potenciais poluidores, mas representam em certo grau riscos de contaminação.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para obras em corpos d'água, travessias em quatro corpos d'água, bem como intervenção na APP do rio para construção da infraestrutura de captação e adução e para as travessias.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

Espera-se um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 2,3 km até a malha urbana de Nhaque e, consequentemente, deve ser verificada sua capacidade, e, se necessário, realizada adequação da rede elétrica existente.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e espigões de enrocamento, prolongamento da rede elétrica em aproximadamente 2,3 km, construção da adutora, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo desta alternativa em R$ 3.081.000,00.

Alternativa 5 – Córrego do Bagre

Atendimento da demanda: o manancial superficial córrego do Bagre está situado na área pertencente ao distrito São Sebastião de Braúnas. Este córrego desagua no rio Doce. Sua vazão outorgável estimada sem regularização é de 60,54 L/s, cerca de cinco vezes superior ao necessário para atendimento da demanda total determinada pelo TTAC. Não será necessária a construção de reservatório. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo, uma soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: existe um desnível favorável de 11 metros entre o ponto de captação sugerido para este manancial e a ETA, sendo considerada a adução por gravidade. É considerado um sistema de bombeamento de pequeno porte apenas para retirada da vazão do corpo hídrico. Para a escolha do ponto de captação, bem como para o traçado da adutora, foi considerada a passagem por estradas existentes e evitadas propriedades privadas. A adutora sugerida possui comprimento de 9,0 km e não possui travessias em corpos d'água.

Potencial impacto devido aos usos da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente ocupada por cultivo arbóreo não perene, provavelmente eucalipto. A vegetação ciliar está presente ao longo de todos os corpos d'água da bacia com faixas de mais de 100 metros de largura, minimizando assim os efeitos sazonais da remoção da madeira (corte das árvores) no assoreamento dos corpos d'água. O distrito São Sebastião de Braúnas é uma localidade de pequeno porte e representa um risco pequeno como potencial poluidor.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, além da instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

Espera-se um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 4,0 km até a malha urbana. Deve ser verificada sua capacidade, e, se necessário, realizada adequação da rede elétrica existente.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento da rede elétrica em aproximadamente 4 km até a malha urbana, construção de adutora de 9,0 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo desta alternativa em R$ 2.273.000,00.

A Tabela 48 apresenta uma síntese das características dos mananciais avaliados.

Considerações finais

A análise foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo.

A alternativa 2 é a que se mostra como mais atrativa. O uso em conjunto dos poços existentes com o córrego do Café sem regularização de vazão se mostra como a alternativa mais barata, e com obras de menor porte, sendo considerada mais rápida de se implantar que as demais alternativas que envolvem o uso de manancial superficial. Se, durante a elaboração do projeto básico e executivo for observada condição adversa, é possível a construção de um barramento para regularização de vazão. Destaca-se que esta solução é economicamente menos atrativa que a do uso de manancial subterrâneo, sendo elencada como a terceira mais atrativa.

Como segunda alternativa mais atrativa, destaca-se o uso de manancial subterrâneo apenas, alternativa 1, considerando os dois poços existentes e a perfuração de outros quatro. Destaca-se que é comum na bacia do rio Doce a presença de ferro e manganês nas águas subterrâneas devido a características geológicas naturais da região. Testes de qualidade e potabilidade devem ser feitos e eventualmente será necessário investimento adicional para adequação das técnicas de tratamento da ETA.

Caso não seja viável o uso do córrego do Café (mesmo considerando a construção de reservatório), e nem a perfuração de novos poços, sugere-se, baseando-se no investimento requerido e na complexidade das obras, avaliar as demais alternativas na seguinte ordem: alternativa 5, 3 e 4.

Os resultados obtidos devem ser revistos com dados locais para dirimir as incertezas associadas às estimativas. Caso seja verificado em campo que os mananciais apontados não são adequados, deve-se investigar as outras alternativas expostas na Tabela 46 e o uso conjunto de mais de um manancial.

Tabela 48. Tabela resumo das características das alternativas - Belo Oriente – Perpétuo Socorro.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Poço profundo	3,0	-	-	Completa para poço tubular	1,6 km em zona rural	6 out. poço	1.321	2
2	Córrego do Café e poços existentes	2,0	Uma travessia em curso d'água e uma em linha férrea	Boa. Possui 2 reservatórios	Completa sem reservação	2,0 km em zona rural	1 out. captação 1 out. barramento 2 interv. em APP 1 trav. curso d'água 2 out. poço	675	1
3	Córrego Vermelho e poços existentes	15,1	Sete travessias em cursos d'água	Boa	Completa sem reservação	7 km até a malha urbana do distrito São Sebastião de Braúnas	1 out. captação 1 out. barramento 8 interv. em APP 7 trav. aéreas em Rio 2 out. poço	3.759	4
4	Rio Santo Antônio	13,2	Quatro travessias em cursos d'água	Boa. Apresenta pequenos aglomerados populacionais	Completa sem reservação	9 km até a malha urbana de Nhaque	1 out. captação 1 out. barramento 5 interv. em APP 4 trav. curso d'água	3.081	5
5	Córrego do Bagre	9,0	-	Boa	Completa sem reservação	4 km até a malha urbana	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP	2.273	3

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

7.2.8 Colatina – Sede

Caracterização

Localização: localizado na região central do estado do Espírito Santo, o município de Colatina teve o abastecimento de água de sua sede municipal afetado pelo acidente. A sede municipal é cortada pelo rio Doce, sendo dividida em porção norte e sul.

Sistema de abastecimento de água: o sistema é operado pelo Serviço Colatinense de Meio Ambiente e Saneamento Ambiental (SANEAR). Em situação normal de operação, capta água do rio Doce em dois pontos. A captação na margem esquerda é direcionada para a ETA 2, na região norte da sede, que opera com vazão de trabalho de 200 L/s. Já a captação na margem direita é conduzida à ETA 1, na parte sul da localidade, operando com vazão de trabalho de 160 L/s. Atende a 100% da população, cerca de 102.000 habitantes (ESSE, 2015). Uma visão geral do sistema de abastecimento do município é apresentada na Figura 62.

Abastecimento emergencial: o abastecimento emergencial da localidade foi realizado a princípio por meio de caminhões pipa, trazendo água bruta dos mananciais da lagoa do Batista e lagoa do Limão. A água era direcionada às ETAs existentes para tratamento e então distribuída para a população.

Foram construídos dois novos sistemas de captação e adução, no rio Pancas (porção norte) e no rio Santa Maria (porção sul), com capacidade nominal de bombeamento e adução de 160 L/s e 80 L/s, respectivamente. Foram relatadas vazões mais baixas que o esperado nos mananciais neste período recente de operação. Adicionalmente, foram revitalizados poços existentes, mas não é relatado o uso dos mesmos (RENOVA, 2017b).

Atendimento à demanda estabelecida: o Termo de Transação de Ajustamento de Conduta (TTAC) prevê o atendimento a uma vazão de 192,0 L/s. Ressalta-se que o TTAC não aborda situações em que o abastecimento é feito por SAA independentes, não sendo explicitada se a vazão meta deve ser provida para cada um dos SAAs.

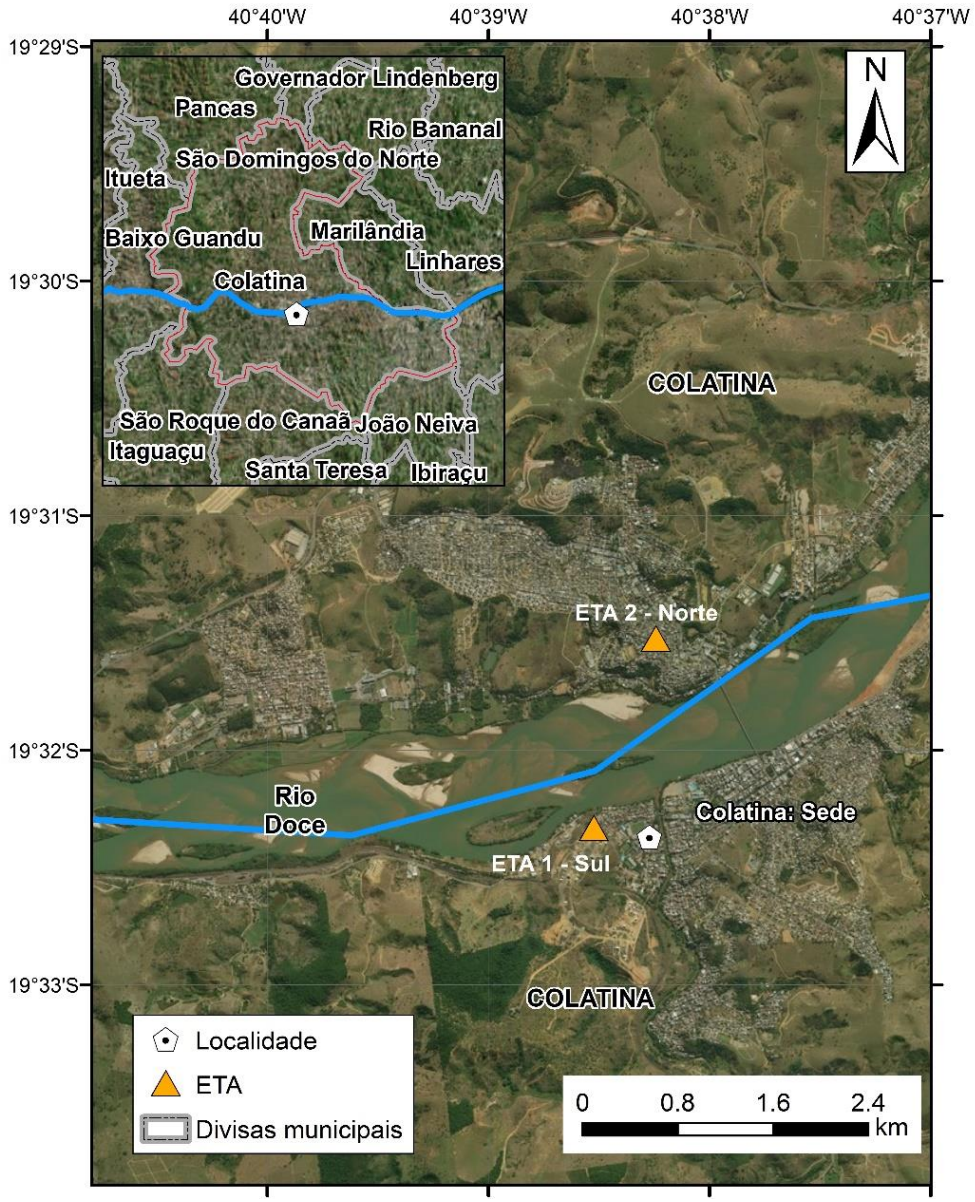


Figura 62. Visão geral da sede municipal de Colatina.

Alternativas

O atendimento à vazão estabelecida no TTAC pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão

especificado na lei, que é a vazão outorgável[37]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[38]. A Tabela 49 apresenta as áreas de drenagem necessárias para suprir a demanda de 192,0 L/s

Tabela 49. Áreas de drenagem necessárias para o abastecimento da Sede - Colatina.

Cenário	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, vazão outorgável	98,94
Sem regularização, mantendo 50% da Q_{90}	151,89
Com regularização, mantendo 50% da Q_{90}	30,39

Analisando a Figura 63, que apresenta hidrografia da região, os quatro mananciais destacados são os únicos cuja área da bacia aparenta ter a ordem de grandeza necessária para atendimento da demanda de forma individual – não requerendo a utilização conjunta de vários cursos d'água de menor porte. Como alternativa aos quatro mananciais apresentados, poderiam ser estudadas combinações de mananciais para o atendimento da demanda. Abaixo são descritos alguns detalhes sobre cada um dos mananciais citados. A Tabela 50 apresenta as características dos mananciais que teriam capacidade para suprir a demanda da sede de Colatina.

A) Rio Pancas: é afluente da margem esquerda do rio Doce (porção norte da localidade) e possui área de drenagem de 1.179,34 km^2. Sua vazão outorgável sem regularização de vazão é estimada em 2.457,83 L/s, sendo capaz de atender à demanda local. Destaca-se que foi construída estrutura para captação com sistema de bombeamento flutuante (sem regularização de vazão) neste manancial e uma adutora até a ETA 2. Desde fevereiro de 2017, este manancial tem sido utilizado como manancial alternativo.

B) Rio Santa Maria do Rio Doce: é afluente da margem direita do rio Doce (porção sul da localidade) e possui área de drenagem de 948,64 km^2, de tal forma que sua vazão outorgável sem regularização de vazão é estimada em 1.964,68 L/s, sendo capaz de atender à demanda local. Destaca-se que foi construída estrutura para captação com sistema de bombeamento flutuante (sem regularização de vazão) neste manancial e uma adutora até a ETA 1. Desde outubro de 2016, este curso d'água tem sido utilizado como manancial alternativo.

C) Rio Santa Joana: localizado no lado sul (margem direita) do rio Doce, apresenta área de drenagem de 895,03 km². Sua vazão outorgável, sem considerar regularização de vazão, é estimada em 1.850,54 L/s.

D) Rio São João Pequeno: situado a cerca de 11 km da ETA 2 (porção norte), este manancial possui uma bacia com área de drenagem igual a 166,57 km², possuindo capacidade para atender à demanda da localidade. A vazão outorgável no manancial é de 328,12 L/s.

[37] A vazão outorgável corresponde à 50% da Q_{90} para o estado do Espírito Santo.

[38] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

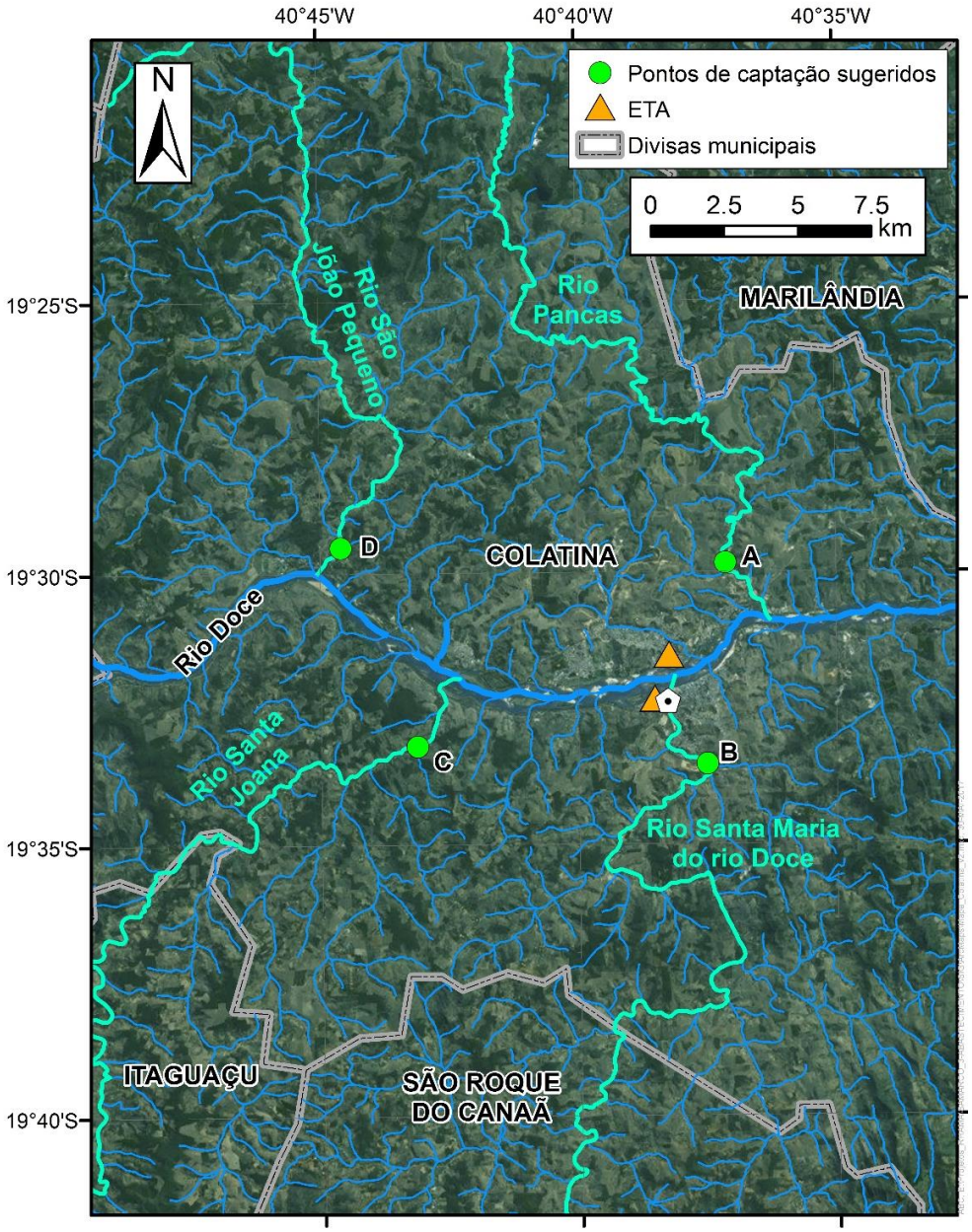


Figura 63. Hidrografia da região e possíveis mananciais para abastecimento da sede de Colatina.

Tabela 50. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento da sede municipal de Colatina.

Alternativa	Manancial	Área de drenagem (km²)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Rio Pancas	1.179,34	6.673,68	2.457,83	67
B	Rio Sta. Maria do Rio Doce	948,64	5.405,37	1.964,68	34
C	Rio Santa Joana	895,03	5.109,27	1.850,54	34
D	Rio São João Pequeno	166,57	1.001,35	328,12	50

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*

Considerando que já foram construídos sistemas alternativos de captação para as porções norte e sul da localidade, incluindo infraestrutura de captação e adução, que está comprovada a qualidade e tratabilidade da água com a tecnologia de tratamento das ETAs locais, e que as vazões outorgáveis estimadas para o rio Pancas e rio Santa Maria superam a demanda local, não seria necessária a avaliação de outras alternativas. Porém, é relatada pela Fundação RENOVA (RENOVA, 2017b) a ocorrência de estiagem severa na região, gerando vazões inferiores ao esperado.

Frente a esta situação, foram sugeridos traçados das adutoras de água bruta que ligam os mananciais rio Santa Joana até a ETA 1 e rio São João Pequeno até a ETA 2. Além disso, apresentam-se também arranjos de captação com reservatórios de acumulação para regularização de vazão nos rios Pancas e Santa Maria do Rio Doce, respectivamente, para abastecimento das ETAs norte e sul.

Ressalta-se que a vazão a ser captada para cada uma das ETAs não será a demanda total da localidade, de 192,0 L/s. A quantia de água retirada em cada um dos cursos d'água será determinada de acordo com a demanda da região (norte e sul). Dessa forma, apesar dos mananciais sugeridos suprirem os critérios necessários para a captação da demanda total, a vazão retirada será menor, em vista da divisão do sistema de abastecimento do município. Os traçados sugeridos para as adutoras são apresentados na Figura 64 e seu comprimento na Tabela 51.

Tabela 51. Traçado sugerido para as adutoras.

Alternativa	Manancial	Comprimento da adutora (km)
A	Rio Pancas	5,8
B	Rio Santa Maria do Rio Doce	4,0
C	Rio Santa Joana	9,9
D	Rio São João Pequeno	15,5

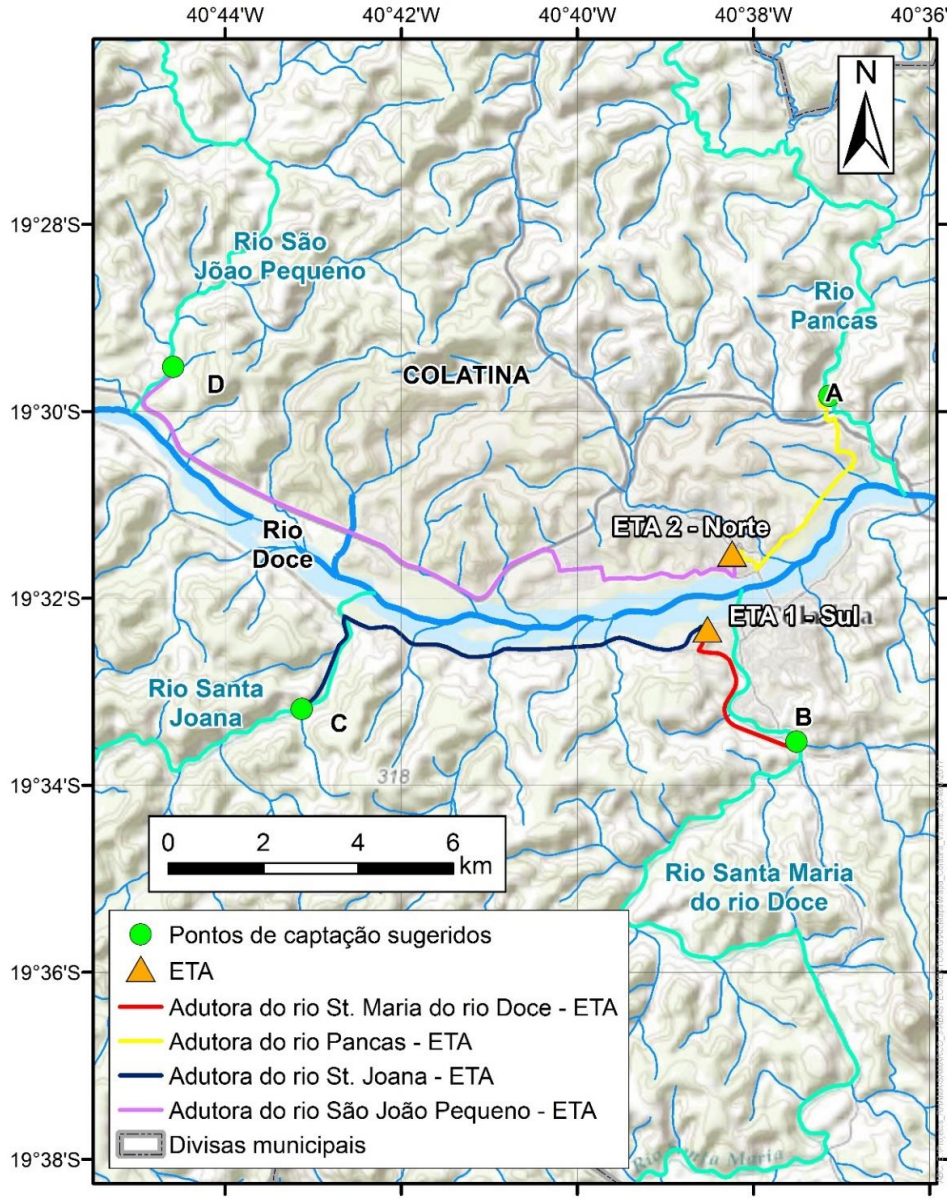


Figura 64. Traçado sugerido para as adutoras do rio Pancas e rio Santa Maria do Rio Doce.

Manancial subterrâneo: para a sede de Colatina, a demanda estabelecida como meta é de 192 L/s (691,2 m³/h). O número necessário de poços para atender a meta, considerando as vazões médias em poços localizados nas proximidades da sede ($Q_{média}$ = 10,6 m³/h = 2,94 L/s), é de 66 poços tubulares. Não foi estimado o número de poços considerando uma probabilidade de 80% de sucesso de conseguir a vazão estabelecida pela meta, dada a grande quantidade de poços envolvida, o que torna esta alternativa inviável.

Considerando a precipitação na área (posto de Baixo Guandu), e considerando-se um círculo com raio de 1,5 km, a recarga no mesmo é de 41,3 L/s (148,7 m³/h). Orienta-se que, havendo necessidade de empregar vazão subterrânea, sejam realizados ensaios de bombeamento e se determine o raio de influência de cada poço.

Existem cinco poços perfurados em Colatina segundo RENOVA (2017b), sendo 1 deles na porção sul e três na porção norte, estes foram revitalizados e apresentam vazão de 10,0 L/s e 17,6 L/s (vazão conjunta) disponível para utilização na porção sul e norte, respectivamente. O quinto poço é localizado no distrito de Columbia fora da sede municipal. É também relatado plano para perfuração de poços ao longo das adutoras do rio Santa Maria e do rio Pancas, mas que não foram concluídos. Se as condições físico-químicas das águas subterrâneas desses poços e as vazões dos mesmos forem boas, eles podem auxiliar no abastecimento da sede do município, bombeando a água subterrânea para as adutoras que levam para as ETAs.

Avaliação das alternativas

Considerações básicas das alternativas: são apresentadas nesta parte do relatório as alternativas para atender à demanda, combinando ou não os mananciais identificados. Inicialmente são apresentadas as condições que permitiram definir as alternativas:

- Considerando a operação independente dos SAA nas partes norte e sul da localidade, os mananciais serão avaliados como alternativa de abastecimento de cada SAA independentemente;
- Será avaliado um aumento da disponibilidade hídrica das captações alternativas existentes considerando a construção de barragem de acumulação;
- Verificou-se que o atendimento da demanda adicional por poços leva a um grande número de captações subterrâneas, o que torna esta opção inviável. Desta forma, ela é, neste ponto, descartada.

Alternativa 1 – Rio Santa Joana (porção sul)

Atendimento da demanda: o rio Santa Joana, localizado a oeste da sede municipal de Colatina, é afluente da margem direita do rio Doce (lado sul). Sua área de drenagem é de 895,03 km² no ponto de captação sugerido. Sua vazão outorgável sem regularização é estimada em 1.850,54 L/s, superando com ampla folga a demanda local, ainda mais quando considerado o uso em conjunto com o rio Santa Maria do Rio Doce. O local sugerido para captação fica a montante de uma cachoeira, sendo esta o controle hidráulico necessário para manutenção de nível de água mínimo para bombeamento. É prevista somente a construção de espigões e proteção das margens com enrocamento junto ao local de instalação das bombas.

Adução: o traçado sugerido para a adutora inicia-se acompanhando a rodovia ES-446 até próximo do rio Doce e então segue o traçado da linha férrea. O comprimento total deste traçado é de 9,9 km, cruzando quatro corpos d'água, sendo sugerida a travessia aérea suportada pela estrutura de ponte/galeria existente.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: sua bacia hidrográfica, bastante extensa, no trecho mais próximo à captação sugerida é predominantemente rural, apresentando em sua maioria pastagens ou culturas de pequeno porte. A vegetação ciliar é quase inexistente. Vários pequenos povoados e propriedades isoladas são encontrados ao longo do eixo do rio e alguns pequenos povoados como Itaçu, Itaimbé e Palmeiras, encontram-se a aproximadamente 20 km, além da sede municipal de Itaguaçu e de Itarana mais distantes, sendo estes identificados como potenciais agentes poluidores.

Requerimentos: no processo de licenciamento desta captação haverá necessidade de requerimento, junto à AGERH, de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, de quatro travessias de corpo d'água bem como intervenção nas APPs para

construção da infraestrutura de captação, adução e para as travessias. Deverão ser verificadas as normas específicas para a construção junto à linha férrea.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É prevista a necessidade de adequação da rede elétrica com prolongamento de até 5,5 km (distância entre a localidade de Luiz Iglesias e a captação). Deve ser verificada sua capacidade, e, se necessário, realizada a adequação da rede elétrica existente.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante, prolongamento da rede elétrica de 5,5 km, construção da adutora de 9,9 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo desta alternativa em R$ 13.884.000,00.

Alternativa 2 – Rio Santa Maria do Rio Doce (porção sul)

Atendimento da demanda: o rio Santa Maria do Rio Doce, que cruza a porção sul da sede municipal de Colatina, é afluente da margem direita do rio Doce (lado sul). Este manancial já vem sendo utilizado para o abastecimento da localidade. Sua área de drenagem é de 948,64 km² no ponto de captação, o que corresponde a uma estimativa de vazão outorgável sem regularização de 1.850,54 L/s, o que seria suficiente para atendimento da demanda local.

No entanto, foram observadas, em campo, vazões inferiores às esperadas, além de baixa qualidade de água durante condições de estiagem. Informações preliminares apontam captações para irrigação a montante, as quais não necessariamente são regulares e/ou fiscalizadas. É possível que este seja um dos fatores que esteja levando ao déficit observado. Acrescenta-se também a existência de diversos açudes e represamentos, os quais aumentam as perdas por evaporação da bacia, contribuindo para diminuição da disponibilidade hídrica a jusante.

Sugere-se que seja feito um esforço junto aos órgãos de fiscalização para inibição de captações irregulares. Porém, entende-se que esta é uma medida de médio a longo prazo, no curto prazo é necessária a construção de barramento para acumulação e regularização de vazão. É estimado que a regularização de vazão seja capaz de promover aumento da disponibilidade hídrica na ordem de até 2,7 vezes, sendo esta função principalmente da aptidão local (topografia) para a construção de reservatório. A escala de trabalho dos dados topográficos utilizados no presente estudo (MDE do SRTM) não permitem uma avaliação adequada para locação do eixo da barragem. Para fins de estimativa de custo é considerado a construção de barragem próximo a captação atual e espera-se que seja aproveitada parcialmente a estrutura e equipamentos da captação existente. No entanto, persistem as incertezas apontadas de retiradas a montante que a regularização pode não solucionar.

Adução: considera-se que seja aproveitada a adutora existente, sendo previstas apenas adequação e eventual reforma em trecho de até 1,0 km.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia hidrográfica é extensa. No trecho mais próximo à captação sugerida, observa-se ocupação predominantemente rural, apresentando em sua maioria pastagens ou culturas de pequeno porte. A vegetação ciliar é quase inexistente. Vários pequenos povoados e propriedades isoladas, além de cidades, estão presentes na bacia, sendo estes identificados como potenciais agentes causadores da baixa qualidade de água observada em vazões de estiagem.

Requerimentos: considerando o que o manancial já vem sendo explorado o procedimento de licenciamento deve ser o requerimento de outorga junto à AGERH para captação em curso d'água, para construção de barramento com reservação, intervenção em APP para as obras e eventual supressão de vegetação nativa.

Os testes de qualidade de água devem continuar em função do uso atual (a qualidade já é conhecida e é compatível com a tecnologia de tratamento da ETA). Estes dados devem ser examinados na escolha desta alternativa.

Considerando o aproveitamento parcial da estrutura de captação, para fins de orçamento é previsto reforma e/ou prolongamento de até 1,0 km da rede elétrica.

Estimativa de custos: considerando o aproveitamento da estrutura de captação, adequação de até 1,0 km de adutora, assessoria nos procedimentos de licenciamento, construção de barramento de terra e enrocamento de até 7,5 m de altura e instalação de estação fluviométrica, estima-se o custo de implantação desta alternativa em R$ 3.924.000,00. Destaca-se que o custo de construção de um barramento é altamente influenciado pelo seu porte, técnica construtiva, relevo e geologia local, de modo que na fase de projeto básico e executivo a estimativa de investimentos pode sofrer alterações significativas.

Alternativa 3 – Rio São João Pequeno (porção norte)

Atendimento da demanda: o rio São João Pequeno, localizado a oeste da sede municipal de Colatina, é afluente da margem esquerda do rio Doce (lado norte). Sua área de drenagem é de 166,57 km² no ponto de captação sugerido. Sua vazão outorgável sem regularização é estimada em 328,12 L/s, sendo compatível com a meta de abastecimento local, especialmente se considerado o uso em conjunto com o rio Pancas. Não será necessária a construção de reservatório para regularização. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo, soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: o traçado sugerido para a adutora inicia-se acompanhando a rodovia BR-259 até a sede municipal, onde segue posteriormente por vias locais até a ETA 2. O comprimento total deste traçado é de 15,5 km, cruzando sete corpos d'água, sendo sugerida a travessia aérea suportada pela estrutura de ponte/galeria existente.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: sua bacia hidrográfica é predominantemente rural, apresentando em sua maior parte pastagens ou culturas de pequeno porte. A vegetação ciliar é quase inexistente. Diferente das outras bacias avaliadas, a presença humana é reduzida, não sendo identificados aglomerados populacionais ou outros potenciais grandes poluidores. Há indícios de captações irregulares.

Requerimentos: no processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à AGERH, de outorga para captação em curso d'água e barramento sem regularização em corpo superficial, de sete travessias de corpo d'água bem como intervenção nas APPs para construção da infraestrutura de captação, adução e para as travessias. Deverão ser verificadas as normas específicas para construção junto a rodovias federais.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É prevista a necessidade de adequação da rede elétrica com prolongamento de até 2,0 km (distância entre o IFES – Campus Itapina e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante, prolongamento da rede elétrica de 2,0 km, construção da adutora de 15,5 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo desta alternativa em R$ 21.202.000,00.

Alternativa 4 – Rio Pancas (porção norte)

Atendimento da demanda: o rio Pancas, localizado a leste, junto da malha urbana da sede municipal de Colatina, é afluente pela margem esquerda do rio Doce (lado norte). Este manancial já vem sendo utilizado para o abastecimento da localidade. Sua área de drenagem é de 1.179,34 km² no ponto de captação, o que corresponde a uma estimativa de vazão outorgável sem regularização de 2.457,83 L/s, o que seria suficiente para atendimento da demanda local.

No entanto, foram observadas, em campo, vazões inferiores às esperadas. Informações preliminares apontam captações para irrigação a montante, as quais não necessariamente são regulares e/ou fiscalizadas. É possível que este seja um dos fatores que esteja levando ao déficit observado.

Sugere-se que seja feito um esforço junto aos órgãos de fiscalização para inibição de captações irregulares. Porém, entende-se que esta é uma medida de médio a longo prazo, de tal forma que se indica que no curto prazo seja realizada a construção de barramento para acumulação e regularização de vazão. É estimado que a regularização de vazão seja capaz de promover aumento da disponibilidade hídrica na ordem de até 2,7 vezes, sendo esta função principalmente da aptidão local (topografia) para a construção de reservatório. A escala de trabalho dos dados topográficos utilizados no presente estudo (MDE do SRTM) não permitem uma avaliação adequada para locação do eixo da barragem. Para fins de estimativa de custo é considerado a construção de barragem próximo a captação atual e espera-se que seja aproveitada parcialmente a estrutura e equipamentos da captação existente.

Espera-se que seja parcialmente aproveitada a estrutura e equipamento de captação existente.

Adução: considera-se que será aproveitada a adutora existente, sendo prevista somente adequação e eventual reforma em trecho de até 1,0 km.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia hidrográfica é bastante extensa. No trecho mais próximo à captação sugerida, a ocupação é predominantemente rural, apresentando em sua maioria pastagens ou culturas de pequeno porte. A vegetação ciliar é quase inexistente. Vários pequenos povoados e propriedades isoladas, além de cidades, estão presentes na bacia, sendo estes identificados como potenciais agentes causadores da baixa qualidade de água observada em vazões de estiagem. Há indícios de captações irregulares.

Requerimentos: considerando o que o manancial já vem sendo explorado o procedimento de licenciamento deve ser o requerimento de outorga junto à AGERH para captação em curso d'água, para construção de barramento com reservação, intervenção em APP para as obras e eventual supressão de vegetação nativa.

Os testes de qualidade de água devem continuar em função do uso atual (a qualidade já é conhecida e é compatível com a tecnologia de tratamento da ETA). Estes dados devem ser examinados na escolha desta alternativa.

Considerando o aproveitamento parcial da estrutura de captação, para fins de orçamento é previsto reforma e/ou prolongamento de até 1,0 km da rede elétrica.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, com aproveitamento da estrutura de captação, adequação de até 1,0 km de adutora, assessoria nos procedimentos de licenciamento, construção de barramento de terra e enrocamento de até 10 m de altura, e instalação de estação fluviométrica, estima-se o custo desta alternativa no rio Pancas em R$ 4.719.000,00. Destaca-se que o custo de construção de um barramento é altamente influenciado pelo seu porte, técnica construtiva, relevo e geologia local, de modo que na fase de projeto básico e executivo a estimativa de investimentos pode sofrer alterações significativas.

A Tabela 52 apresenta uma síntese das características dos mananciais avaliados.

Considerações finais

A análise foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo.

Tanto para a porção sul quanto para a porção norte, as alternativas correspondentes a construção de barragens para acumulação, associada a um programa de fiscalização de usos de água irregulares na bacia se mostram como mais atrativas as alternativas 2 e 4, respectivamente. Os mananciais das alternativas 1 e 3 se encontram muito longe da localidade, significando elevado custo na construção da adutora, correspondendo em ambos os casos em mais de 85% do custo da alternativa.

Os resultados obtidos devem ser revistos com dados locais para diminuir as incertezas associadas às estimativas. Caso seja verificado em campo que os mananciais apontados não são adequados, deve-se investigar as outras alternativas expostas na Tabela 50 e outros arranjos de uso conjunto de mananciais.

Tabela 52. Tabela resumo das características das alternativas - Colatina.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Rio Santa Joana	9,9	4 trav. em curso d'água; 1 trav. em rodovia estadual	Regular. Presença de aglomerados populacionais a montante.	Completa sem reservação	5,5 km em localidade rural	1 out. captação 1 out. barramento 5 interv. em APP 4 trav. curso d'água	13.884	2*
2	Rio Santa Maria do Rio Doce	Até 1,0	-	Regular. Presença de aglomerados populacionais a montante e indícios de captações irregulares.	Completa com reservação	Até 1,0 km em localidade rural	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP	3.924	1*
3	Rio São João Pequeno	15,5	7 trav. em curso d'água; e ao menos 9 trav. em acessos a rodovia	Regular	Completa sem reservação	2,0 km em localidade rural	1 out. captação 1 out. barramento 8 interv. em APP 7 trav. curso d'água	21.202	2**
4	Rio Pancas	Até 1,0	-	Regular. Indícios de captações irregulares.	Completa com reservação	Até 1,0 km em localidade rural	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP	4.719	1**

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

* *Ordem sugerida para atendimento da porção Sul.*

** *Ordem sugerida para atendimento da porção Norte.*

7.2.9 Fernandes Tourinho – Senhora da Penha

Caracterização

Localização: o município de Fernandes Tourinho pertence ao estado de Minas Gerais e está situado na margem direita do rio Doce. O distrito de Senhora da Penha é a única localidade do município comtemplada pelo TTAC para estudo e construção de sistema de abastecimento de água utilizando manancial alternativo ao rio Doce. É uma localidade predominantemente rural, com cerca de 550 habitantes, segundo o PMSB do município (UNEC, 2016b).

Sistema de abastecimento e estação de tratamento de água: em condições normais, o abastecimento é realizado de maneira individual através de poços e sem captação de água no rio Doce. Ressalta-se que a localidade possui um sistema com reservação e distribuição da Prefeitura Municipal de Fernandes Tourinho, porém o mesmo encontrava-se desativado. O único poço de que se tem informação na localidade possui a vazão de 1,2 L/s, mas encontra-se inativo conforme o PMSB (UNEC, 2016b). A localidade não possui uma ETA. A Figura 65 apresenta a localização de Fernandes Tourinho – Senhora da Penha, assim como os componentes de seu sistema de abastecimento.

Abastecimento emergencial: não foram encontradas informações quanto às medidas tomadas para o abastecimento em caráter emergencial da localidade.

Atendimento a demanda estabelecida: o TTAC prevê o atendimento a uma vazão de 1,2 L/s. Dessa forma, serão buscados mananciais (superficiais e/ou subterrâneos) que supram essa vazão.

Alternativas

O atendimento à vazão estabelecida no TTAC pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão especificado na lei, que é a vazão outorgável[39]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[40]. O conjunto de valores determinados são apresentados na tabela abaixo. A Tabela 53 apresenta as áreas de drenagem necessárias para suprir a demanda de 1,2 L/s.

[39] A vazão outorgável corresponde a 50% da $Q_{7,10}$ para o estado de Minas Gerais.

[40] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

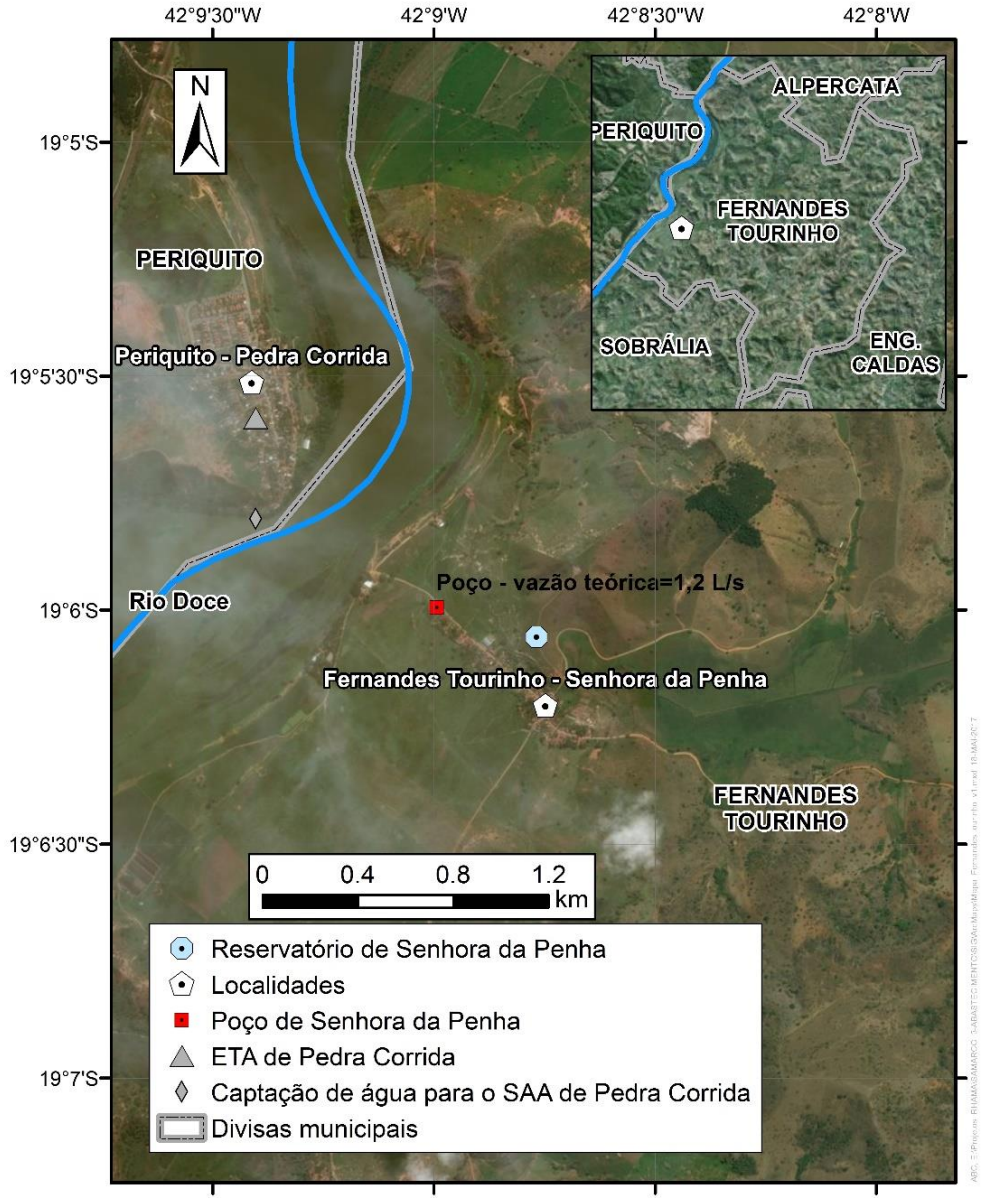


Figura 65. Caracterização da infraestrutura do abastecimento de Senhora da Penha.

Tabela 53. Áreas de drenagem requeridas para o abastecimento de Senhora da Penha.

Cenário	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, vazão outorgável	1,14
Sem regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	0,73
Com regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	0,15

A partir das áreas de drenagem apresentadas na Tabela 53, procurou-se mananciais que possuem bacias que atendam aos critérios para os dois cenários analisados. A Figura 66 fornece uma visão geral da hidrografia na região próxima de Senhora da Penha. Analisando-se da hidrografia da área, verifica-se que os possíveis mananciais para o abastecimento da localidade são: córrego Preto, córrego Boa Esperança, córrego Caparaó, córrego Cachoeira e córrego Peral. A seguir, é apresentada uma análise de cada uma das possibilidades. A Tabela 54 apresenta as características dos mananciais que teriam capacidade para suprir a demanda de abastecimento na localidade Senhora da Penha.

A) **Córrego Preto**: trata-se do manancial que possui a bacia com maior área de drenagem entre as alternativas, cerca de 27,97 km² (Figura 66), sendo suficiente para suprir a demanda da localidade. Além disso, o próprio Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) já o havia citado como possível alternativa ao abastecimento. No ponto de captação sugerido, o Córrego Preto possui vazão outorgável sem regularização de vazão de 32,41 L/s, muito superior à demanda da localidade.

B) **Córrego Boa Esperança**: afluente do córrego Preto, este manancial também possui capacidade de atender à demanda da localidade. Possui uma bacia com área de 7,3 km², resultando em uma vazão outorgável de 8,13 L/s, correspondendo a pouco mais de 6 vezes o necessário para o abastecimento da localidade de Senhora da Penha.

C) **Córrego Caparaó**: mais distante que os mananciais apresentados anteriormente, possui uma bacia com área de drenagem de 4,17 km² no ponto de captação sugerido, podendo ser maior caso a captação seja feita em um local mais a jusante. No ponto sugerido, o manancial possui uma vazão outorgável estimada em 4,57 L/s. O córrego Caparaó é capaz de atender a demanda da localidade de Senhora da Penha sem necessidade de construção de reservatório.

D) **Córrego Cachoeir**a: este manancial é um afluente do córrego Caparaó e possui uma bacia com área de 5,41 km², que supera a demanda necessária para todos os cenários. A vazão outorgável sem regularização de vazão neste manancial é de 5,97 L/s, praticamente cinco vezes a demanda de 1,2 L/s. Está situado próximo à divisa de Fernandes Tourinho com o município de Sobrália, a uma distância aproximada de 3,4 km da localidade.

E) **Córrego Peral**: situado ao norte do centro urbano da localidade, este é o manancial mais distante entre os analisados. Com uma bacia de 3,34 km², possui vazão outorgável sem regularização de vazão estimada em 3,63 L/s. Dessa forma, possui capacidade para atender a demanda da localidade em todos os cenários.

A localidade de Senhora da Penha não possui uma ETA. Preferencialmente deve ser feita a sua construção em uma região mais elevada que o centro urbano para que a visando a distribuição por gravidade. A Figura 67 apresenta a localização sugerida para ETA, que foi definida com base no MDE fornecido pelo SRTM. Analisando-se o relevo da região, conforme o MDE disponível, percebe-se que o centro urbano de Senhora da Penha encontra-se a uma elevação em torno de 200 m. Dessa forma, o local sugerido na Figura 67 possui uma elevação de 207 m e situa-se próximo de uma estrada, o que facilitaria o acesso.

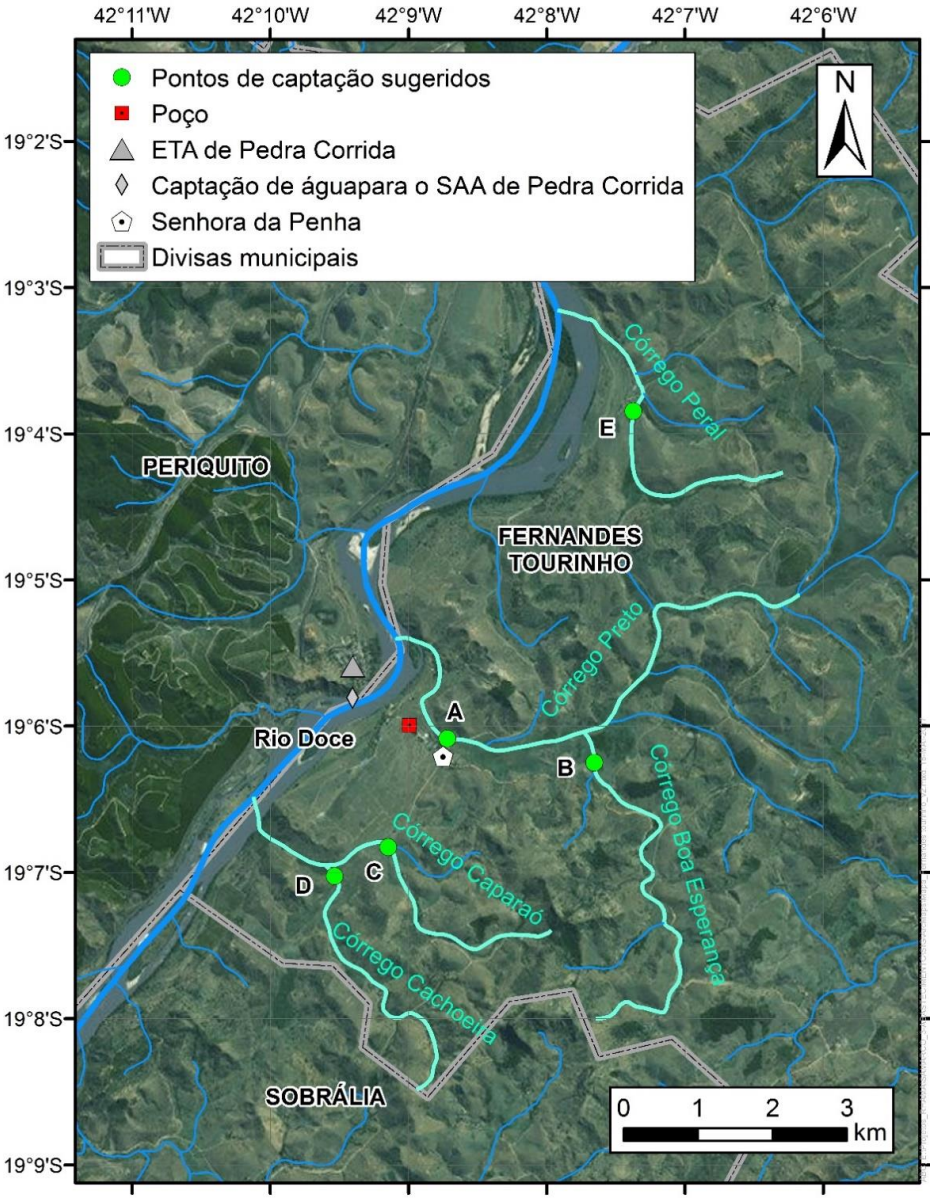


Figura 66. Hidrografia da região e possíveis mananciais para o abastecimento de Senhora da Penha.

Tabela 54. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade de suprir a demanda para abastecimento de Senhora da Penha.

Alternativas	Manancial	Área de drenagem (km²)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Córrego Preto	27,97	197,09	32,41	8
B	Córrego Boa Esperança	7,30	53,03	8,13	8
C	Córrego Caparaó	4,17	30,67	4,57	4
D	Córrego Cachoeira	5,41	39,56	5,97	3
E	Córrego Peral	3,34	24,69	3,63	14

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*

Entre as soluções apresentadas, os córregos Preto (alternativa A) e Boa Esperança (alternativa B) destacam-se por se localizarem mais próxima do centro urbano que as demais. Assim, considerando-se estas alternativas, foram elaborados traçados de adutora. O traçado sugerido para as duas adutoras é apresentado na Figura 67 e a sua extensão é apresentada na Tabela 55.

Tabela 55. Extensão das adutoras sugeridas para o abstecimento da localidade de Senhora da Penha em Fernandes Tourinho.

Alternativa	Manancial	Comprimento da adutora (km)
A	Córrego Preto	1,1
B	Córrego Boa Esperança	1,6

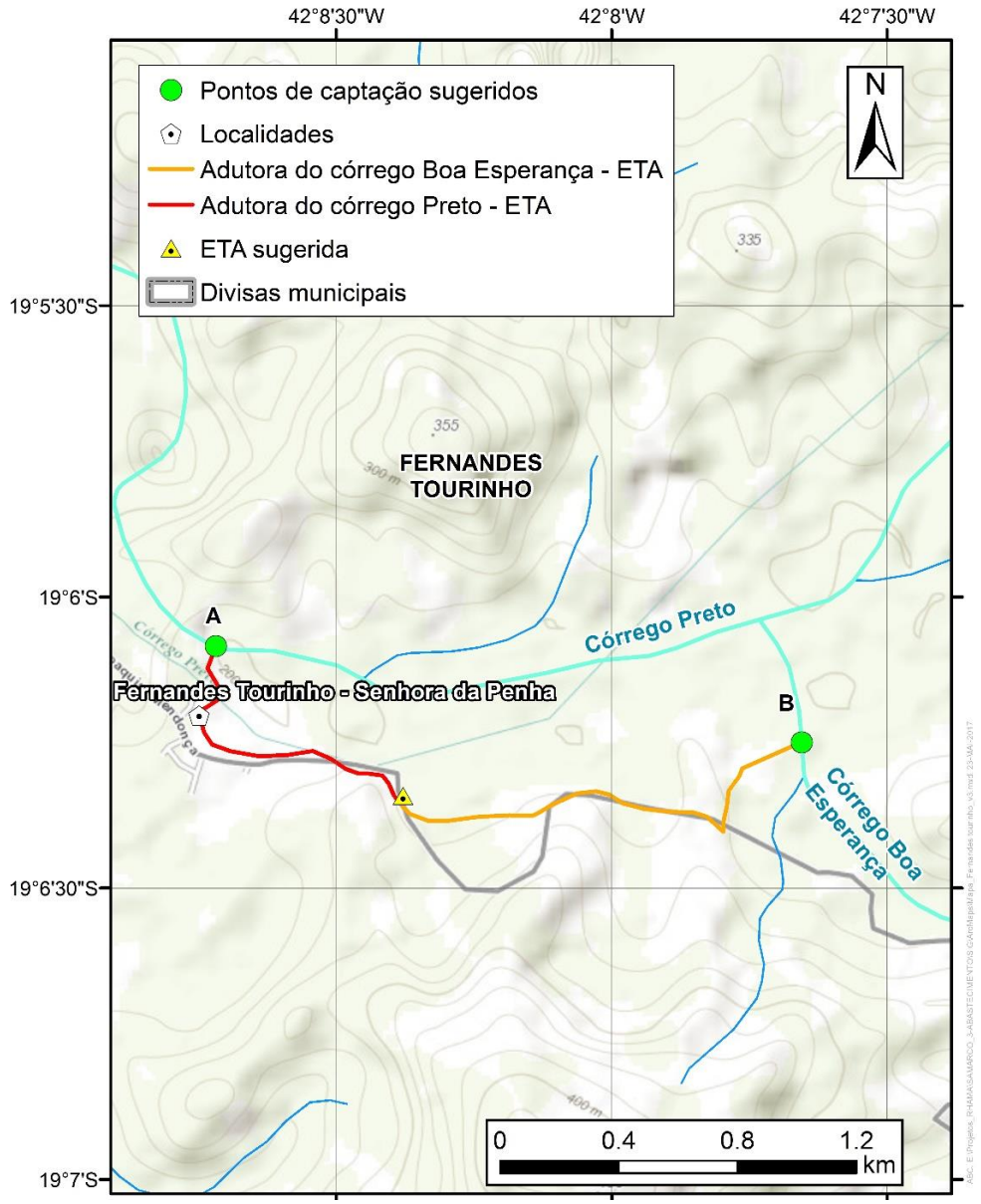


Figura 67. Traçado sugerido para as adutoras córrego Preto e córrego Boa Esperança.

Manancial subterrâneo: para o distrito de Senhora da Penha, a demanda estabelecida como meta é de 1,2 L/s (4,3 m³/h). Quando se analisam as vazões médias em poços localizados nas proximidades do município de Fernandes Tourinho ($Q_{média}$ = 10,2m³/h = 2,8 L/s), conclui-se que o número de poços necessários para suprir a demanda de abastecimento do local é um poço tubular.

A estimativa regional com probabilidade de 80% de sucesso de conseguir a vazão estabelecida pela meta (4,3 m³/h), também aponta que é necessário um poço tubular para abastecer o distrito de Senhora da Penha.

Considerando a precipitação anual média na área da bacia (posto de São Sebastião da Encruzilhada), é possível observar que as taxas de explotação de água subterrânea dos poços propostos pelos dois métodos não irão superar a taxa de recarga. Considerando um círculo com raio de 1,5 km, a recarga

neste local é de 47 L/s (169 m³/h). Isto indica que as águas subterrâneas podem abastecer o distrito de Senhora da Penha sem afetar as reservas permanentes.

Já existe um poço perfurado com uma vazão de 1,2 L/s, que atenderia a demanda em sua totalidade.

Avaliação das alternativas

É apresentada, neste item, uma avaliação descritiva para fins de comparação das alternativas de uso de manancial subterrâneo, córrego Preto e córrego Boa Esperança, além de um quadro comparativo quanto à comprimento de adutora, intervenções previstas, pontos críticos, infraestrutura e atividades requeridas. Destaca-se que não existe infraestrutura de tratamento na localidade, e que os investimentos estimados não contemplam a construção de uma ETA, somente os sistemas de captação e adução. Destaca-se ainda que a alteração do local sugerido para a ETA implica na modificação dos traçados sugeridos para as adutoras, seu comprimento e, consequentemente, seu custo estimado.

Alternativa 1 – Manancial subterrâneo

Atendimento da demanda: a Fundação RENOVA realizou a perfuração de poço profundo na localidade, o qual possui vazão observada de 1,2 L/s, capaz de atender à demanda local e que se encontra disponível para uso. Considerando que o poço perfurado pela RENOVA é capaz de proporcionar vazão suficiente para o abastecimento, não há a necessidade de perfuração de novo poço tubular.

Requerimentos: por se tratar da utilização de um poço já perfurado, espera-se que o custo do uso desta alternativa seja limitado aos testes de qualidade (que são comuns a todos os mananciais) e assessoria ao procedimento de licenciamento. Como atividades do processo de licenciamento do poço, é previsto somente o requerimento de outorga para poço tubular, junto à SEMAD (MG).

Deverão ser realizados testes de qualidade e potabilidade da água para avaliar a viabilidade da mesma para consumo humano.

O local do poço é dentro da malha urbana, de modo que não é prevista construção de rede elétrica até o local, somente verificação da mesma e, se necessário, adequação da rede elétrica existente.

Estimativa de custos: como apresentado, toda a infraestrutura para a utilização desta alternativa já foi construída, de modo que os custos estimados para a ativação correspondem somente ao processo de requerimento de outorga e aos testes de qualidade da água. Estimou-se que são necessários investimentos da ordem de R$ 28.000,00.

Alternativa 2 – Córrego Preto

Atendimento da demanda: o manancial superficial mais próximo à localidade de Senhora da Penha é o córrego Preto. Sua vazão outorgável sem regularização de vazão é estimada em 32,41 L/s e supera em vinte e sete vezes a demanda total da localidade (1,2 L/s). Não será necessária a construção de reservatório. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo, uma soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: o ponto de captação definido para este manancial está situado numa elevação mais baixa que o local da ETA sugerido, de modo que será necessária a construção de elevatória e uma adutora sob pressão para vencimento de um desnível de aproximadamente 8 m. O local de captação, onde serão instaladas as elevatórias, está próximo da área urbana e o traçado da adutora segue as vias públicas,

minimizando eventuais conflitos quanto à desapropriação de terras. Será necessário 1,1 km de tubulação, dos quais aproximadamente 0,3 km estão na malha urbana da localidade.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente composta de pastagem. Identifica-se a presença de cultivo na várzea do córrego, incluindo canais de irrigação do tipo espinha de peixe, em trecho a montante da cidade e da captação sugerida. Não há indícios de grandes propriedades com práticas agropecuárias intensivas ou de aglomerados populacionais. Potencialmente o cultivo na área de várzea pode causar alterações dos padrões de qualidade de água. Caso esta situação seja verificada, pode ser avaliada a mudança do local de captação para montante dessa área de cultivo.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação haverá necessidade de requerimento de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, junto à SEMAD, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,1 km (distância entre malha urbana e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede e, se necessário, realização de adequação da rede elétrica existente.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento de 0,1 km da rede elétrica, construção de adutora de 1,1 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo de implantação desta alternativa em R$ 226.000,00.

Alternativa 3 – Córrego Boa Esperança

Atendimento da demanda: o manancial superficial córrego Boa Esperança é afluente do córrego Preto e possui vazão outorgável sem regularização de vazão estimada em 8,13 L/s, que é da ordem de 6 vezes o necessário para atendimento da demanda local, de 1,2 L/s. Considerando sua pequena área de drenagem (7,30 km²) e as incertezas intrínsecas aos estudos hidrológicos, para fins de estimativa de investimentos será considerada a construção de um pequeno reservatório.

Adução: o ponto de captação sugerido para este manancial está situado em cota mais baixa que o local da ETA sugerido, de modo que será necessária a construção de elevatória e uma adutora sob pressão para vencimento de um desnível de aproximadamente 8 m. Serão necessários 1,6 km de tubulação, toda situada em área rural.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente composta de pastagem. Não há indícios de grandes propriedades com práticas agropecuárias intensivas ou de aglomerados populacionais, não sendo identificados grandes potenciais poluidores. O local de captação sugerido fica a montante da área de cultivo de várzea do córrego Preto.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação haverá necessidade de requerimento de outorga para captação em curso d'água e para barramento com regularização em corpo superficial, junto à SEMAD, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 1,9 km (distância entre malha urbana e a captação).

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante, prolongamento da rede elétrica em 1,9 km, construção de adutora de 1,6 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo desta alternativa em R$ 334.000,00. Ao adicionar-se o barramento, estima-se um investimento total de R$ 1.034.000,00. Destaca-se que o custo de construção de um barramento é altamente influenciado pelo seu porte, técnica construtiva, relevo e geologia local, de modo que na fase de projeto básico e executivo a estimativa de investimentos pode sofrer mudanças substanciais.

A Tabela 56 apresenta uma síntese das características dos mananciais avaliados.

Considerações finais

A análise foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo.

Dentre as alternativas analisadas, a alternativa 1, uso de poço profundo se mostra como a alternativa potencialmente mais vantajosa. É a alternativa que apresenta o menor custo de implantação, não envolve construção de infraestrutura adicional e o processo de licenciamento é o mais simplificado dentre as alternativas aqui analisadas. Espera-se também que o abastecimento por meio deste manancial possa ser implementado quase que de imediato. Considerando a urgência do restabelecimento do abastecimento de água da localidade, fatores financeiros e práticos de sua implementação, aconselha-se à RENOVA a prosseguir com avaliação detalhada deste manancial, incluindo a realização dos testes de qualidade, potabilidade e tratabilidade da água. Ressalta-se que a localidade não possui ETA e que o custo para a sua construção não está contemplado nas estimativas de investimento, mas destaca-se a possibilidade do uso da técnica de filtração direta como solução para o tratamento.

Sendo confirmado que o tratamento empregado é capaz de fornecer água nos padrões de potabilidade, aconselha-se o uso de poço profundo para abastecimento da localidade de Senhora da Penha no município de Fernandes Tourinho, Minas Gerais.

Caso os testes apontem que não serão atendidos os padrões de potabilidade, aconselha-se a seguinte ordem para avaliação mais aprofundada: alternativa 2 e 3.

Os resultados obtidos devem ser revistos com dados locais para dirimir as incertezas associadas às estimativas. Caso seja verificado em campo que os mananciais apontados não são adequados, deve-se investigar as outras alternativas expostas na Tabela 54 e o uso conjunto de mais de um manancial.

Tabela 56. Tabela resumo das características das alternativas – Fernandes Tourinho – Senhora da Penha.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Manancial subterrâneo	-	-	-	Já existente	Não	1 out. poço	28	1
2	Córrego Preto	1,1	Trecho de 0,3 km sob vias urbanas	Regular	Completa sem reservação	0,1 km próximo a malha urbana	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP	226	2
3	Córrego Boa Esperança	1,6	Travessia de acessos a propriedades	Boa	Completa sem reservação	1,9 km em localidade rural	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP	1.034	3

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

7.2.10 Galiléia – Sede

Caracterização

Localização: o município de Galiléia está localizado na região leste do estado de Minas Gerais, fazendo divisa, a oeste, com Governador Valadares e, ao sul, com Tumiritinga. Sua sede, localizada na parte sudeste do município junto às margens do rio Doce, teve seu abastecimento de água comprometido.

Sistema de abastecimento de água: em situação normal de operação, a captação para abastecimento é realizada no rio Doce através de bomba e tratamento na ETA local, distante aproximadamente 150 m do ponto de captação. O sistema é operado pelo SAAE – Galiléia e atende a 100% da população, cerca de 8.100 habitantes. Uma visão geral do sistema de abastecimento é mostrada na Figura 68. Adicionalmente, como parte do programa de melhorias e compensações, a Fundação RENOVA e a Prefeitura de Galileia firmaram um acordo de construção de nova ETA, a qual será feita ao lado da ETA existente.

Abastecimento emergencial: Segundo estudo da ESSE (2015), como medida emergencial, foram perfurados poços próximos à ETA, com altas concentrações de ferro e manganês na água. A qualidade da água foi considerada inadequada para consumo e, a princípio, os poços seriam desativados. Dois caminhões pipa complementavam o volume necessário para abastecimento, trazendo água tratada do município de Conselheiro Pena.

Posteriormente, em RENOVA (2016b) é relatado o uso de quatro poços com sistemas de filtração independentes com capacidade de promover a potabilidade da água tratada. Estes poços passaram por melhorias e foi confirmada uma vazão conjunta média de 18,0 L/s, sendo estes utilizados para atendimento da demanda local (RENOVA, 2017b).

Atendimento à demanda estabelecida: o TTAC prevê o atendimento à vazão de 7,09 L/s. Dessa forma, foram identificados mananciais (superficiais e/ou subterrâneos) que supram essa vazão.

Alternativas

O atendimento à vazão estabelecida no TTAC pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão especificado na lei, que é a vazão outorgável[41]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[42]. O conjunto de valores determinados são apresentados na tabela abaixo. A Tabela 57 apresenta as áreas de drenagem necessárias para suprir a demanda de 7,09 L/s.

[41] A vazão outorgável corresponde à 50% da $Q_{7,10}$ para o estado de Minas Gerais.

[42] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

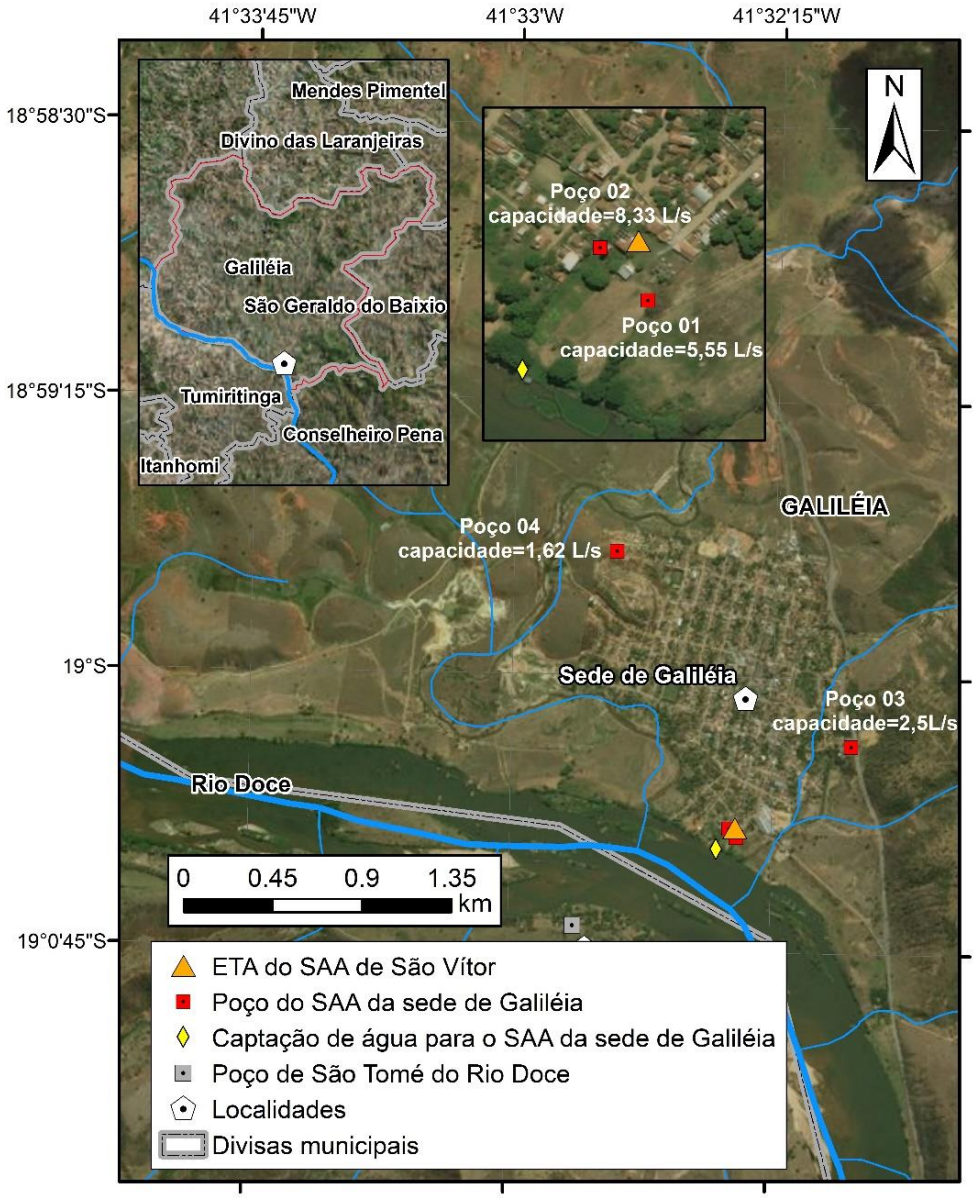


Figura 68. Caracterização do sistema de abastecimento de Galiléia. Existem outros dois poços na sede de Galiléia.

Tabela 57. Áreas de drenagem necessárias para o abastecimento da sede municipal de Galiléia.

Cenário	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, vazão outorgável	6,39
Sem regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	4,07
Com regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	0,93

Determinadas as áreas mínimas, identificaram-se mananciais próximos à localidade que possuam área de drenagem suficiente para atendimento da demanda. Com base nos valores encontrados na Tabela 57 e na análise da hidrografia da região, foram selecionados os seguintes mananciais: ribeirão

Laranjeiras, ribeirão São Paulo, córrego Urucum e córrego São Tomé (Tabela 58). A Figura 69 mostra cada um dos mananciais e, a seguir, é apresentada uma análise de cada um deles.

A) **Ribeirão Laranjeiras:** possui a maior área de drenagem entre todos os mananciais analisados. Com área de 786,90 km^2, sua vazão outorgável sem regularização de vazão é de 1.006,53 L/s, muito superior à demanda da localidade (7,09 L/s). O ponto de captação sugerido encontra-se distante cerca de 2,0 km da ETA. O ponto localiza-se a montante da malha urbana da localidade visando minimizar riscos de contaminação por lançamento de efluentes.
B) **Ribeirão São Paulo:** localizado a oeste da cidade, é o manancial mais distante da ETA, com área de drenagem de 156,16 km^2 e vazão outorgável sem regularização de vazão é estimada em 190,41 L/s. A vazão do manancial supre com folga a demanda da localidade, porém, o ponto de captação sugerido se encontra a aproximadamente 8,6 km da localidade.
C) **Córrego Urucum:** localizado ao sul da localidade junto à divisa com o município de Conselheiro Pena, a aproximadamente 2,8 km de distância. Possui área de drenagem relativamente pequena quando comparado aos demais mananciais analisados, 51,54 km^2, porém com vazão capaz de atender a demanda local. Sua vazão outorgável sem regularização de vazão é estimada em 60,82 L/s.
D) **Córrego São Tomé:** este manancial atravessa a malha urbana de Galiléia. O ponto de captação sugerido se encontra a montante da malha urbana da localidade visando minimizar riscos de contaminação por lançamento de efluentes. De todos os mananciais analisados é o que possui menor área de drenagem, 9,96 km^2. Sua vazão outorgável sem regularização de vazão é de 11,19 L/s, capaz de atender a demanda da localidade.

Tabela 58. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Galiléia - Sede.

Alternativa	Manancial	Área de drenagem (km^2)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Ribeirão Laranjeiras	786,90	5.124,68	1.006,53	-8
B	Ribeirão São Paulo	156,16	1.057,21	190,41	-14
C	Córrego Urucum	51,54	358,09	60,82	-14
D	Córrego São Tomé	9,96	71,85	11,19	-23

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*

Ressalta-se que a atual ETA da localidade a se encontra na várzea do rio Doce e é sujeita às suas enchentes. A Fundação RENOVA e a Prefeitura de Galileia firmaram um acordo de construção de nova ETA, a qual será feita ao lado da ETA existente em cota mais elevada.

Os mananciais selecionados para a análise em detalhe correspondem as alternativas A, C e D. Para a análise comparativa dos possíveis mananciais, foram sugeridos traçados das adutoras de água bruta que ligam os pontos de captação à ETA a ser construída. O traçado sugerido para as duas adutoras é apresentado na Figura 70 e a sua extensão é apresentada na As distâncias aproximadas de cada trecho de adução de água bruta, até a ETA, podem ser observadas na Tabela 59.

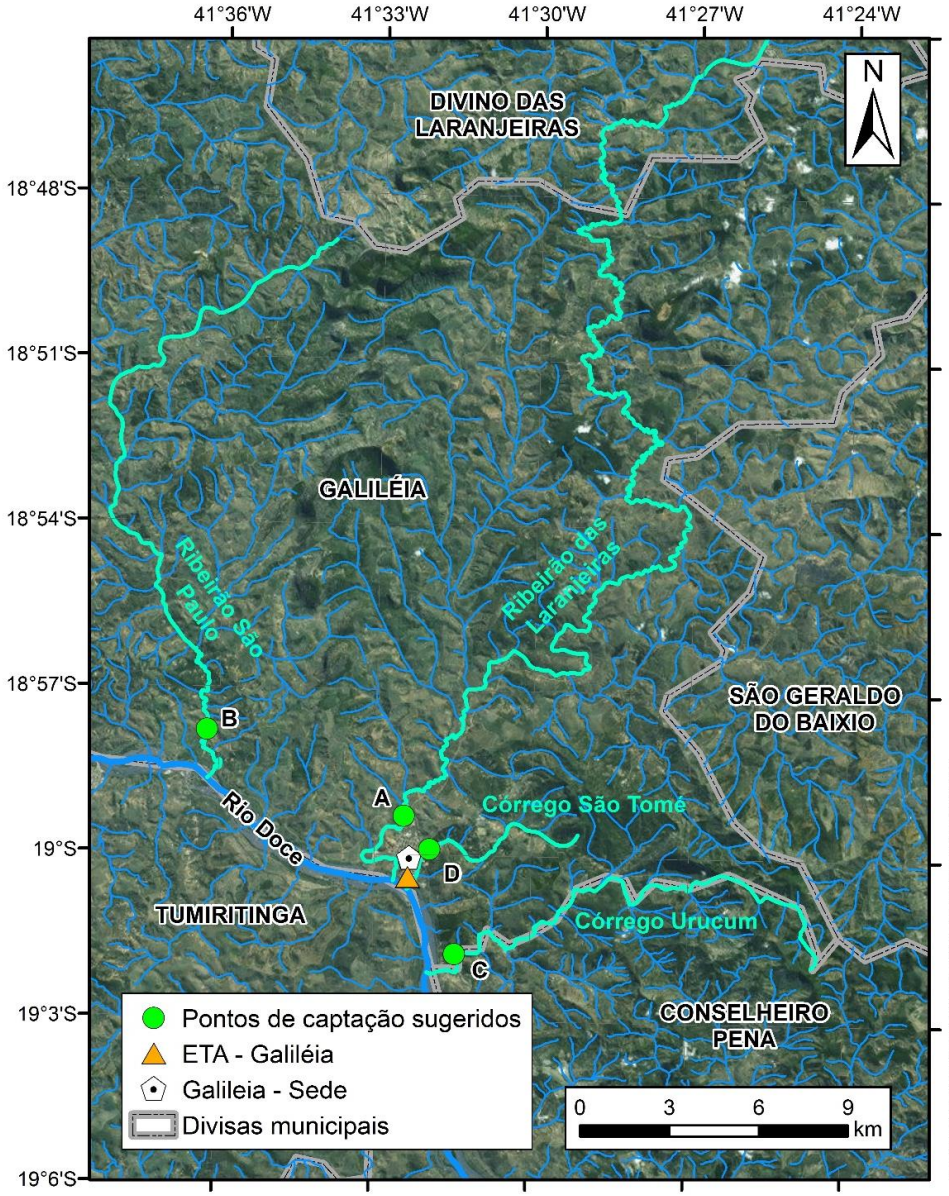


Figura 69. Possíveis mananciais para captação na sede de Galiléia.

Tabela 59. Extensão das adutoras sugeridas.

Alternativa	Manancial	Comprimento (km)
A	Ribeirão Laranjeiras	2,5
C	Córrego Urucum	3,5
D	Córrego São Tomé	1,6

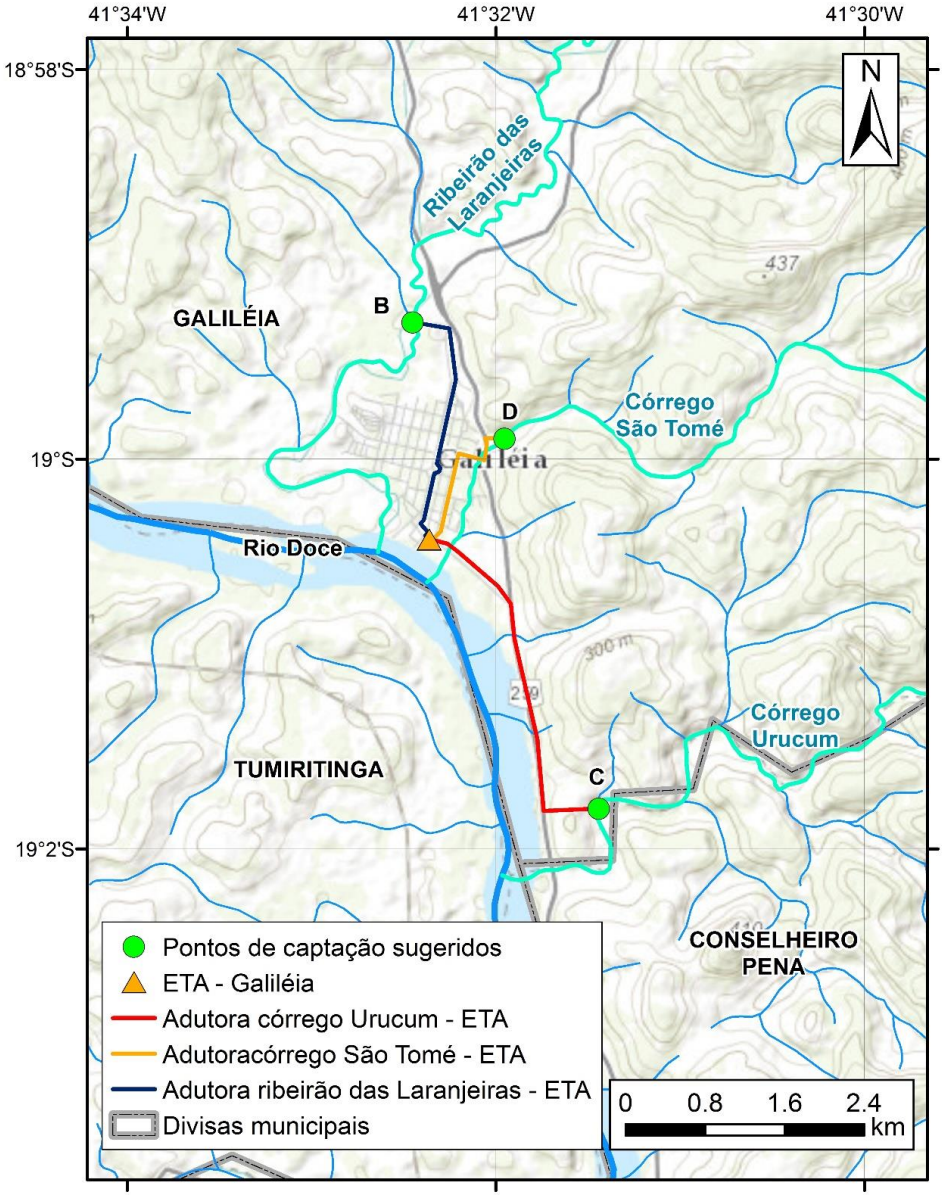


Figura 70. Adutoras sugeridas para a sede de Galiléia.

Manancial subterrâneo: para a sede do município Galiléia, a demanda estabelecida como meta é de 7,09 L/s (25,5 m³/h). Quando se analisam as vazões médias em poços localizados no município ($Q_{média}$ = 6,5m³/h = 1,8 L/s), conclui-se que são necessários quatro poços tubulares para suprir a demanda de abastecimento da sede.

Com base na estimativa regional, considerando uma probabilidade de 80% de sucesso de conseguir a vazão estabelecida pela meta (25,5 m³/h), são necessários ao menos quatro poços tubulares para abastecer a sede do município de Galiléia.

Considerando a precipitação anual na área (posto de São Sebastião da Encruzilhada), é possível observar que as taxas de explotação de água subterrânea dos poços propostos pelos dois métodos não irão superar a taxa de recarga. Considerando um círculo com raio de 1,5 km, a recarga neste local é de

47 L/s (169 m³/h), mostrando que as águas subterrâneas podem abastecer a sede do município de Galiléia sem afetar as reservas permanentes.

Segundo UNEC (2016) e NewFields (2016j), RENOVA (2016b) e SAMARCO (2016a), existem 3 poços perfurados pela RENOVA e 1 da COPASA, e de acordo com RENOVA (2017b) estes poços têm sido utilizados para o abastecimento emergencial com uso sistemas de tratamento independentes, sendo reportada vazão superior a duas vezes a demanda local.

Avaliação das alternativas

Alternativa 1 – Poços profundos existentes

Atendimento da demanda: segundo informações da UNEC (2016), NewFields (2016j), RENOVA (2016b) e SAMARCO (2016a), existem quatro poços perfurados na localidade que, em conjunto, são capazes de atender à demanda. A qualidade de suas águas já foi testada e sistemas de tratamento compatíveis com a necessidade foram instalados. Informações de abril de 2017 (RENOVA, 2017b) apontam que a vazão conjunta dos poços é de 18,05 L/s, sendo duas vezes e meia a demanda local.

Adução: os poços já estão em operação e interligados ao sistema adutor e/ou rede de distribuição. Desta forma, não são previstas obras adicionais.

Requerimentos: deverá ser verificado, junto à SEMAD, o status da regularização destes poços e, eventualmente, ser feito o requerimento de outorga.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados e a assessoria nos procedimentos de licenciamento, estima-se o custo desta alternativa em R$ 22.000,00.

Alternativa 2 – Ribeirão das Laranjeiras

Atendimento da demanda: o manancial superficial Ribeirão das Laranjeiras possui vazão outorgável, sem considerar regularização, estimada em 1.006,53 L/s, o que representa mais de cento e quarenta vezes a demanda local. Não será necessária a construção de reservatório. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo uma soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: o ponto de captação definido para este manancial está situado em cota superior à da ETA existente, com uma diferença de 8 m. Desta forma, foi considerada a adução por gravidade. Haverá necessidade de bombeamento com pequena altura manométrica apenas para retirada de vazão do corpo hídrico. A adutora sugerida possui comprimento de 2,5 km e não possui travessias. Do seu comprimento total, cerca de 2 km são realizados dentro da malha urbana.

Potencial impacto do uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente composta de pastagem. Não há indícios de grandes propriedades com práticas agropecuárias intensivas ou de grandes aglomerados populacionais, somente alguns povoados a distâncias superiores a 20,0 km, não sendo identificados como grandes potenciais poluidores.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação haverá necessidade de requerimento de outorga junto à SEMAD para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, bem como intervenção nas APPs para construção da infraestrutura de captação e adução. Deve ser verificada a legislação municipal para construção sob vias públicas.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 1,0 km (distância entre malha urbana e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento da rede elétrica de 1,0 km, construção de adutora de 2,5 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo em R$ 522.000,00.

Alternativa 3 – Córrego Urucum

Atendimento da demanda: o manancial superficial Córrego Urucum é o segundo mais distante da malha urbana e possui vazão outorgável sem regularização estimada em 60,82 L/s, aproximadamente oito vezes a demanda local. Não será necessária a construção de reservatório. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo, uma soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: o ponto de captação definido para este manancial está situado em elevação superior à cota da ETA existente em uma diferença de 14 m. Desta forma, foi considerada a adução por gravidade, havendo necessidade de bombeamento com pequena altura manométrica apenas para retirada da vazão do corpo hídrico. Para a escolha do ponto de captação, bem como do traçado da adutora, foi considerada a passagem por estradas existentes e evitadas propriedades privadas. A adutora sugerida possui comprimento de 3,5 km e possui três travessias em corpos hídricos.

Potencial impacto do uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente composta de remanescente de mata, mas o trecho próximo à captação sugerida apresenta pastagens e zonas de cultivo agrícola em seu entorno. Não há indícios de grandes propriedades com práticas agropecuárias intensivas ou de aglomerados populacionais, não sendo identificados grandes potenciais poluidores.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para obras corpos d'água, travessias em três corpos d'água, bem como intervenção na APP do rio para construção da infraestrutura de captação e adução e para as travessias.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 3,5 km (distância entre malha urbana e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento de 3,5 km da rede elétrica, construção de adutora de 3,5 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo em R$ 731.000,00.

Alternativa 4 – Córrego São Tomé

Atendimento da demanda: o manancial superficial córrego São Tomé é o mais próximo da ETA, passando junto à malha urbana. A vazão outorgável sem reservação estimada para este manancial é de 11,19 L/s, capaz de atender à demanda determinada pelo TTAC. Não será necessária a construção de reservatório. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo, uma soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: o ponto de captação definido para este manancial está situado em cota superior à da ETA existente em uma diferença de 23 m. Desta forma, foi considerada a adução por gravidade, havendo a necessidade de bombeamento com pequena altura manométrica apenas para retirada da vazão do corpo hídrico. Para a escolha do ponto de captação, bem como do traçado da adutora, foi considerada a passagem por estradas existentes e evitadas propriedades privadas. A adutora sugerida possui comprimento de 1,6 km e não possui travessias.

Potencial impacto do uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação apresenta pastagens e remanescente de mata em proporções semelhantes. Não há indícios de grandes propriedades com práticas agropecuárias intensivas ou de aglomerados populacionais, não sendo identificados grandes potenciais poluidores. Identificam-se áreas com solo exposto e alguns processos erosivos de pequeno porte.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, junto à SEMAD, bem como intervenção nas APPs do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,3 km (distância entre malha urbana e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento da rede elétrica de 0,3 km, construção de adutora de 1,6 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo em R$ 333.000,00.

A Tabela 60 apresenta uma síntese das características dos mananciais avaliados.

Considerações finais

A análise foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo.

A alternativa 1, correspondente ao uso de manancial subterrâneo por meio dos quatro poços existentes, se apresenta como a mais atrativa. Este manancial já se encontra em utilização, sendo somente requerida a verificação e, se necessária, regularização da outorga dos poços.

Caso o uso dos poços se mostre inviável, a segunda alternativa mais atraente é a 4, captação no córrego São Tomé. Por se localizar próximo a ETA, os gastos com adução e adequação da rede elétrica são reduzidos em comparação com os demais mananciais.

Caso não se mostrem viáveis os usos das alternativas 1 e 4, sugere-se, baseando-se no investimento requerido e na complexidade das obras, avaliar as demais alternativas na seguinte ordem: alternativa 2 e 3.

Os resultados obtidos devem ser revistos com dados locais para dirimir as incertezas associadas as estimativas. Caso seja verificado em campo que os mananciais apontados não são adequados, deve-se investigar as outras alternativas expostas na Tabela 58 e outros arranjos de uso conjunto de mananciais.

Tabela 60. Tabela resumo das características das alternativas – Galiléia - sede.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Poço profundo	-	-	-	Existente	Existente	4 out. de poço	22	1
2	Ribeirão das Laranjeiras	2,5	-	Boa	Completa sem reservação	1 km em zona rural até a malha urbana	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP	522	3
3	Córrego Urucum	3,5	3 travessias em cursos d´água	Boa	Completa sem reservação	3,5 km em zona rural até a malha urbana	1 out. captação 1 out. barramento 4 interv. em APP 3 trav. aéreas em rio	731	4
4	Córrego São Tomé	1,6	-	Boa	Completa sem reservação	0,3 km até a malha urbana	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP	333	2

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

7.2.11 Governador Valadares – São Vitor

Caracterização

Localização: localizado na parte leste do estado de Minas Gerais, o município de Governador Valadares possui três localidades que tiveram seu abastecimento de água afetado pelo evento em Mariana: sua sede, e os distritos de São Vitor e Recanto dos Sonhos (localidade com sistema alternativo implementado logo após o evento e não incluída no TTAC). Este item trata da localidade São Vitor.

Sistema de abastecimento de água: o sistema de abastecimento é operado pela SAAE – Governador Valadares. Em condições normais, a captação é feita no rio Doce através e a água é tratada na ETA localizada junto à captação, com vazão de 6,0 L/s, sendo então aduzida por aproximadamente 7,4 km. A população da localidade, estimada em 655 habitantes, é atendida em sua totalidade pelo sistema. Uma visão geral do sistema de abastecimento do município é apresentada na Figura 71.

Abastecimento emergencial: inicialmente o abastecimento emergencial foi realizado por caminhões pipa com água tratada, provenientes do município de Ipatinga, distante cerca de 100 km do local em análise. Como medida do Plano de Contingência para o Período Chuvoso (RENOVA, 2016b), foi perfurado um poço profundo junto à ETA da localidade com vazão de 7,5 L/s, sendo capaz de atender à demanda total do local.

Atendimento à demanda estabelecida: o TTAC prevê o atendimento à uma vazão de 1,8 L/s (equivalente à 30% da demanda total da localidade). Dessa forma, serão buscados mananciais (superficiais e/ou subterrâneos) que supram essa vazão.

Alternativas

O atendimento à vazão estabelecida no TTAC pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão especificado na lei, que é a vazão outorgável[43]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[44]. O conjunto de valores determinados são apresentados na tabela abaixo. A alternativa sem regularização e mantendo 50% da $Q_{7,10}$ tem área maior porque a Q_{95} é menor que a $Q_{7,10}$ neste caso.

Em se tratando de mananciais superficiais, a Tabela 61 apresenta as áreas de drenagem necessárias para suprir a demanda de 1,8 L/s.

[43] A vazão outorgável corresponde a 50% da $Q_{7,10}$ para o estado de Minas Gerais.

[44] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

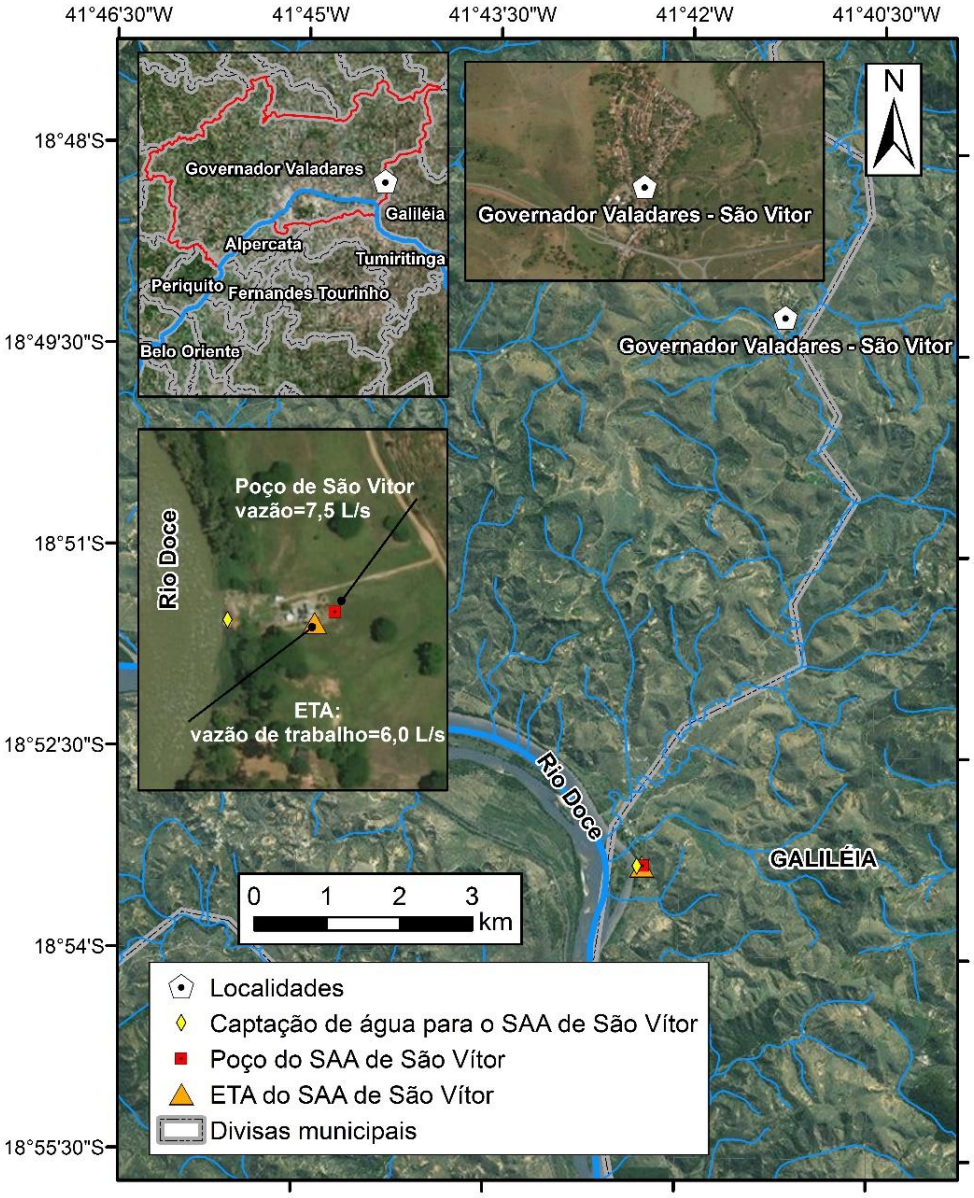


Figura 71. Caracterização do sistema de abastecimento de Governador Valadares (São Vitor – ETA local).

Tabela 61. Áreas das bacias necessárias para o abastecimento da localidade de São Vitor, Governador Valadares.

Cenário	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, vazão outorgável	1,69
Sem regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	1,1
Com regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	0,23

Determinadas as áreas necessárias procurou-se mananciais que atendam aos critérios para os cenários previstos. A Figura 72 fornece uma visão geral da hidrografia na localidade de São Vitor, em Governador Valadares, no entorno da ETA local. Analisando-a, conclui-se que os possíveis mananciais para o abastecimento da localidade são: rio Suaçuí Grande, córrego Itaipava, ribeirão Santa Helena e um manancial sem nome. A seguir, é apresentada uma análise de cada uma das possibilidades e sua viabilidade conforme a demanda estipulada pelo TTAC. A Tabela 62 apresenta as características dos mananciais que possuem capacidade para suprir a demanda de abastecimento na localidade de São Vitor.

A) **Rio Suaçuí Grande**: o maior de todos os mananciais próximos à localidade, possui área de drenagem de 12.616,72 km^2 e vazão sem regularização de 17.519,58 L/s. Distante aproximadamente 15 km da ETA de São Vitor, a demanda da localidade representa apenas 0,01% da vazão sem regularização do manancial.

B) **Córrego Itaipava**: com área de drenagem de 60,85 km^2, a vazão sem regularização do manancial é de 72,15 L/s, suficiente para suprir a demanda. Localiza-se a aproximadamente a 7,0 km da ETA.

C) **Ribeirão Santa Helena**: possui área de drenagem de 505,31 km^2 e a vazão sem regularização de 637,93 L/s, o que supre com folga a demanda local. Está localizado próximo a ETA: o ponto de captação sugerido está localizado a cerca de 1,8 km do local.

D) **Manancial sem nome**: possui a menor área de drenagem (4,63 km²) entre os mananciais sugeridos, com vazão sem regularização de 5,09 L/s, o que supre a demanda da localidade. É o manancial mais próximo da ETA de São Vitor, distante aproximadamente 0,4 km.

Tabela 62. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Governador Valadares (São Vitor).

Alternativa	Manancial	Área de drenagem (km²)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Rio Suaçuí Grande	12.616,72	76.646,72	17.519,58	-7
B	Córrego Itaipava	60,85	421,15	72,15	-9
C	Ribeirão Santa Helena	505,31	3.326,37	637,93	1
D	Manancial sem nome	4,63	33,98	5,09	0

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*

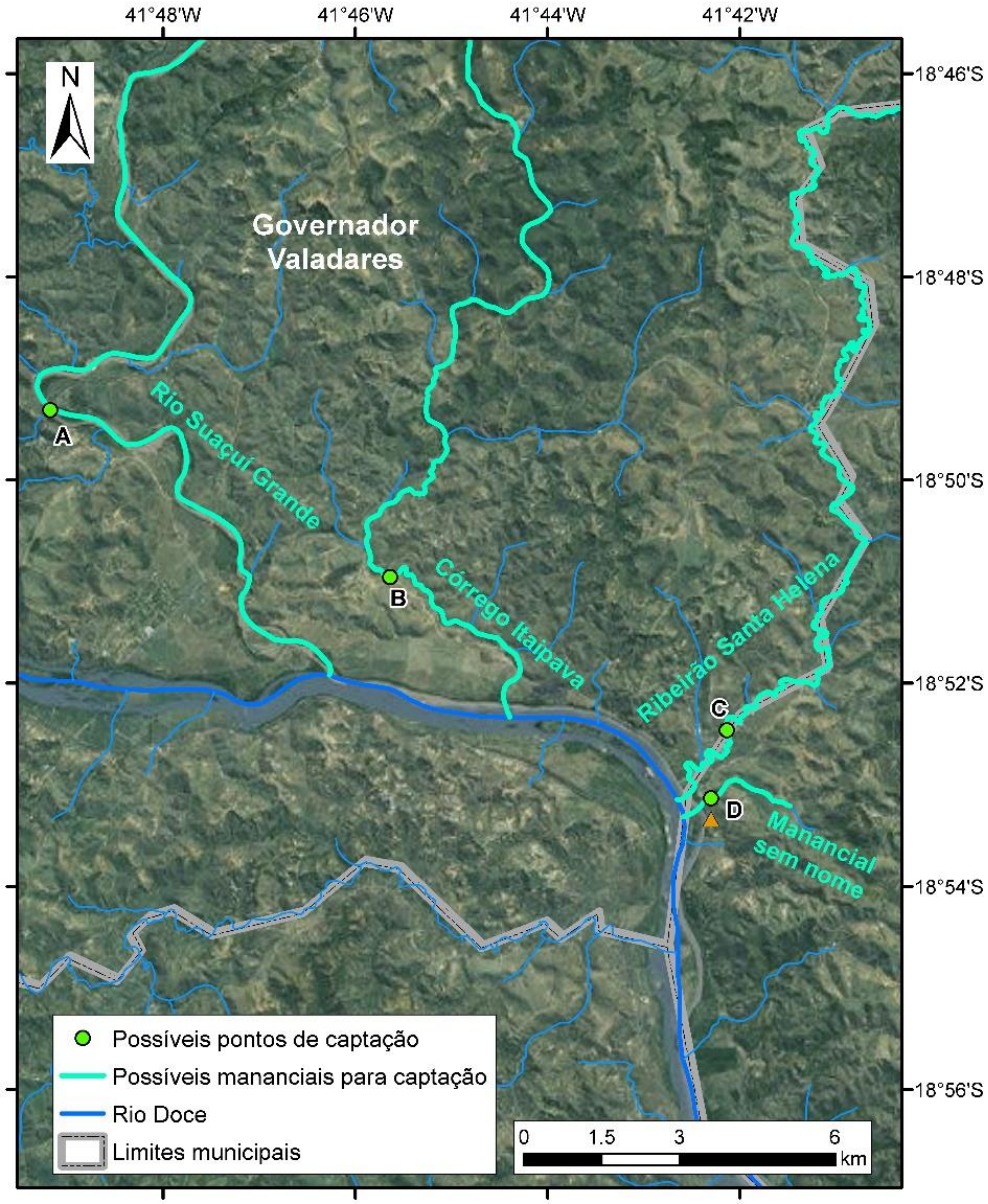


Figura 72. Possíveis mananciais para captação de São Vitor.

Dentre as alternativas anteriormente apresentadas, foram selecionadas as alternativas ribeirão Santa Helena (C) e o manancial sem nome (D) para avaliação em detalhe. Para a análise comparativa dos possíveis mananciais, foram sugeridos traçados das adutoras de água bruta que ligam os pontos de captação à ETA da localidade. A Tabela 63 apresenta o comprimento das adutoras e o seu traçado é apresentado na Figura 73.

Tabela 63. Extensão da adutora sugerida.

Alternativa	Manancial	Comprimento da adutora (km)
C	Ribeirão Santa Helena	3,2
D	Manancial sem nome	0,5

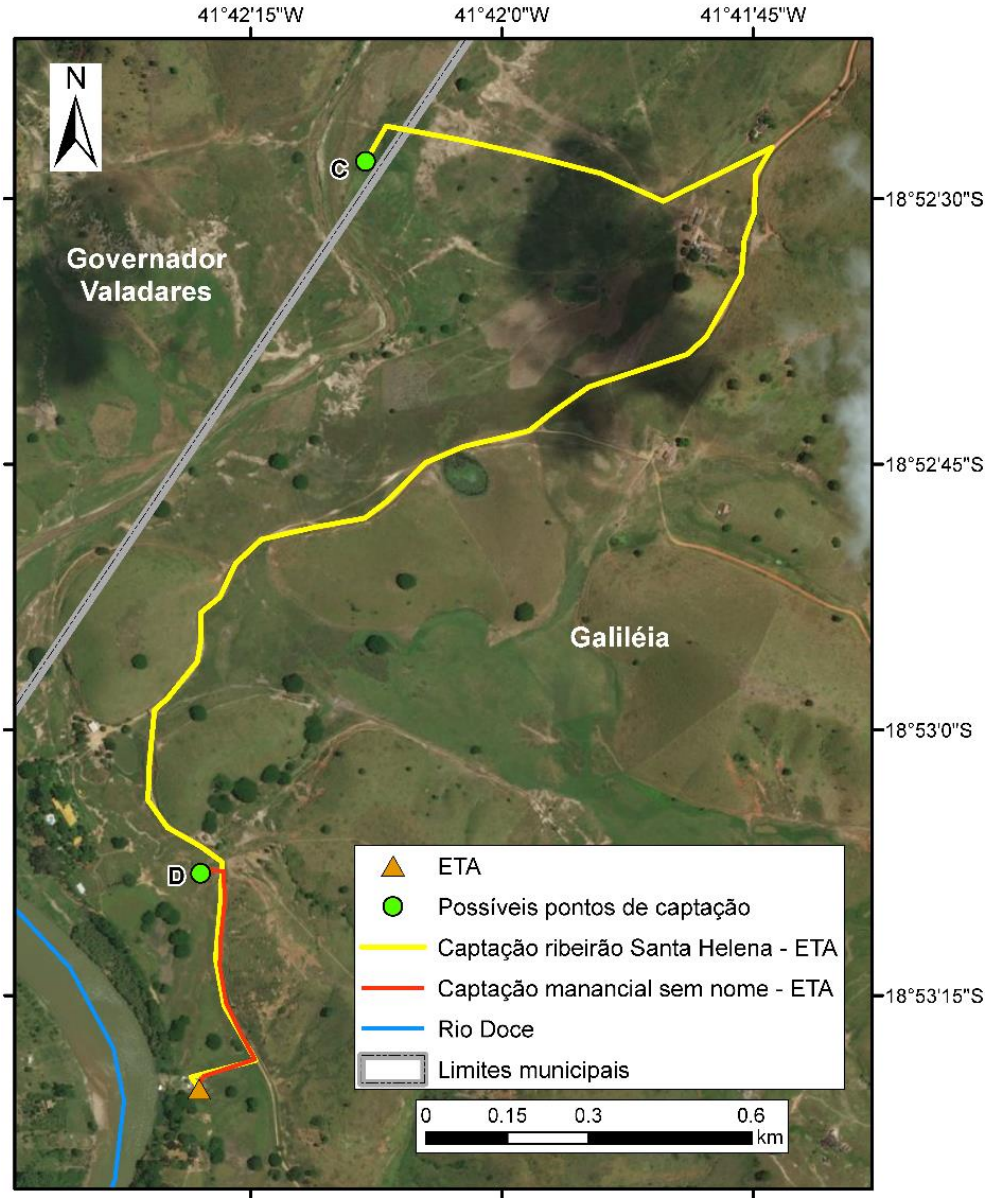


Figura 73. Traçado sugerido para as adutoras do ribeirão Santa Helena e manancial sem nome.

Manancial subterrâneo: para o distrito de São Vitor, a demanda estabelecida como meta é de 1,8 L/s (6,5 m³/h). Quando se analisam as vazões médias em poços localizados no município de Governador Valadares ($Q_{média}$ = 14,1 m³/h = 3,92 L/s), conclui-se que é necessário 1 poço tubular para suprir a demanda de abastecimento do distrito de São Vitor.
Com base na estimativa regional com probabilidade de 80% de sucesso de conseguir a vazão estabelecida pela meta (6,5 m³/h), seriam necessários 2 poços tubulares para abastecer a localidade de São Vitor.

Considerando a precipitação pluviométrica anual na área (posto de São Sebastião da Encruzilhada), é possível observar que as taxas de explotação de água subterrânea dos poços propostos pelos dois métodos não irão superar a taxa de recarga. Considerando um círculo com raio de 1,5 km, a recarga

neste local é de 47 L/s (169 m³/h). Isto indica que as águas subterrâneas podem abastecer o distrito de São Vitor, sem afetar as reservas permanentes.

Existe um poço tubular perfurado (RENOVA, 2016b), que possui vazão de 7,5 L/s (27 m³/h) que atende com folga a demanda local.

Avaliação das alternativas

Alternativa 1 - Manancial subterrâneo

Atendimento da demanda: a Fundação RENOVA perfurou um poço junto à ETA da localidade com vazão de 7,5 L/s, sendo capaz de atender com folga a demanda local.

Adução: o poço já se encontra conectado à ETA.

Requerimentos: testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados. Caso seja verificada a necessidade de tratamento específico para remoção de metais (comuns as águas subterrâneas da região da bacia do rio Doce), deverá ser feita adequação da ETA local ou instalação de filtros zeólitos.

Como processo de licenciamento desta captação haverá necessidade de requerimento de outorga para captação em águas subterrâneas, junto à SEMAD.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, a assessoria nos procedimentos de licenciamento e testes de qualidade de água, estima-se o investimento necessário em R$ 28.000,00. Os eventuais custos com adequação e reformas na ETA não estão considerados na estimativa de investimento, pois não são objeto de análise do presente estudo.

Alternativa 2 – Ribeirão Santa Helena

Atendimento da demanda: o manancial superficial ribeirão Santa Helena possui vazão sem regularização estimada em 637,93 L/s, superior à demanda determinada pelo TTAC em mais de trezentas e cinquenta vezes. Não será necessária a construção de reservatório. É prevista apenas a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo uma soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: o ponto de captação definido para este manancial está situado em cota inferior à cota da ETA existente, em uma diferença de apenas 1 m, de acordo com o MDE do SRTM. Desta forma, haverá a necessidade de bombeamento, com pequena altura manométrica, para vencer o desnível geométrico e as perdas de carga. Para a escolha do ponto de captação, bem como do traçado da adutora, foi considerada a passagem por estradas existentes e evitadas propriedades privadas. A adutora sugerida possui comprimento de 3,2 km e não possui uma travessia em corpo d'água e duas travessias em acessos a propriedades (inclusiva o acesso a ETA).

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente composta de pastagem. Não há indícios de grandes propriedades com práticas agropecuárias intensivas próximas ao local da captação. Existem alguns aglomerados de ocupação humana situados na bacia. São eles: São Vítor, Nova Brasília, Central de Santa Helena, Alto de Santa Helena e São José do Itapinoã. O lançamento de efluentes destas localidades pode acabar prejudicando a qualidade da água do manancial em questão. As localidades de São Vítor e Alto de Santa Helena correspondem as mais próximas do curso d'água principal da bacia. A vegetação ciliar é quase inexistente a processos erosivos são observados.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, uma travessia em corpo d'água, bem como intervenção nas APPs do ribeirão para a travessia e construção da infraestrutura de captação e adução.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 2,5 km (distância entre a ETA existente e a captação). Deve ser verificada sua capacidade, e, se necessário, realizada adequação da rede elétrica existente.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento de 2,5 km da rede elétrica, construção de adutora de 3,2 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo em R$ 500.000,00.

Alternativa 3 – Manancial sem nome

Atendimento da demanda: o manancial superficial sem nome possui vazão sem regularização estimada em 5,09 L/s, de forma que não seria necessária a construção de reservatório. É prevista apenas a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo, uma soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: o ponto de captação definido para este manancial está situado em cota muito próxima à da ETA. Desta forma, para fins de comparação e estimativa de custo, é assumida a adução por bombeamento. Para a escolha do ponto de captação, bem como para o traçado da adutora, foi considerada a passagem por estradas existentes e evitadas propriedades privadas. A adutora sugerida possui comprimento de 0,5 km e não possui travessias em locais sensíveis.

Potencial impacto do uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente coberta por pastagem. Há somente uma pequena propriedade próxima ao local da captação, não sendo identificados grandes potenciais poluidores. Observam-se zonas de charco e áreas alagadiças a montante, e a vegetação ciliar é quase inexistente.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, bem como intervenção nas APPs do manancial para a construção da infraestrutura de captação e adução.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica em cerca de 0,5 km (distância entre ETA existente e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente, e, se necessário, realizada a sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento da rede elétrica de 0,5 km, construção de adutora de 0,5 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo em R$ 211.000,00.

A Tabela 64 apresenta uma síntese das características dos mananciais avaliados.

Considerações finais

A análise foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo.

A alternativa 1, uso do manancial subterrâneo através do poço existente, se apresenta como a alternativa mais atrativa. Toda a infraestrutura necessária já está pronta para utilização. Desta forma, o custo de implementação se resume ao licenciamento ambiental e aos testes de potabilidade. Porém, ressalta-se que, caso seja observada necessidade de reformas e adequação das técnicas de tratamento, investimentos adicionais (não computados neste estudo) poderão tornar-se necessários.

Caso não seja viável o uso da alternativa 1, sugere-se, baseando-se no investimento requerido e na complexidade das obras, avaliar as demais alternativas na seguinte ordem: alternativa 3 e 2.

Os resultados obtidos devem ser revistos com dados locais para diminuir as incertezas associadas às estimativas. Caso seja verificado em campo que os mananciais apontados não são adequados, deve-se investigar as outras alternativas expostas na Tabela 62 e analisado o uso conjunto de mais de um manancial.

Tabela 64. Tabela resumo das características das alternativas - Governador Valadares – São Vítor.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Manancial subterrâneo	-	-	-	Existente	Existente	1 out. de poço	28	1
2	Ribeirão Santa Helena	3,2	Travessia em corpo d'água e 2 travessias em estrada rural	Boa. Distrito de São Vitor a montante	Completa sem reservação	2,5 km em zona rural até a ETA existente	1 out. captação 1 out. barramento 1 trav. curso d'água 2 interv. em APP	500	3
3	Manancial sem nome	0,5	-	Boa	Completa sem reservação	0,5 km em zona rural até a ETA existente	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP	211	2

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

7.2.12 Governador Valadares – Sede

Localização: localizado na parte leste do estado de Minas Gerais, o município de Governador Valadares possui três localidades que tiveram seu abastecimento de água afetado pelo evento em Mariana: sua sede, e os distritos de São Vitor e Recanto dos Sonhos (localidade com sistema alternativo implementado logo após o acidente e não incluída no TTAC). Este item analisa a sede de Governador Valadares, a qual é dividida pelo rio Doce em parte norte e parte sul. As porções norte e sul da localidade são abastecidas por sistemas independentes, os quais em condições normais captam água do rio Doce. A região norte é abastecida pelas ETAs Central e Santa Rita, e a região sul é abastecida pela ETA Vila Isa. O município de Governador Valadares tem seu abastecimento operado pela SAAE – Governador Valadares, atendendo a 100% da população que é estimada em 282.000 habitantes. Como o abastecimento de ambas as partes da sede é realizado de forma independente, nos itens seguintes serão avaliadas alternativas de abastecimento para a parte norte da localidade. Nos itens em sequência, apresenta-se a avaliação da parte sul, destaca-se que o TTAC não faz diferenciação de demandas entre sistemas de abastecimento, tratando cada localidade como uma só demanda a ser atendida. A Figura 74 apresenta a disposição dos elementos que compõe o sistema de abastecimento da localidade.

Abastecimento emergencial: o abastecimento emergencial foi realizado utilizando caminhões pipa para transporte de agua bruta até as ETAs da localidade. O abastecimento utilizando águas do rio Doce foi restabelecido com modificação dos procedimentos de tratamento.

REGIÃO NORTE

Caracterização (região norte: ETA Central e ETA Santa Rita)

Sistema de abastecimento de água: na parte norte da sede, em situação normal, água é captada do rio Doce em dois diferentes pontos e posteriormente encaminhada à estação de tratamento, conforme pode se observar na Figura 74. A principal ETA para abastecimento é a Central, localizada junto à malha urbana do município e às margens do rio Doce. A segunda ETA responsável pelo abastecimento da parte norte é a Santa Rita, de menor porte e um pouco mais afastada da parte central da localidade (ESSE, 2015).

Atendimento à demanda estabelecida: considerando uma situação específica da localidade, na qual a prefeitura municipal pleiteou vazão superior a estabelecida inicialmente pelo TTAC (Deliberação CIF nº2 04/05/2016) e a presença de dois sistemas independentes de abastecimento na porção norte e sul da cidade, o presente estudo definiu como meta de atendimento a vazão de 900 L/s para a porção norte da cidade**.** Dessa forma foram identificados mananciais (superficiais e/ou subterrâneos) que supram essa a vazão.

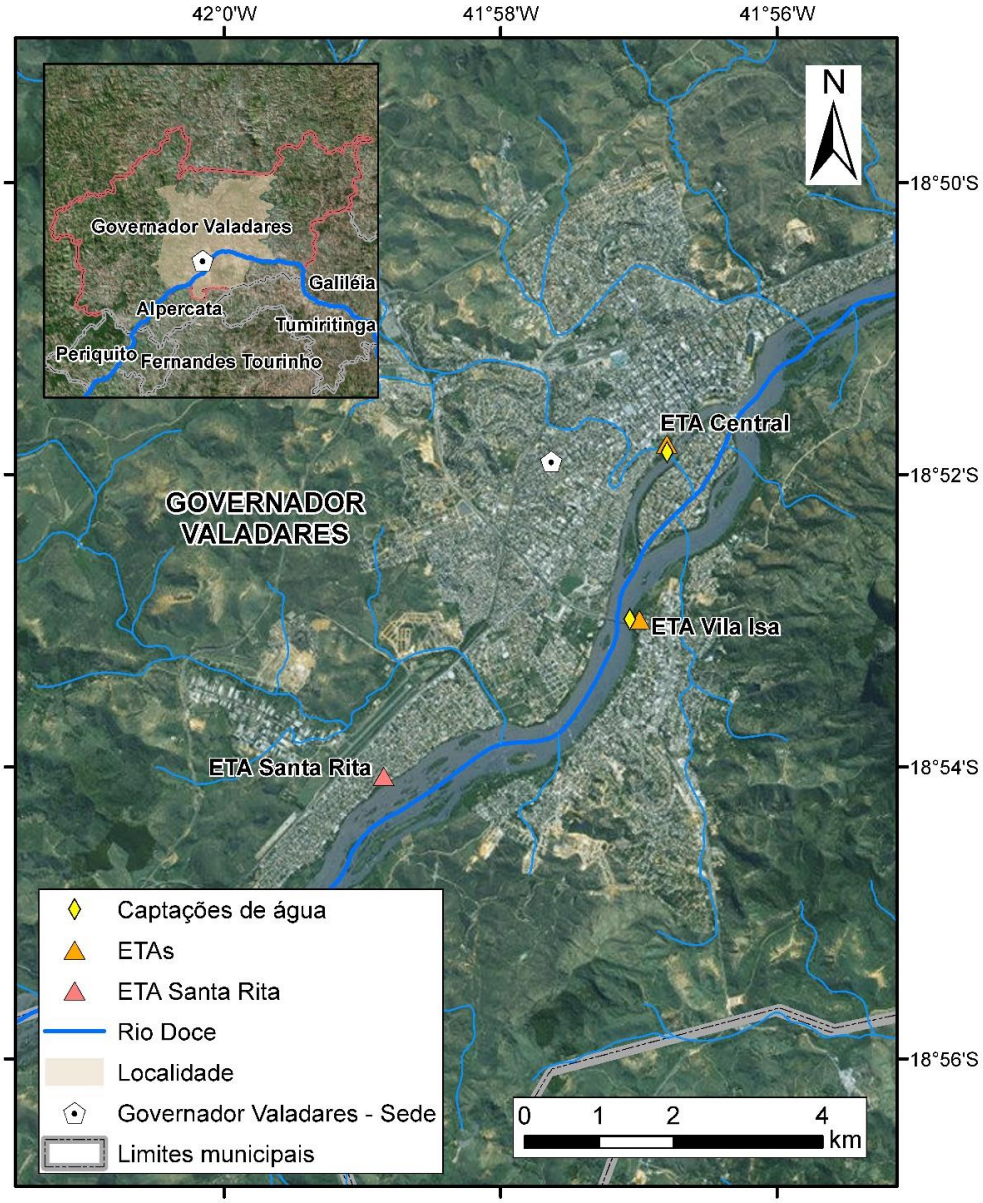


Figura 74. Caracterização do sistema de abastecimento da sede de Governador Valadares.

Alternativas (região Norte: ETA Central e ETA Santa Rita)

O atendimento à vazão estabelecida no TTAC pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão

especificado na lei, que é a vazão outorgável[45]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[46]. A Tabela 65 apresenta as áreas de drenagem necessárias para suprir a demanda de 900,0 L/s.

Tabela 65. Áreas das bacias necessárias para o abastecimento da sede (norte) de Governador Valadares.

Cenário	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, vazão outorgável	705,9
Sem regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	430,0
Com regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	132,4

Determinadas as áreas, procurou-se por mananciais com áreas de drenagem que atendam aos critérios para os dois cenários. A partir dos critérios estabelecidos para os valores de áreas de drenagem, juntamente com a análise da hidrografia na região de Governador Valadares, conclui-se que os possíveis mananciais para o abastecimento da localidade são: rio Suaçuí Grande, ribeirão da Onça, córrego do Capim, córrego do Moreira, córrego Ilha Brava e rio Corrente Grande, conforme exibido na Figura 75.

A Tabela 66 apresenta as características dos mananciais que possuem capacidade para suprir a demanda de abastecimento na sede municipal de Governador Valadares, região norte. A seguir, é apresentada uma análise de cada uma das possibilidades e sua viabilidade conforme a demanda estipula pelo TTAC.

A) **Rio Suaçuí Grande:** com área de drenagem de 12.616,72 km², é o maior manancial da região. Sua vazão sem regularização é estimada em 17.519,58 L/s, o que supre a demanda da porção norte da localidade. A captação neste manancial já está sendo realizada de forma emergencial para abastecimento da população. O ponto de captação sugerido encontra-se a aproximadamente 14 km da ETA Central.

B) **Ribeirão da Onça:** com área de drenagem de 156,04 km². Este manancial somente pode suprir a demanda com regularização da vazão, atingindo uma vazão outorgável de 1.056,42 L/s.

C) **Córrego do Capim:** com área de drenagem de 135,63 km² no ponto de captação sugerido, o manancial atende a demanda com a construção de um reservatório para regularização de vazão (Q = 921,28), mas não o de vazão sem regularização (Q = 164,69 L/s). Está distante cerca de 9 km da ETA Central de Governador Valadares.

[45] A vazão outorgável corresponde à 50% da $Q_{7,10}$ para o estado de Minas Gerais.

[46] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

D) **Córrego do Moreira:** é o manancial mais próximo da ETA Central, localizado a aproximadamente 5,9 km, com área de drenagem de 50,90 km^2. Não supre nenhum dos critérios estabelecidos de vazão, com e sem regularização. Seu uso estaria condicionado a complementação de vazão por outro manancial.

E) **Córrego Ilha Brava:** localizado na extremidade oeste do limite da sede do município, a cerca de 11 km da ETA Central, sua área de drenagem é de 15,24 km^2 e não supre nenhum dos dois critérios para demanda da localidade. Seu uso estaria condicionado a complementação de vazão por outro manancial.

F) **Rio Corrente Grande:** possui uma bacia com área de drenagem de 2.469,29 km². A vazão sem regularização no manancial é 3.267,24 L/s, não sendo necessária a realização de obras de regularização. O rio possui capacidade para o abastecimento na totalidade da parte norte da sede e está localizado a aproximadamente 30 km de distância da ETA Central de Governador Valadares.

Tabela 66. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Governador Valadares (Sede – ETA Central).

Alternativa	Manancial	Área de drenagem (km²)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Rio Suaçuí Grande	12.616,72	76.646,72	17.519,58	13
B	Ribeirão da Onça	156,04	1.056,42	190,26	-13
C	Córrego do Capim	135,63	921,28	164,69	-1
D	Córrego do Moreira	50,9	353,75	60,04	-22
E	Córrego Ilha Brava	15,24	108,88	17,35	-9
F	Rio Corrente Grande	2.469,29	15.634,46	3.267,24	-44

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*

Dentre as alternativas anteriormente apresentadas, foram selecionados os mananciais rio Suaçuí Grande (A), ribeirão da Onça (B) e rio Corrente Grande (F) para avaliação em detalhe. Para a análise comparativa dos possíveis mananciais, foram sugeridos traçados das adutoras de água bruta que ligam os pontos de captação à ETA Central. A Figura 76 apresenta o traçado sugerido e a Tabela 67 apresenta a extensão das adutoras.

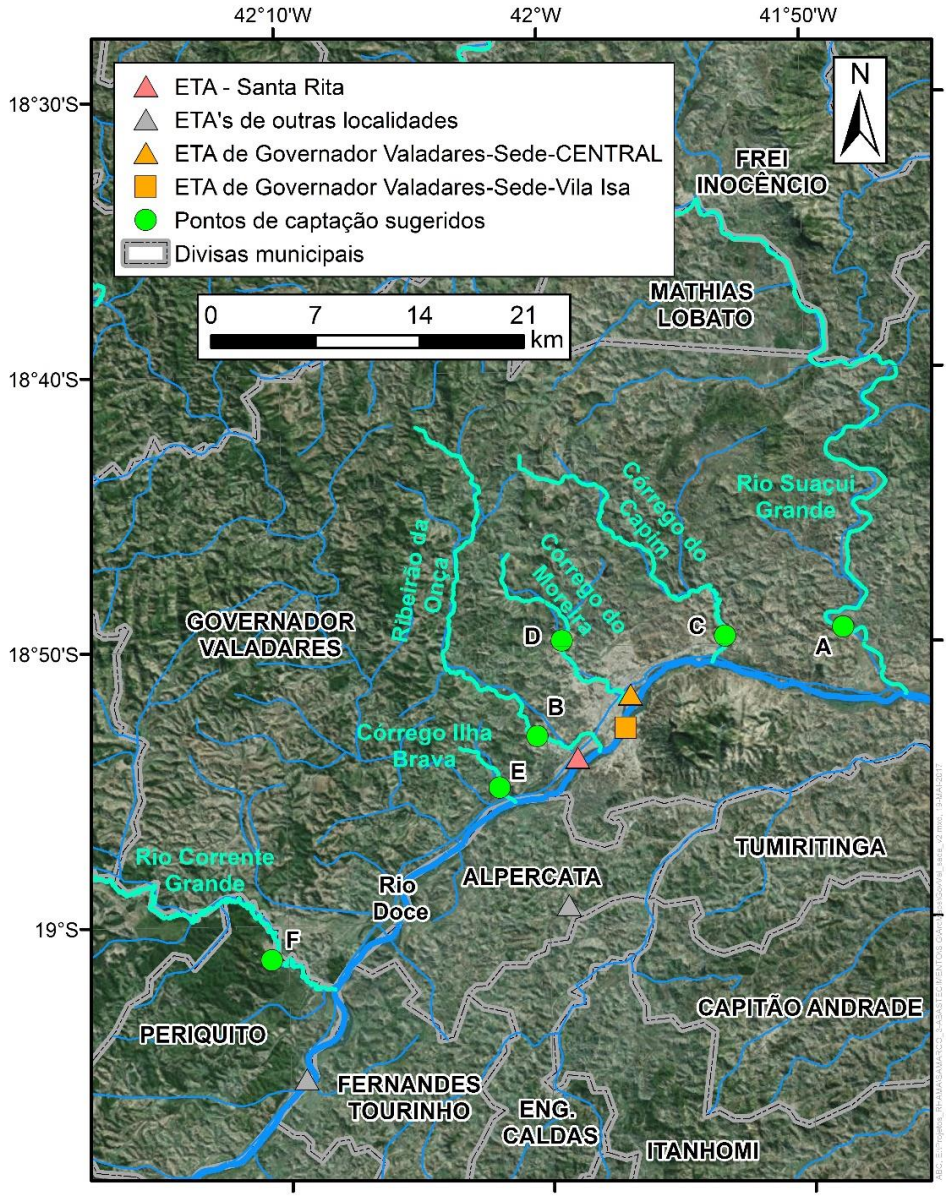


Figura 75. Possíveis mananciais para captação na área norte da sede de Governador Valadares.

Tabela 67. Extensão das adutoras sugeridas até a ETA Central de Governador Valadares.

Alternativa	Manancial	Comprimento da adutora (km)
A	Rio Suaçuí Grande	17,8
B	Ribeirão da Onça	8,2
F	Rio Corrente Grande	33,31

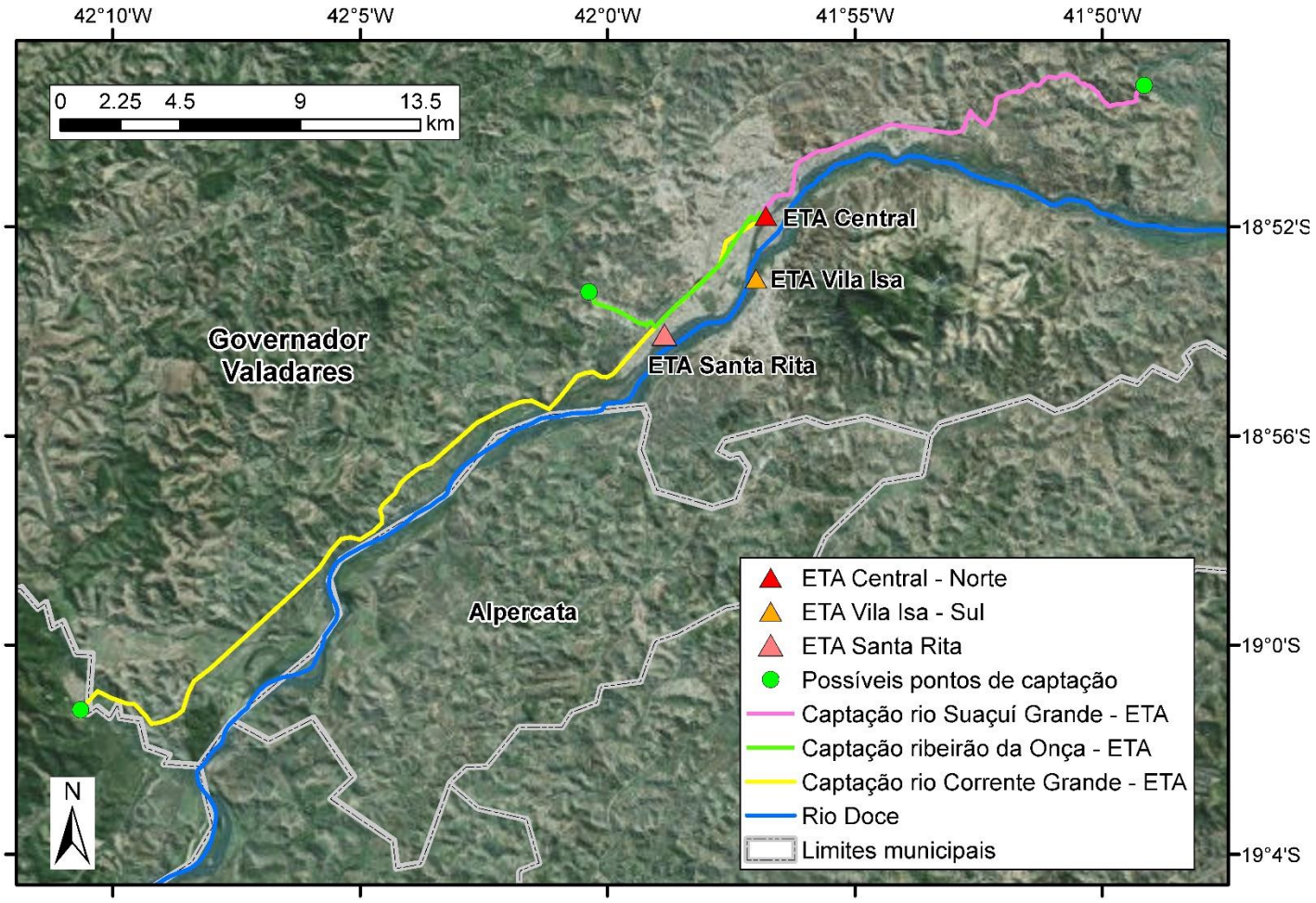


Figura 76. Traçado sugerido para as adutoras do rio Suaçuí Grande, rio Corrente Grande e do ribeirão da Onça até a ETA Central.

REGIÃO SUL

Caracterização (região sul: ETA Vila Isa)

Este item trata das alternativas de mananciais que supram a demanda da parte sul da localidade, onde o sistema é operado pela ETA Vila Isa.

Sistema de abastecimento de água: o sistema também é operado pela SAAE – Governador Valadares e atende a 100% da população local. Na parte sul da sede, em situação normal, a água é captada do rio Doce e encaminhada à estação de tratamento, conforme pode-se observar na Figura 74.

A ETA responsável pelo abastecimento da parte sul é a Vila Isa, situada próximo à ponte que cruza o rio Doce e interliga as regiões norte e sul da localidade. A vazão de trabalho da estação é de 216 L/s.

Atendimento à demanda estabelecida: o TTAC não prevê atendimento específico para um SAA, mas sim para a localidade. Devido a situação específica local, onde existem sistemas independentes de abastecimento na porção norte e sul da cidade, foi definida como meta neste estudo uma vazão de 108 L/s para atendimento da porção sul (região sul: ETA Vila Isa).

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e Tabela 5. Da mesma forma que para a parte norte da localidade, no cenário sem regularização existem duas situações: (a) usar o limite padrão especificado na lei, que é a vazão outorgável[47;] ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[48.] . A Tabela 68 apresenta as áreas de drenagem necessárias para suprir a demanda estipulada pelo TTAC de 108,0 L/s.

Tabela 68. Áreas das bacias necessárias para o abastecimento da sede (sul) de Governador Valadares.

Cenário	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, vazão outorgável	90,03
Sem regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	55,8
Com regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	15,11

A Figura 77 fornece uma visão geral do entorno da sede municipal de Governador Valadares e da ETA Vila Isa, bem como os possíveis mananciais para o abastecimento da localidade. Nota-se que a hidrografia na porção sul de Governador Valadares é composta de vários pequenos córregos que nascem no pico do Ibiturana e desaguam no rio Doce. Dada a pequena área de contribuição dos corpos d'água da parte sul, os mananciais sugeridos para a parte norte também foram avaliados como alternativas para porção da sede abastecida pela ETA Vila Isa, além dos mananciais córrego Varetas, córrego Cardoso e córrego Esgoto Grande.

[47] A vazão outorgável corresponde à 50% da $Q_{7,10}$ para o estado de Minas Gerais.

[48] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

A seguir, é apresentada uma análise das possibilidades localizadas na parte sul da sede de Governador Valadares e sua viabilidade conforme a demanda estipulada pelo TTAC (a avaliação dos demais mananciais já foi apresentada acima). A Tabela 69 apresenta um resumo das alternativas.

G) **Córrego Varetas:** este manancial atravessa a parte sul da sede de Governador Valadares e, portanto, sugere-se que a captação seja feita em um ponto a montante da localidade visando evitar riscos de contaminação por lançamento de efluentes. Observando-se a extensão do manancial, percebe-se que a única possibilidade seria de posicionar a captação em um dos seus afluentes mais próximos de sua nascente, o que resultaria em uma capacidade consideravelmente menor do que a demanda da localidade, impossibilitando a escolha desta alternativa.

H) **Córrego Cardoso:** situado a leste da ETA Vila Isa, a cerca de 5,6 km, este manancial possui uma bacia com área de drenagem de 6,64 km², o que não supre nenhum dos critérios de vazão estipulados (sem e com regularização).

I) **Córrego Esgoto Grande:** situado no município de Alpercata, está distante 6 km da ETA Vila Isa. A área de drenagem no ponto de captação sugerido é de 57,67 km². A vazão sem regularização é de 68,28 L/s, sendo necessária a construção de barragem de acumulação para regularização de vazão (Q=399,64 L/s). Contudo, ressalta-se que este manancial se encontra em outro município o que pode representar dificuldades operacionais, e que ele também foi apontado como alternativa do abastecimento para a sede de Alpercata.

Tabela 69. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Governador Valadares (Sede – ETA Vila Isa).

Alternativa	Manancial	Área de drenagem (km²)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
G	Córrego Varetas	-	-	-	-
H	Córrego Cardoso	6,64	48,34	7,37	-4
I	Córrego Esgoto Grande	57,67	399,64	68,28	2

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*

Considerando a baixa disponibilidade hídrica observada nos mananciais próximos à localidade, foram avaliados os mananciais da porção norte apresentados no item anterior. Dentre os mananciais apresentados, serão avaliados em maior detalhe o Ribeirão da Onça (B) para abastecimento somente da ETA Vila Isa e os mananciais rio Suaçuí Grande (A), e rio Corrente Grande (F) para abastecimento em conjunto da ETA Central e ETA Vila Isa, neste caso considerando a demanda total de 1008,00 L/s. Para a análise comparativa dos possíveis mananciais, foram sugeridos traçados das adutoras de água bruta ligando a captação do ribeirão da Onça até a ETA Vila Isa, e adutora de água bruta entre a ETA Central e a ETA Vila Isa para avaliação dos mananciais rio Suaçuí Grande e rio Corrente Grande. Para obter o traçado da adutora. A Figura 78 apresenta o traçado sugerido e a Tabela 70 apresenta a extensão de ambas adutoras.

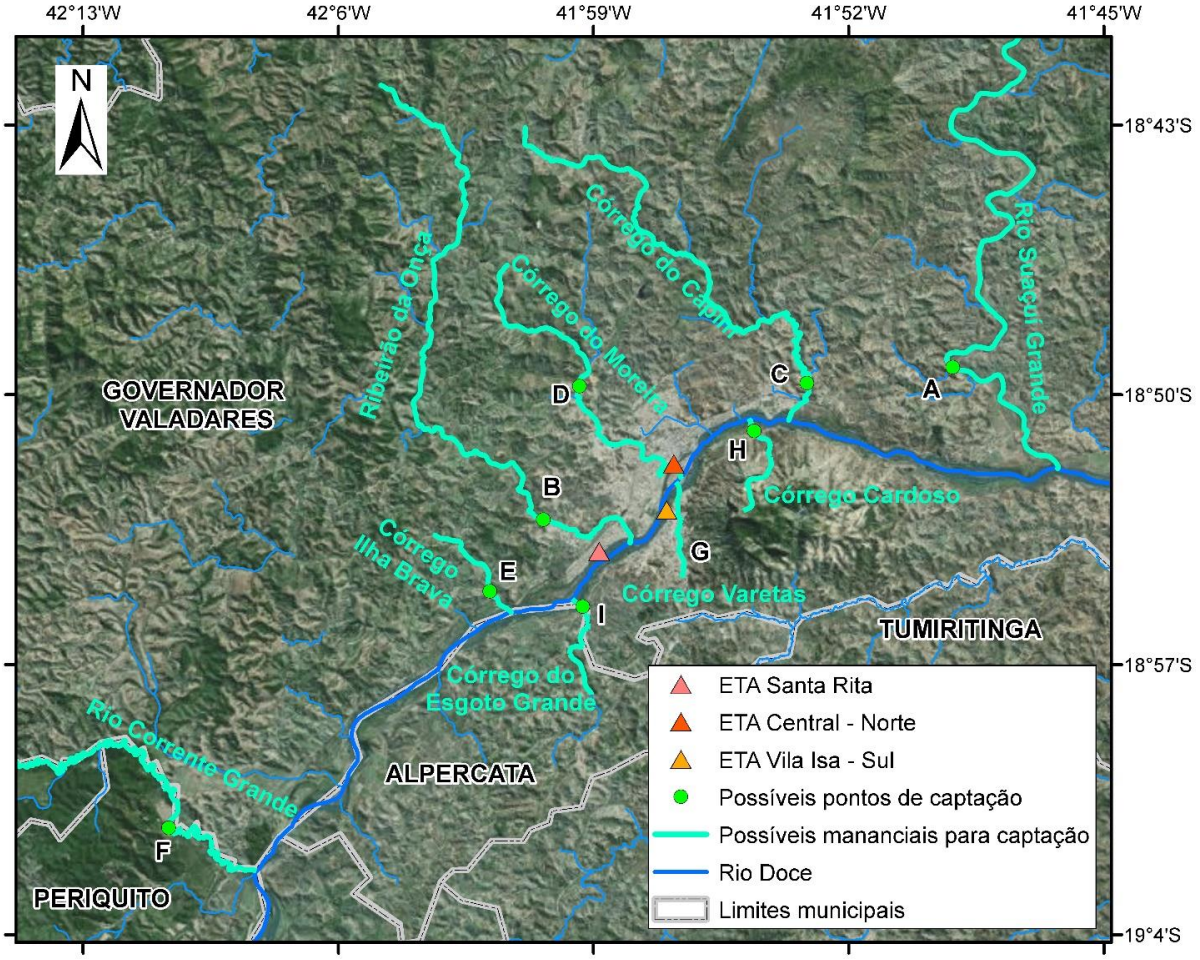


Figura 77. Possíveis mananciais para captação e abastecimento da região sul da sede de Governador Valadares.

Tabela 70. Extensão das adutoras sugeridas até a ETA Central de Governador Valadares.

Alternativa	Manancial	Comprimento da adutora (km)
A	Rio Suaçuí Grande	17,8
B	Ribeirão da Onça	8,2
F	Rio Corrente Grande	33,31

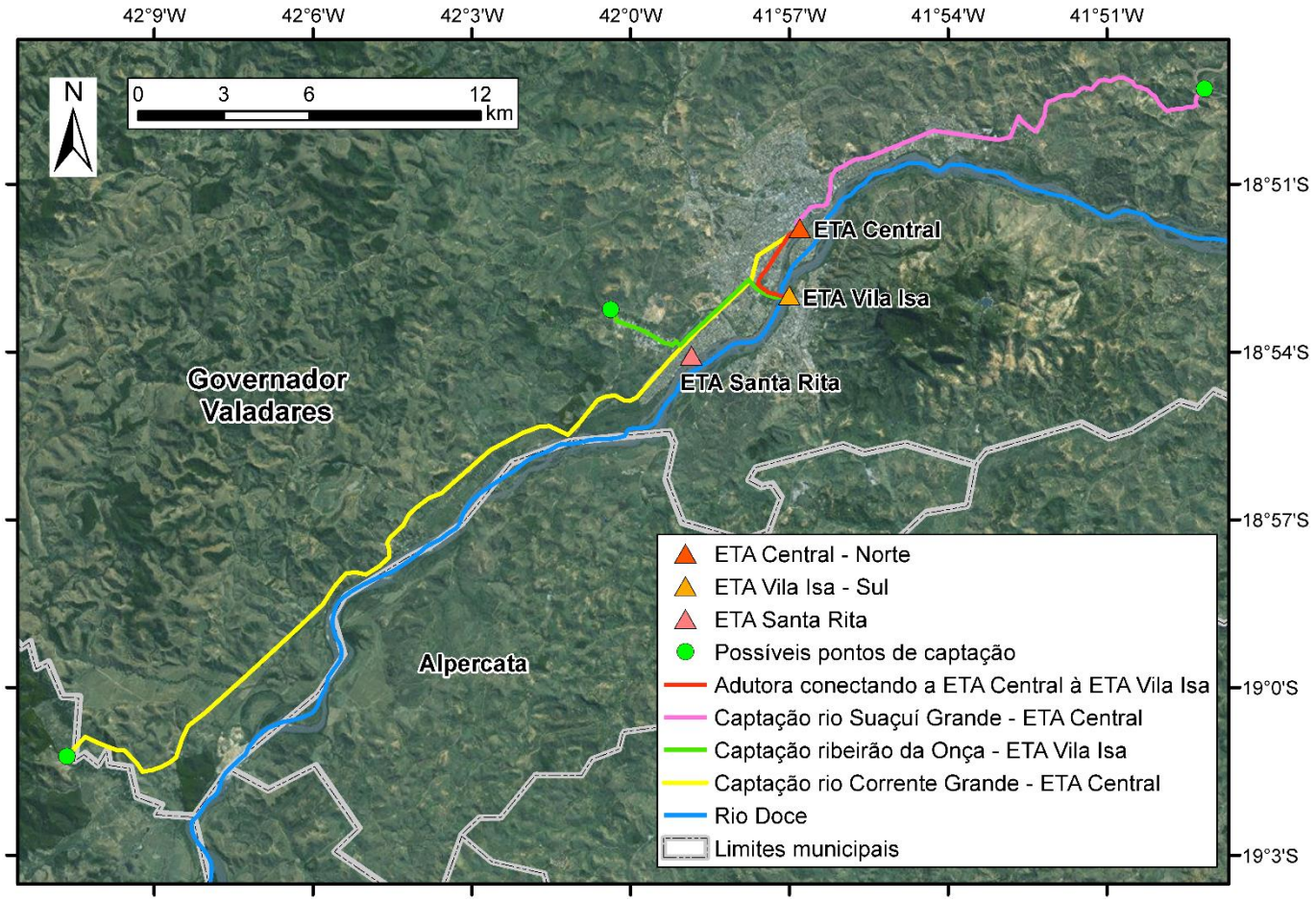


Figura 78. Traçado sugerido para as adutoras de abastecimento da parte sul de Governador Valadares.

Manancial subterrâneo: para a sede municipal de Governador Valadares (porção norte e sul), a demanda estabelecida como meta é de 1.008,0 L/s (3628,8 m³/h). Quando se analisam as vazões médias em poços localizados no município ($Q_{média}$ = 14,1 m³/h = 3,92 L/s), conclui-se que são necessários 258 poços tubulares para suprir a demanda de abastecimento da sede, incluindo as porções norte e sul.

Mesmo que a região Sul fosse considerada somente com poços, o número de poços necessários é muito grande, o que torna esta alternativa inviável.

Avaliação das alternativas

Considerações básicas das alternativas: são apresentadas nesta parte do relatório, as alternativas para atender à demanda, combinando ou não os mananciais identificados. Inicialmente são apresentadas as condições que permitiram definir as alternativas:

- De acordo com a premissa assumida neste estudo, e para facilitar a comparação, a avaliação das alternativas considerará o atendimento em conjunto das porções norte e sul, com uma demanda total de 1.008,00 L/s;
- Considerando que o manancial ribeirão da Onça apresenta disponibilidade hídrica estimada, considerando regularização de vazão, muito próxima da demanda, o mesmo foi descartado como alternativa de abastecimento a demanda meta adotada.
- Verificou-se que o atendimento da demanda adicional por poços leva a um grande número de captações subterrâneas, o que torna esta opção inviável, de tal forma que ela foi descartada

Alternativa 1 – Rio Suaçuí Grande

Atendimento da demanda: o rio Suaçuí Grande é o que possui maior vazão para suprir a demanda de abastecimento, com vazão sem regularização estimada em 17.519,58 L/s, atendendo com ampla folga à demanda conjunta da localidade. O rio possui elevada vazão, e acredita-se que apresente profundidade adequada para instalação de um sistema de bombas flutuantes, sendo prevista a construção de espigões e proteção das margens com enrocamento junto ao local da captação.

Adução: a adutora sugerida segue inicialmente para a ETA Central, seguindo então com tubulação de menor porte uma derivação da adutora de água bruta ligando a ETA Central à ETA Vila Isa, sendo a travessia do rio Doce suportada pela ponte da rodovia BR-451. Para a adução da captação até a ETA Central é necessário o vencimento de desnível de 13 m. O traçado sugerido segue inicialmente as estradas rurais até o início da malha urbana no bairro Recanto das Garças e possui um comprimento até a ETA Central de 17,8 km. Da ETA Central até a ETA Vila Isa o traçado sugerido possui 3,8 km.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: sua bacia hidrográfica é bastante extensa e, no trecho mais próximo à captação sugerida, é predominantemente rural, ocupada por pastagens e culturas de pequeno porte. Observa-se reduzida faixa de vegetação ciliar. O primeiro grande potencial poluidor identificado é o povoado de Matias Lobato a mais de 50 km a montante no rio. Considerando que a avaliação das condições da bacia é utilizada como indicativo da qualidade de água do manancial, e considerando que o manancial já vem sendo utilizado em caráter emergencial para abastecimento público, acredita-se que a qualidade das águas apresentadas seja compatível com a técnica de tratamento da ETA.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para obras nos corpos d'água, travessias em seis mananciais, mais o rio Doce, bem como intervenção na APP do rio para construção da infraestrutura de captação e adução e para as travessias. Deve ser verificada legislação municipal para construção sob vias públicas.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 5,0 km (distância entre o povoado Recanto dos Sonhos e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e espigões de enrocamento, prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 5,0 km, construção de adutora de 17,8 km até a ETA Central, construção de adutora de 3,8 km da ETA Central até a ETA Vila Isa, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo desta alternativa em R$ 95.109.000,00. Deste valor, R$ 86.302.000,00 são referentes a adutora entre o rio Suaçuí Grande e a ETA Central e R$ 8.807.000,00 para a construção da adutora entre a ETA Central e a ETA Vila Isa.

Alternativa 2 – Rio Corrente Grande

Atendimento da demanda: apesar de ser relativamente pequeno quando comparado ao rio Suaçuí Grande, a vazão sem regularização estimada para o rio Corrente Grande é de 3.267,24 L/s, sendo capaz de atender à demanda conjunta da localidade. O rio possui grande vazão e acredita-se que apresente profundidade adequada para instalação de um sistema de bombas flutuantes, sendo prevista a construção de espigões e proteção das margens com enrocamento junto ao local de instalação das bombas.

Adução: o sistema de adução sugerido segue inicialmente para a ETA Central, posteriormente prosseguindo com tubulação de menor porte uma derivação da adutora de água bruta, ligando a ETA Central à ETA Vila Isa, sendo a travessia do rio Doce suportada pela ponte da rodovia BR-451. De acordo com o traçado sugerido trecho entre a captação e a ETA Central tem 33,3 km e segue acompanhando o traçado da rodovia BR-381 até a entrada da cidade, onde passa a acompanhar o traçado das vias públicas locais. Apresenta desnível favorável, acreditando-se na possibilidade de adução por gravidade, ou ao menos de se utilizar um sistema de bombeamento de menor porte. Ressalta-se que traçados alternativos ao sugerido, como por exemplo acompanhar a linha férrea ao invés da BR-451, apresentarão comprimento similar e, portanto, custos estimados similares.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: sua bacia hidrográfica é bastante extensa. O trecho mais próximo à captação sugerida apresenta bom estado de conservação, com grande presença de remanescente florestal e mata ciliar. Também são observados pastagens e cultivos nas zonas de várzea. São observados pequenos povoados na bacia, mas nenhum grande potencial poluidor próximo.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação e realização de obras no manancial, travessias em quatorze corpos d'água, mais o rio Doce, bem como intervenção na APP do rio para construção da infraestrutura de captação e adução e para as travessias.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 7,0 km (distância entre a UHE Baguari e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e espigões de enrocamento, o prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 7,0 km, construção de adutora de 33,3 km até a ETA Central, construção de adutora de 3,8 km da ETA Central até a ETA Vila Isa, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo desta alternativa em R$ 168.868.000,00. Destaca-se que deste valor R$ 160.061.000,00 são referentes à adutora entre o rio Corrente Grande e a ETA Central e R$ 8.807.000,00 para a construção da adutora entre a ETA Central e a ETA Vila Isa.

A Tabela 71 apresenta uma síntese das características das alternativas selecionadas.

Considerações finais

A análise foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo.

Dentre as alternativas analisadas, a alternativa 1, uso do rio Suaçuí Grande, se mostra como a alternativa mais atrativa do ponto de vista do porte da obra e do custo de instalação, mas deve ser destacado que será necessário sistema de bombeamento, enquanto que uma captação no rio Corrente Grande poderá ser feita por gravidade ou com uso de sistema de bombeamento de menor porte. Considerando a grande vazão do sistema, o custo operacional do bombeamento será significativo. Destaca-se que a avaliação de custos operacionais não são o escopo do presente estudo, mas aconselha-se que a escolha da alternativa seja pautada na análise financeira da operação do sistema.

Independentemente do manancial a ser utilizado, destaca-se que a solução proposta de adução de água bruta entre as ETAs apresenta infraestrutura relativamente pequena, não sendo necessária estrutura de barramento e prolongamento de rede elétrica, por exemplo.

Os resultados obtidos devem ser revistos com dados locais para dirimir as incertezas associadas às estimativas. Caso seja verificado em campo que os mananciais apontados não são adequados, deve-se investigar as outras alternativas expostas na Tabela 66 e Tabela 69 com arranjos de uso conjunto de mananciais.

Tabela 71. Tabela resumo das características das alternativas - Governador Valadares - sede.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. Adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Rio Suaçuí Grande	17,8 km (da captação à ETA Central) + 3,8 km (da ETA Central até a ETA Vila Isa)	7 travessias em corpo d'água; Travessia de rodovia;	Bom	Completa sem reservação	5,0 km em zona rural	1 out. captação 1 out. barramento 7 interv. em APP 6 trav. curso d'água	95.109	1
2	Rio Corrente Grande	33,3 km (da captação à ETA Central) + 3,8 km (da ETA Central até a ETA Vila Isa)	15 travessias em corpo d'água; Travessia de rodovia;	Muito bom	Completa sem reservação	7,0 km em zona rural	1 out. captação 1 out. barramento 15 interv. em APP 14 trav. curso d'água	168.868	2

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

* *Devido a possibilidade de adução por gravidade na Alternativa 2 aconselha-se análise dos custos operacionais para avaliação da alternativa (tal análise não faz parte do escopo deste estudo).*

7.2.13 Itueta – Sede

Caracterização

Localização: O município de Itueta está situado em Minas Gerais e faz divisa com o município de Aimorés ao sul e com Resplendor ao norte. Neste município, a única localidade que teve seu abastecimento afetado foi a sua sede, que está situada na margem direita a aproximadamente 4,7 km do rio Doce. A sede do município de Itueta tem população estimada em cerca de 4.263 habitantes (ESSE, 2015). A Figura 79 apresenta a localização da sede de Itueta e mostra os elementos do sistema de abastecimento da localidade, a captação subterrânea, realizada através de um poço localizado na sede, e a ETA, próxima à captação no rio Doce.

Sistema de abastecimento de água: o sistema de abastecimento de água do município é operado pela COPASA e abastece cerca de 98% da população. Em condições normais, o sistema capta água no rio Doce por meio de balsa e adutora de água bruta (ESSE, 2015). O SAA também abastece o distrito de Quatituba, sendo interligado por adutora de água tratada. A demanda conjunta das duas localidades é 17,16 L/s. A ETA está situada junto à captação do rio Doce distante cerca de 5 km da área urbana e, segundo é relatado por ESSE (2015), sua capacidade nominal da ETA é de 12,00 L/s e sua vazão de trabalho 14,00 L/s (apesar da demanda de 17,16 L/s), sendo apresentado que a ETA necessidade de reformas.

Abastecimento emergencial: como medida emergencial, o abastecimento da localidade estava sendo realizado a partir do rio Manhuaçu e de dois poços tubulares, situado ao lado da captação no rio Doce. Este poço apresenta elevadas concentrações de ferro e manganês e foi interligado à adutora de água bruta (ESSE, 2015). Posteriormente é relatado em RENOVA (2017b) a revitalização de outro poço da COPASA junto a ETA, e que juntos os poços apresentam vazão de 3,0 L/s. Ainda segundo o mesmo documento a Fundação RENOVA perfurou seis poços, dos quais cinco estavam secos e um junto a sede municipal está disponível para uso. Há um conflito de informação da vazão do poço, inicialmente é reportada uma vazão de 2,5 /s em “Plano de Contingência do Período Chuvoso” (RENOVA, 2016) e posteriormente a vazão do poço foi confirmada como sendo de 0,44 L/s em “Ações de melhoria dos sistemas de tratamento de água e das captações alternativas de abastecimento. Relatório Mensal de Abril de 2017” (RENOVA, 2017b). O poço em questão é apresentado na Figura 79.

Atendimento a demanda estabelecida: a demanda estabelecida no TTAC é de 5,15 L/s (30% da demanda total de referência adotada de 17,16 L/s). Apesar da meta de 30% o presente estudo avaliou a possibilidade de atendimento de 100% da demanda, correspondendo à vazão de 17,16 L/s.

Os poços da COPASA junto a ETA, de 3,0 L/s de vazão, são considerados como uma alternativa viável de abastecimento perene complementar. Considerando a localização do poço perfurado pela Fundação RENOVA e a necessidade de interligação com a ETA, ele não é considerado a princípio como alternativa, resta uma vazão complementar de 14,16 L/s a ser atendida.

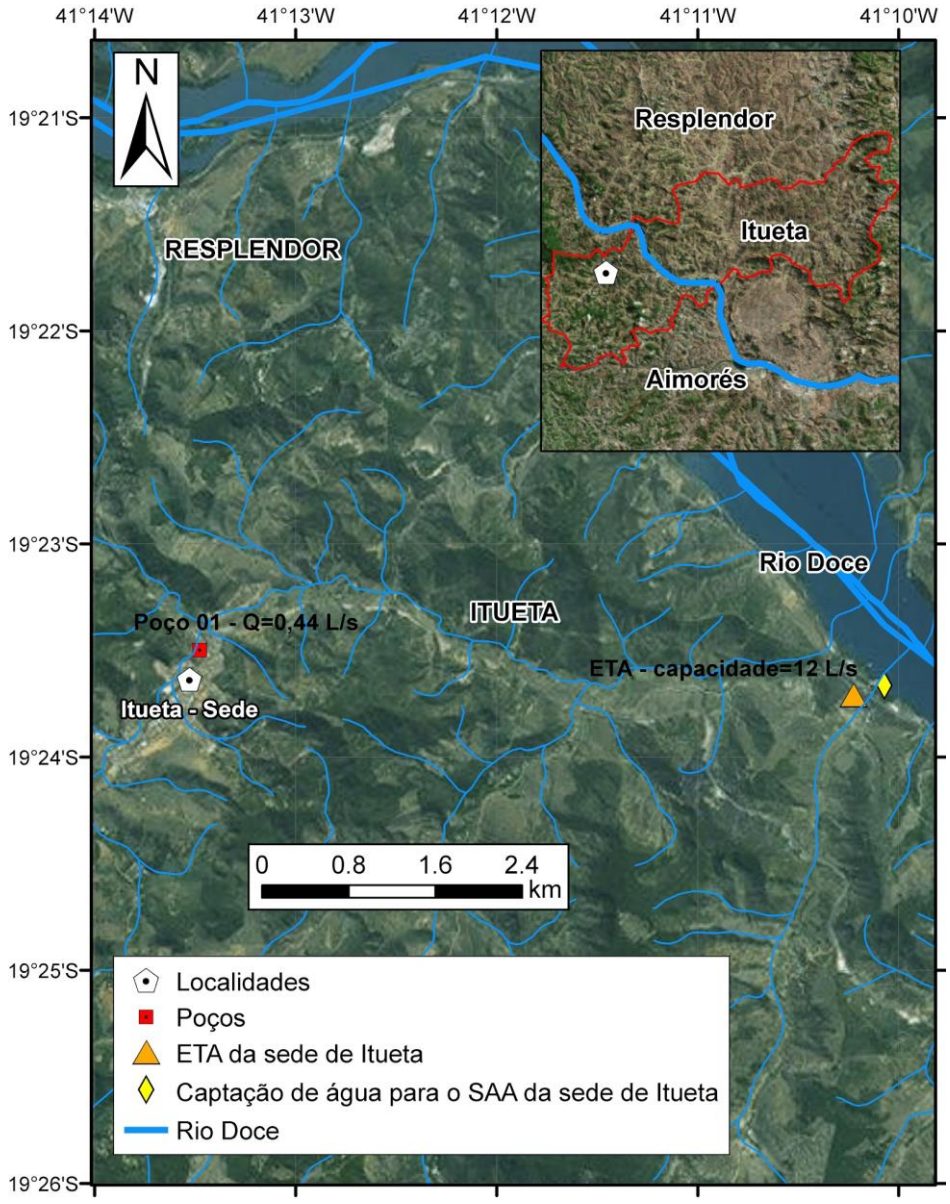


Figura 79. Caracterização do sistema de abastecimento da sede de Itueta. Poço 01 perfurado pela Renova. O poço da COPASA não é mostrado por ser muito distante.

Alternativas

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão

especificado na lei, que é a vazão outorgável[49]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[50].

A Tabela 72 apresenta as áreas de drenagem necessárias para proporcionar disponibilidade hídrica compatível com as demandas de 14,16 L/s e 17,16 L/s além de garantir a vazão outorgável do corpo d'água para o cenário com e sem regularização. A alternativa sem regularização e mantendo 50% da $Q_{7,10}$ tem área maior, porque a Q_{95} é menor que a $Q_{7,10}$ neste caso.

Tabela 72. Áreas de drenagem requeridas para o abastecimento da sede de Itueta.

Cenários	Utilização dos poços existentes	Demanda (L/s)	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, com vazão outorgável	Não	17,16	15,08
	Sim	14,16	12,51
Sem regularização, mantendo 50% $Q_{7,10}$ para jusante	Não	17,16	9,52
	Sim	14,16	7,91
Com regularização mantendo 50% da $Q_{7,10}$ para jusante	Não	17,16	2,30
	Sim	14,16	1,89

A partir das informações fornecidas na Tabela 72, identificaram-se mananciais que possuem área de drenagem suficiente para atender aos dois cenários. A Figura 80 fornece uma visão geral da hidrografia na região próxima da sede de Itueta. Analisando-se a hidrografia da área, verifica-se que os possíveis mananciais para o abastecimento da localidade são: córrego da Barata, córrego Quatisinho, córrego dos Quatis, rio Itueto e rio Manhuaçu. A seguir, é apresentada uma análise de cada uma das possibilidades.

A) **Córrego da Barata:** possui uma bacia com área de 14,39 km². A vazão outorgável deste manancial é de 16,35 L/s, insuficiente para atendimento da demanda caso seja a única fonte. Para suprir a demanda da localidade como manancial único, seria necessária a construção de uma barragem de acumulação, proporcionando vazão regularizada de 102,95 L/s, aproximadamente seis vezes a demanda local ou o uso em conjunto com outro manancial.

B) **Córrego Quatisinho:** trata-se do manancial mais próximo da estação de tratamento de água da localidade. Possui uma área de drenagem 6,86 km². Para atendimento da demanda local, é necessária a construção de reservatório, sendo estimada a vazão regularizada de 49,90 L/s, aproximadamente 2,9 vezes superior à demanda do cenário que não faz uso dos poços existentes. Destaca-se também que este manancial se encontra na passagem de uma eventual adutora para captação no córrego do Barata, podendo ser utilizado em conjunto com este manancial.

[49] A vazão outorgável corresponde à 50% da $Q_{7,10}$ para o estado de Minas Gerais.

[50] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

C) **Córrego dos Quatis:** possui uma área de 74,67 km² que resulta numa vazão outorgável igual à 89,1 L/s. Está localizado a aproximadamente 0,5 km da ETA. Ele cruza as malhas urbanas de Itueta e de Quatituba, sendo este um indicador de possível baixa qualidade de água e eventual risco de contaminação no caso de falha do sistema de tratamento de efluentes.

D) **Rio Manhuaçu:** entre os mananciais, este é o mais distante do centro urbano da localidade e da ETA. Todavia, possui a maior bacia, com área de cerca de 7944 km². Sua vazão outorgável é igual a 1.0881 L/s, mais que suficiente para suprir a demanda da sede de Itueta. O rio Manhuaçu já havia sido indicado pelo PMSB como possível alternativa ao abastecimento e já vinha sendo utilizado como solução emergencial da localidade.

E) **Rio Itueto:** este manancial é um afluente do rio Manhuaçu e se encontra afastado da malha urbana. O ponto de captação sugerido localiza-se a sudoeste de Quatituba, ou seja, oposto a localização do rio Doce. Para o estudo desta alternativa considera-se a desativação do atual SAA e a construção de uma nova ETA localizada na região alta de Quatituba. O ponto de captação sugerido possui uma área de drenagem de 232,13 km² com vazão outorgável sem regularização de vazão de 286,38 L/s, o que é 16,7 vezes maior que a demanda local.

A Tabela 73 apresenta as características dos mananciais analisados visando suprir a demanda de abastecimento na sede de Itueta.

Tabela 73. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade de suprir a demanda para abastecimento da sede de Itueta.

Alternativa	Manancial	Área de drenagem (km²)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Córrego da Barata	14,39	102,95	16,35	-17,0
B	Córrego Quatisinho	6,86	49,90	7,63	-11,0 [3]
C	Córrego dos Quatis	74,67	514,35	89,08	-8,0
D	Rio Manhuaçu	7944	48836,58	10881,02	-2,0
E	Rio Itueto	232,13	1556,83	286,38	25 [4]

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*
3. *Desnível calculado pelo MDE do SRTM. De acordo com observações de campo realizadas pela equipe da RENOVA (abril 2017) a ETA se encontra em cota mais elevada. Esta informação deverá ser verificada em nova visita de campo.*
4. *Considera a construção de nova ETA na cidade de Quatituba e desativação da ETA existente.*

Como visto anteriormente, o córrego dos Quatis, rio Manhuaçu e o rio Itueto são os únicos mananciais que possuem condições de atender à totalidade da demanda da localidade individualmente. Tanto o rio Itueto quanto o Manhuaçu estão mais afastados das cidades, envolvendo longas adutoras e vencimento de grande desnível. Comparativamente, o rio Manhuaçu torna-se menos atrativo que o rio Itueto pelo fato de que o relevo até o ponto de captação sugerido no manancial é mais acidentado, dificultando a construção de uma adutora. Outra solução possível seria a combinação dos mananciais Córrego Quasitinho e Córrego da Barata.

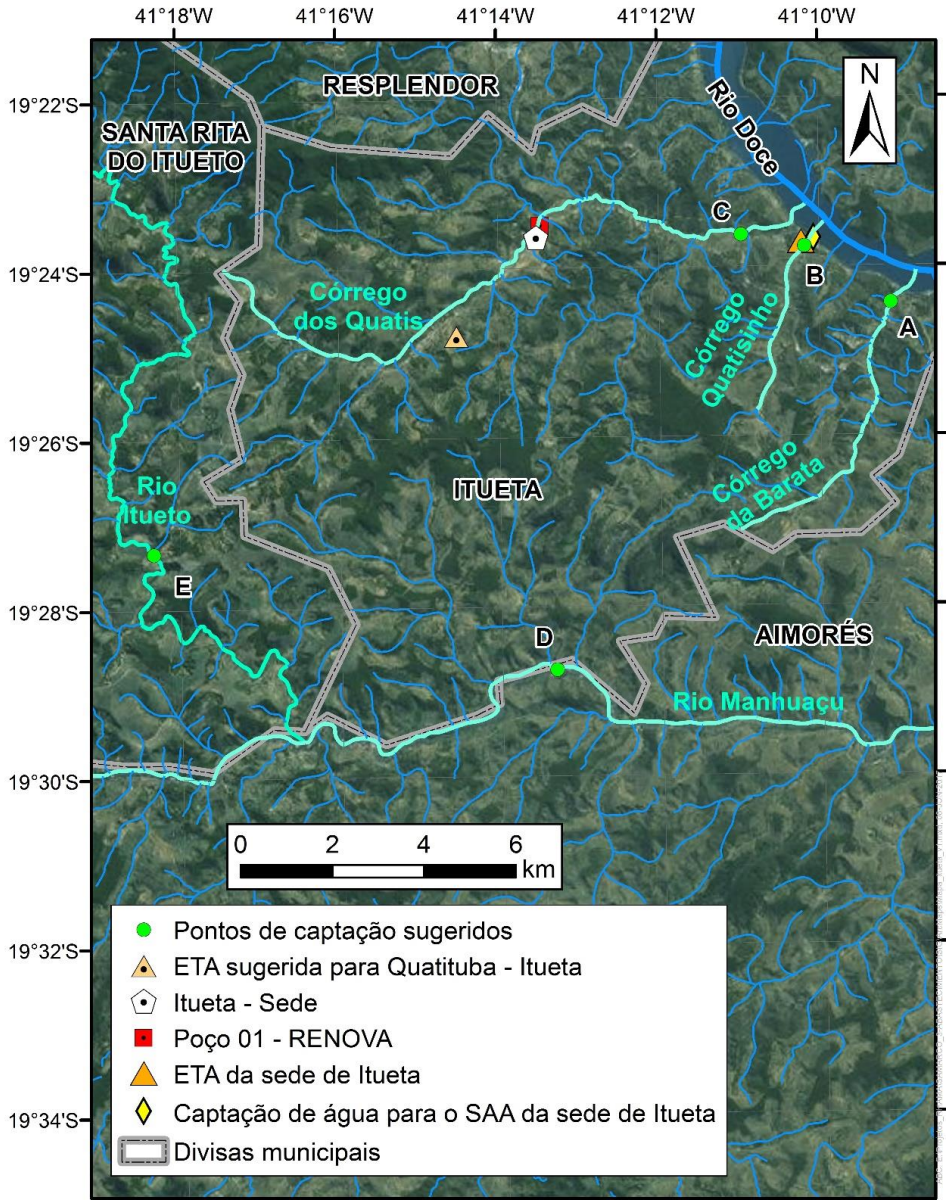


Figura 80. Hidrografia da região próxima da sede de Itueta e possíveis mananciais para captação.

A Tabela 74 apresenta a extensão das adutoras sugeridas para as alternativas selecionadas. A Figura 81 apresenta o traçado das adutoras do córrego dos Quatis e da adutora que engloba a combinação do córrego da Barata e do córrego Quatisinho, enquanto a Figura 82 apresenta a localização de uma ETA sugerida para Quatituba e o traçado da adutora do rio Itueto.

Tabela 74. Extensão das adutoras sugeridas para o abastecimento da sede de Itueta.

Alternativa	Manancial	Comprimento da adutora (km)
C	Córrego Quatis	1,4
A + B	Córrego da Barata e Córrego Quatisinho	2,7
E	Rio Itueto	9,8

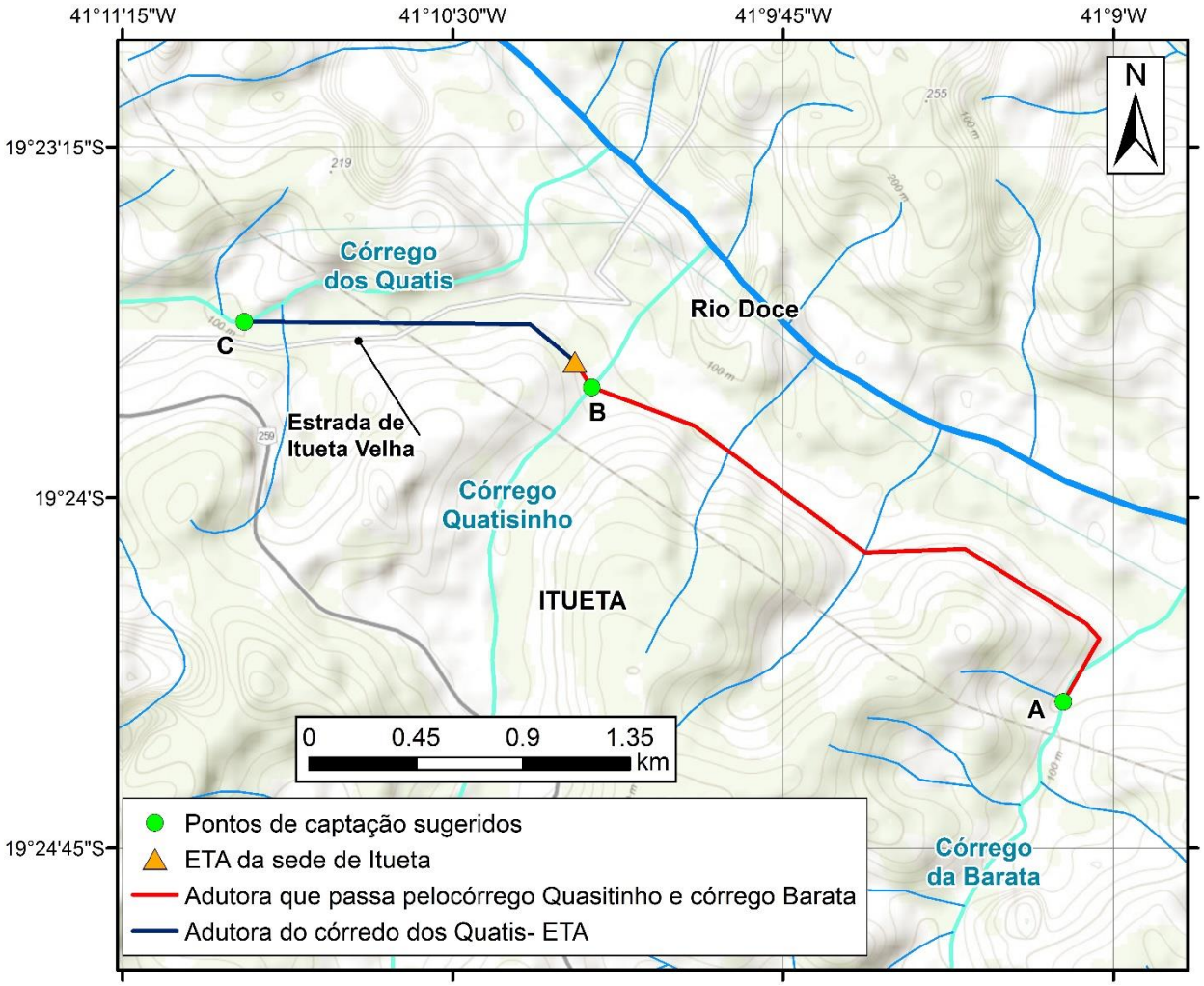


Figura 81. Traçado sugerido para as adutoras de córrego Quatis, Córrego da Barata e córrego Quatisinho.

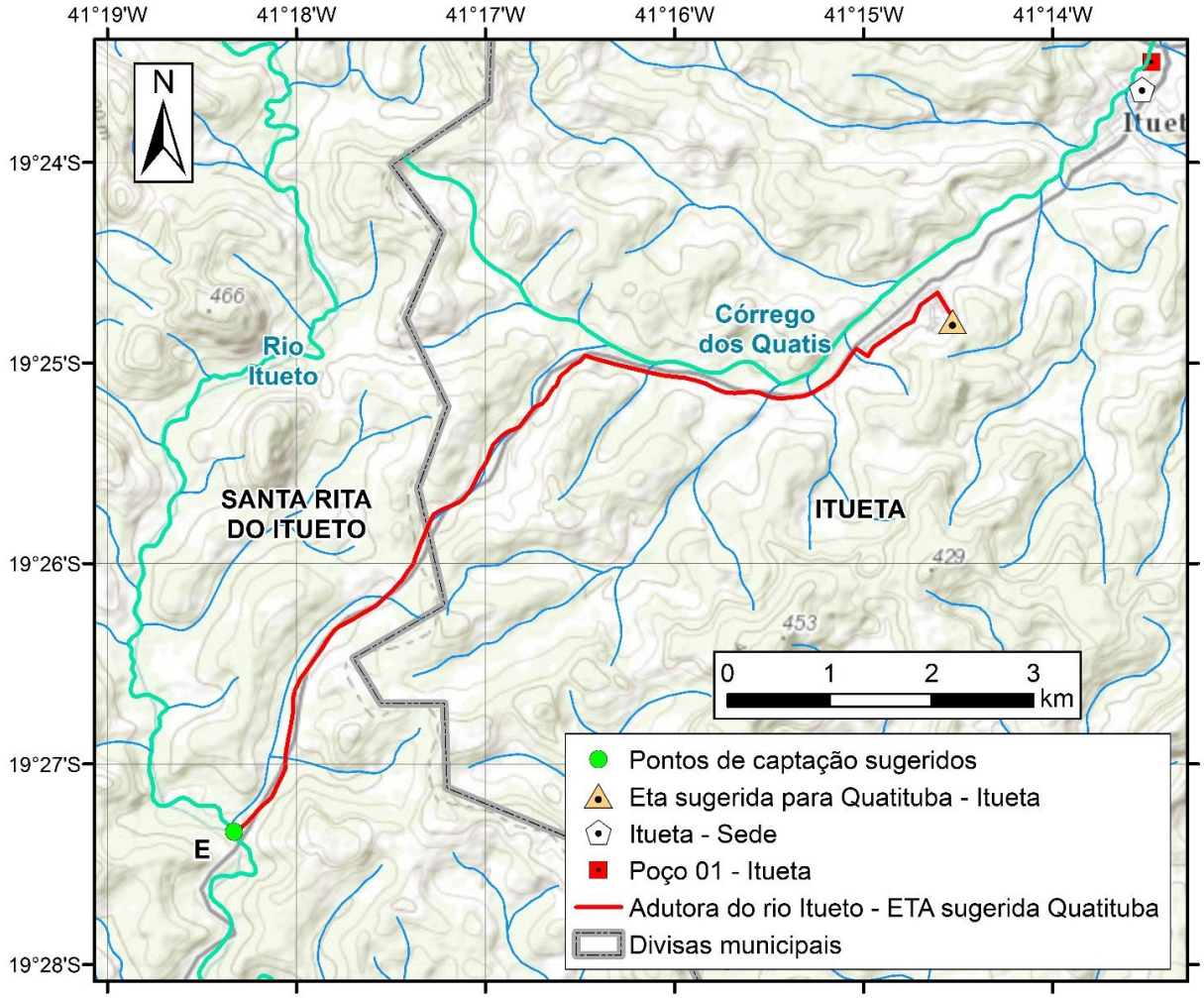


Figura 82. Traçado sugerido para a adutora do rio Itueto e localização da ETA sugerida para Quatituba.

Manancial subterrâneo: para a sede do município de Itueta, a demanda estabelecida como meta pelo TTAC é de 17,16 L/s (61,8 m³/h). Quando se analisam as vazões médias em poços localizados no município de Itueta ($Q_{média}$ = 11,2 m³/h = 3,11 L/s), conclui-se que são necessários seis poços tubulares para suprir a demanda de abastecimento da sede do município.

Com base na estimativa regional, considerando uma probabilidade de 80% de sucesso de conseguir a vazão estabelecida pela meta (61,8 m³/h), são necessários nove poços tubulares para abastecer a sede do município de Itueta.

Considerando a precipitação anual na área (posto de São Sebastião da Encruzilhada), para um círculo com raio de 1,5 km, a recarga no mesmo é de 47 L/s (169 m³/h), mostrando que as águas subterrâneas podem ser utilizadas, e que seriam necessários 3 círculos para perfurar poços.

Existem poços da COPASA junto a ETA com vazão de 10,8 m³/h (3,0 L/s)

Avaliação das alternativas

Considerações básicas das alternativas: São apresentadas nesta parte do relatório, as alternativas para atender à demanda, combinando ou não os mananciais identificados. Inicialmente são apresentadas as condições que permitiram definir as alternativas:

- Considerando que os corpos d'água mais próximos da localidade apresentam vazão relativamente baixa, será avaliado o uso em conjunto de mais de um manancial;
- Estudou-se a viabilidade da utilização das seguintes alternativas: córrego Quatis e poço da COPASA; uso em conjunto do córrego da Barata, córrego Quatisinho e poço da COPASA; e do rio Itueto.
- A alternativa de uso do rio Itueto considera a desativação da ETA atual e a construção de uma nova ETA na sede de Quatituba.
- Considerando as 5 tentativas frustradas de perfuração de poços na região, a alternativa de manancial subterrâneo não será avaliada.

Alternativa 1 – Córrego Quatis e poço profundo da COPASA

Atendimento da demanda: é o manancial superficial mais próximo da ETA. Sua vazão sem regularização estimada supera a demanda total da localidade, sendo estimada em 89,1 L/s, somando-se a vazão do poço existente junto da captação do rio Doce, a disponibilidade hídrica desta alternativa é 92,1 L/s. Não será necessária a construção de reservatório para regularização. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo, soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: o traçado da adutora sugerido possui 1,4 km, passando por zona rural e provavelmente permite que a adução seja realizada por gravidade.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é extensa, passando pela malha urbana de Quatituba e de Itueta, o que indica um risco potencial de contaminação de suas águas. Mesmo que seja indicada qualidade de água compatível com o uso para abastecimento humano, deve ser considerado o risco potencial de falhas do sistema de tratamento de efluentes que poderia causar interrupção temporário do uso deste manancial. Foi observado durante visita de campo realizada pela equipe da RENOVA em abril de 2017 que o manancial apresenta características de recebimento de efluentes.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, junto à SEMAD, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

Espera-se que seja necessário um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,4 km. Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento de 0,4 km da rede elétrica, construção de adutora de 1,4 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água. Estima-se que o investimento para implementação desta alternativa será de R$ 662.000,00.

Alternativa 2 – Córrego da Barata, córrego Quatisinho e poço da COPASA

Atendimento da demanda: os dois mananciais superficiais considerados possuem pequena área de drenagem e relativas pequenas vazões. Sem considerar a regularização de vazão, a disponibilidade hídrica estimada é próxima à demanda. A equipe da Renova fez inspeções locais (abril de 2017) e verificou que é possível que existam retiradas ilegais a montante do local analisado, levando a situação adversa de disponibilidade hídrica e aparente intermitência. De modo a promover maior segurança hídrica, é aconselhada a construção de reservatório de acumulação no córrego do Barata e captação sem regularização no córrego Quatisinho. A disponibilidade hídrica conjunta dos poços da COPASA existentes e dos dois mananciais nas condições apresentadas é de 113,58 L/s, aproximadamente seis vezes e meia a demanda.

Adução: De acordo com o MDE do SRTM existe desnível favorável de aproximadamente 17 metros entre o local da captação no córrego do Barata e a ETA, e de aproximadamente 11 metros entre o córrego do Quatisinho e a ETA, porém de acordo com observações de campo realizadas pela equipe da RENOVA (abril 2017) a ETA se encontra em cota mais elevada. Para fins de estimativa de custo considerou-se que a adução poderá ser feita por gravidade até o local. O traçado da adutora sugerido possui 2,7 km, passando por zona rural, cruzando outros dois córregos além o Quatisinho.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia do córrego do Quatisinho é majoritariamente composta de pastagens com vegetação arbórea, mas de pouca densidade. No seu alto curso, são observados processos erosivos. O córrego do Barata apresenta situação semelhante, mas com maior presença de processos erosivos, inclusive com ravinas e voçorocas relativamente próximas à captação sugerida.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento de duas outorgas para captação em curso d'água e para dois barramentos, um com e um sem regularização em corpo superficial, junto à SEMAD, bem como intervenções na APP dos córregos para construção da infraestrutura de captação e adução e travessias em outros dois córregos.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica por 2,7 km em zona rural.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante, prolongamento da rede elétrica de 2,7 km, construção da adutora de 2,7 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo desta alternativa em R$ 1.312.000,00. Ao adicionar-se o barramento estima-se um investimento total de R$ 3.983.000,00. Destaca-se que o custo de construção de um barramento é altamente influenciado pelo seu porte, técnica construtiva, relevo e geologia local, de modo que na fase de projeto básico e executivo a estimativa de investimentos pode sofrer substanciais mudanças.

Alternativa 3 – Rio Itueto

Atendimento da demanda: o rio Itueto localiza-se ao sudoeste da localidade. Possui vazão sem regularização de 286,38 L/s, compatível com a demanda, não sendo necessárias obras para regularização de vazão. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo, uma soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: para esta alternativa é considerada a desativação da ETA hoje existente e a construção de uma nova ETA junto à sede municipal de Quatituba. O traçado da adutora sugerido é de 9,8 km, sendo 1,7 km dentro da malha urbana.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente composta de cultivos agrícolas perenes de pequeno porte e grandes várzeas alagáveis. Não se observam indícios de grandes de aglomerados populacionais nem processos erosivos de grande porte próximos à calha fluvial, não sendo identificados grandes potenciais poluidores.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, junto à SEMAD, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e seis travessias em corpos d'água considerando as respectivas intervenções em APP.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,1 km de uma propriedade rural próxima a capação sugerida. Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, construção da adutora, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo desta alternativa em R$ 3.460.000,00. A avaliação do investimento necessário para construção da ETA não está contemplada neste estudo.

A Tabela 75 apresenta em resumo as características de cada manancial avaliado, bem como uma estimativa de custo de implementação segundo os critérios anteriormente expostos.

Considerações finais

A análise foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo.

Das alternativas analisadas, aponta-se a o uso em conjunto do córrego do Barata, do Quatisinho e do poço existente da COPASA como alternativa potencialmente mais interessante. O arranjo proposto com o uso de reservatórios de acumulação foi concebido como forma promover maior segurança hídrica, mesmo considerando as incertezas inerentes aos estudos hidrológicos e a eventual situação adversa local (captações irregulares a montante).

Destaca-se que a alternativa sugerida não é a mais barata dentre as avaliadas. Contudo, o córrego Quati, por passar pela malha urbana de Itueta e Quatituba, mesmo que apresente qualidade de água compatível com o uso para abastecimento humano, possui um risco de contaminação devido a uma eventual falha dos sistemas de tratamento de efluentes das localidades, o que levaria a interrupção momentânea do abastecimento.

Como segunda alternativa, sugere-se o uso do manancial rio Itueto, sendo os custos de captação e adução são semelhantes ao da alternativa 1. Apesar dos custos e tempo demandado para obras, destaca-se que este manancial é o que apresenta maior disponibilidade hídrica dentre os analisados e que forneceria maior segurança ao abastecimento. Para o uso desta alternativa é prevista a construção de uma nova ETA junto à sede municipal de Quatituba (custo não estimado neste projeto). Deve ser destacado que a visita de campo realizada em abril de 2017 aponta que a ETA existente necessita de reformas e melhorias, de modo que este fator deve ser considerado na avaliação de custo final das alternativas.

Os resultados obtidos devem ser revistos com dados locais para dirimir as incertezas associadas às estimativas. Caso seja verificado em campo que os mananciais apontados não são adequados, deve-se investigar as outras alternativas expostas na Tabela 73 com arranjos de uso conjunto de mananciais.

Tabela 75. Tabela resumo das características das alternativas – Itueta - sede.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Córrego Quati e poço da COPASA	1,4	-	Em geral boa, mas apresenta 2 aglomerados populacionais	Completa sem reservação	0,4 km em área rural	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP	662	3
2	Córrego do Barata, córrego Quatisinho e poço da COPASA	2,7	3 travessias em corpos d'água	Regular com processos erosivos na bacia do cór. do Barata	2 completas com reservação	2,7 km em área rural	2 out. captação 2 out. barramento 4 interv. em APP 2 trav. aéreas em rio	3.983	2
3	Rio Itueto	9,8	6 travessias em corpos d'água e 1 travessia em rodovia	Boa com presença de cultivos agrícolas	Completa sem reservação	0,1 km	1 out. captação 1 out. barramento 7 interv. em APP 6 trav. Curso d'água	3.460	1

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

7.2.14 Linhares – Sede

Caracterização

Localização: o município de Linhares localiza-se no estado do Espírito Santo, na extremidade leste da bacia do rio Doce. Neste município, o abastecimento da sede municipal e do distrito de Regência foram afetados. Este item trata do abastecimento da sede municipal.

Sistema de abastecimento de água: o sistema de abastecimento da sede de Linhares é operado pelo SAAE – Linhares e atende à totalidade dos cerca de 136.600 habitantes (ESSE, 2015) que ali residem. Em condições normais, o abastecimento é feito a partir de captação realizada no rio Pequeno, que é alimentado pela vazão que aflui da Lagoa Juparanã. Em função da estiagem que predominou na região nos últimos anos, o nível do rio Pequeno reduziu consideravelmente, sendo construído sistema alternativo de bombeamento de água do rio Doce, que na época do acidente se encontrava em fase de teste. A ETA está situada junto à captação e possui capacidade de 400,0 L/s, porém opera com vazão de aproximadamente 350,0 L/s. A Figura 83 apresenta a caracterização do sistema de abastecimento da localidade.

Abastecimento emergencial: visando à redução da dependência do rio Pequeno, e a complementação da vazão demandada para abastecimento no período de estiagem (tal qual procurava-se fazer com a tentativa de captação do rio Doce) construiu-se uma adutora que liga a Lagoa Nova até a estrutura de captação existente no rio Pequeno. A adutora construída possui aproximadamente 9 km e transporta 200,0 L/s de água. A vazão captada atende às exigências do TTAC, correspondendo a 50 % da demanda local. A definição do uso deste manancial não foi baseada em estudo hidrológico específico para esta finalidade, mas existe uma tese de doutorado que visava a caracterização da Lagoa Nova para fins de estudo de qualidade de água e eutrofização (Gonçalves, 2015). Segundo relatório apresentado pela Newfields (2016), atualmente, a localidade utiliza a Lagoa Nova como principal fonte de captação e ainda capta 160,0 L/s do rio Pequeno.

Atendimento à demanda estabelecida: o TTAC prevê o atendimento à uma vazão de 200,0 L/s.

Alternativas

O atendimento à vazão estabelecida no TTAC pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão especificado na lei, que é a vazão outorgável[51]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[52]. O conjunto de

[51] A vazão outorgável corresponde a 50% da Q_{90} para o estado do Espírito Santo.

[52] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

valores determinados são apresentados na tabela abaixo. A Tabela 76 apresenta as áreas de drenagem necessárias para suprir a demanda de 200,0 L/s.

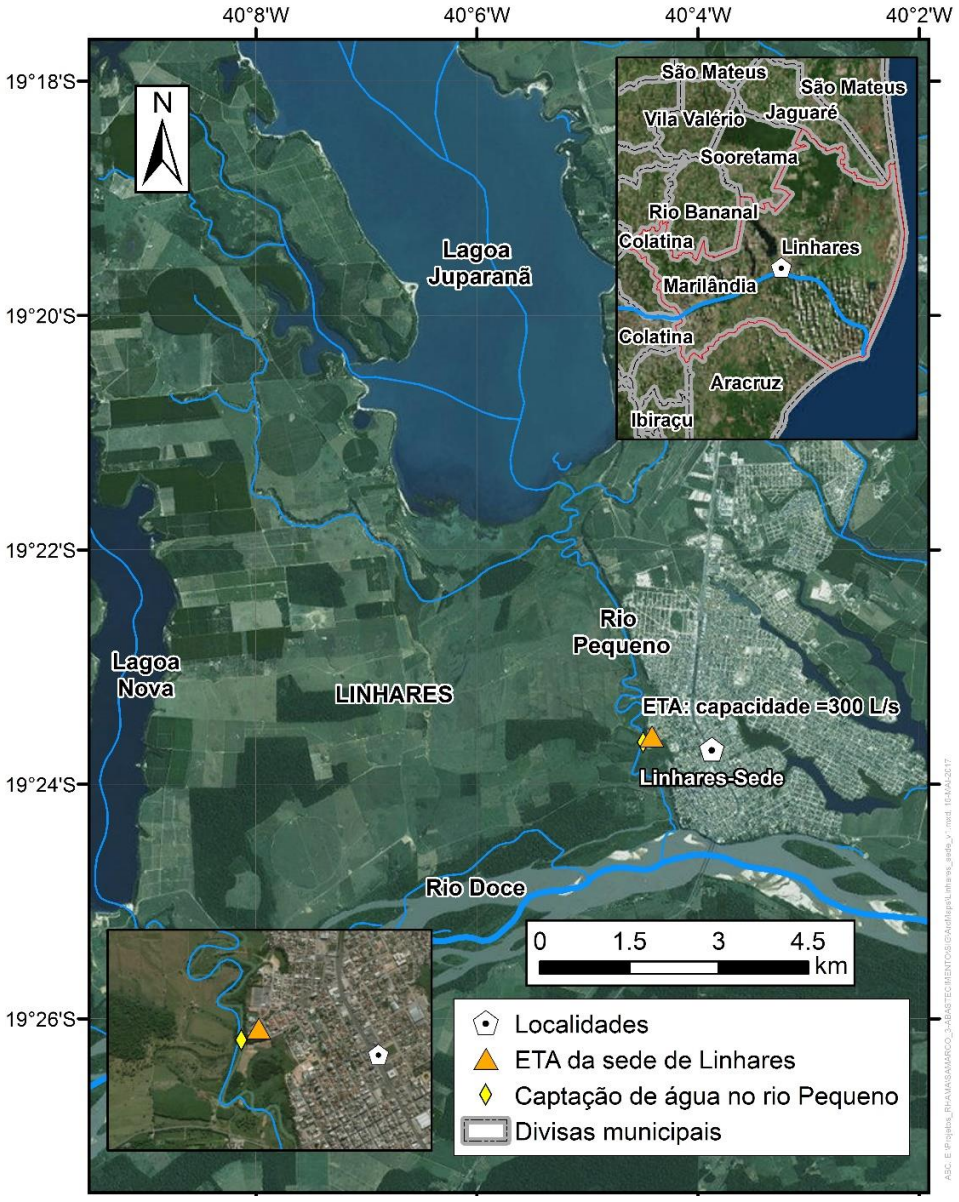


Figura 83. Caracterização do sistema de abastecimento e localização da sede de Linhares.

Tabela 76. Áreas de drenagem requeridas para o abastecimento de sede de Linhares.

Cenário	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, vazão outorgável	102,95
Sem regularização, mantendo 50% da Q_{90}	40,30
Com regularização, mantendo 50% da Q_{90}	31,80

Uma vez definidas as áreas mínimas necessárias para que se obtenha a vazão estabelecida pelo TTAC, foi avaliada a vazão do manancial Lagoa Nova que já vem sendo utilizado para o abastecimento da localidade. Considera-se o exutório da Lagoa Nova como ponto base para a delimitação da bacia hidrográfica deste manancial. Calculou-se uma área de contribuição de 323,78 km². A vazão outorgável (sem reservação) foi estimada em 650,12 L/s sendo superior à demanda definida pelo TTAC. Deve-se destacar que a própria lagoa corresponde a um sistema de reservação de água com capacidade elevada, provavelmente superior a premissa deste estudo que é adaptada à estimativa da vazão regularizada proporcionada por reservatórios artificiais. A vazão outorgável deste manancial é estimada como sendo da ordem de 1.907,61 L/s.

Considerando que este manancial já se encontra em uso, que já foi construída toda a infraestrutura de captação e adução, que está comprovada a qualidade e tratabilidade da água com a tecnologia de tratamento da ETA local e que a vazão de captação estimada supera com folga a demanda local (permitindo, inclusive, o aumento da captação além do horizonte de planejamento utilizado), não se vê necessidade de avaliação de outras alternativas. A Tabela 77 apresenta as características do manancial utilizado para suprir a demanda de abastecimento na sede de Linhares. A Figura 84 apresenta a localização da bacia hidrográfica da Lagoa Nova, assim como do ponto de captação utilizado.

Tabela 77. Características do manancial superficial analisado quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento da sede de Linhares.

Alternativa	Manancial	Área de drenagem (km²)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Lagoa Nova	346,96	2.039,85	698,05	- [3]

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*
3. *Por se tratar de manancial já em uso e com obra perene implementada não foi avaliado o desnível.*

Manancial subterrâneo: para a sede do município de Linhares a demanda estabelecida como meta é de 200 L/s (720 m³/h). Quando se analisam as vazões médias em poços localizados no município ($Q_{média}$ = 13,9 m³/h = 3,86 L/s), conclui-se que são necessários 52 poços tubulares para suprir a demanda de abastecimento da sede municipal. O número de poços necessários para atendimento da demanda é tão alto que não se procedeu a estimativa do número de poços considerando um risco de não atendimento.

Considerando a precipitação média na área da bacia (posto de Baixo Guandu), e considerando um círculo com raio de 1,5 km, a recarga no poço é de 41,3 L/s (148,7 m³/h), mostrando que as águas subterrâneas podem ser utilizadas apenas de maneira complementar se necessário.

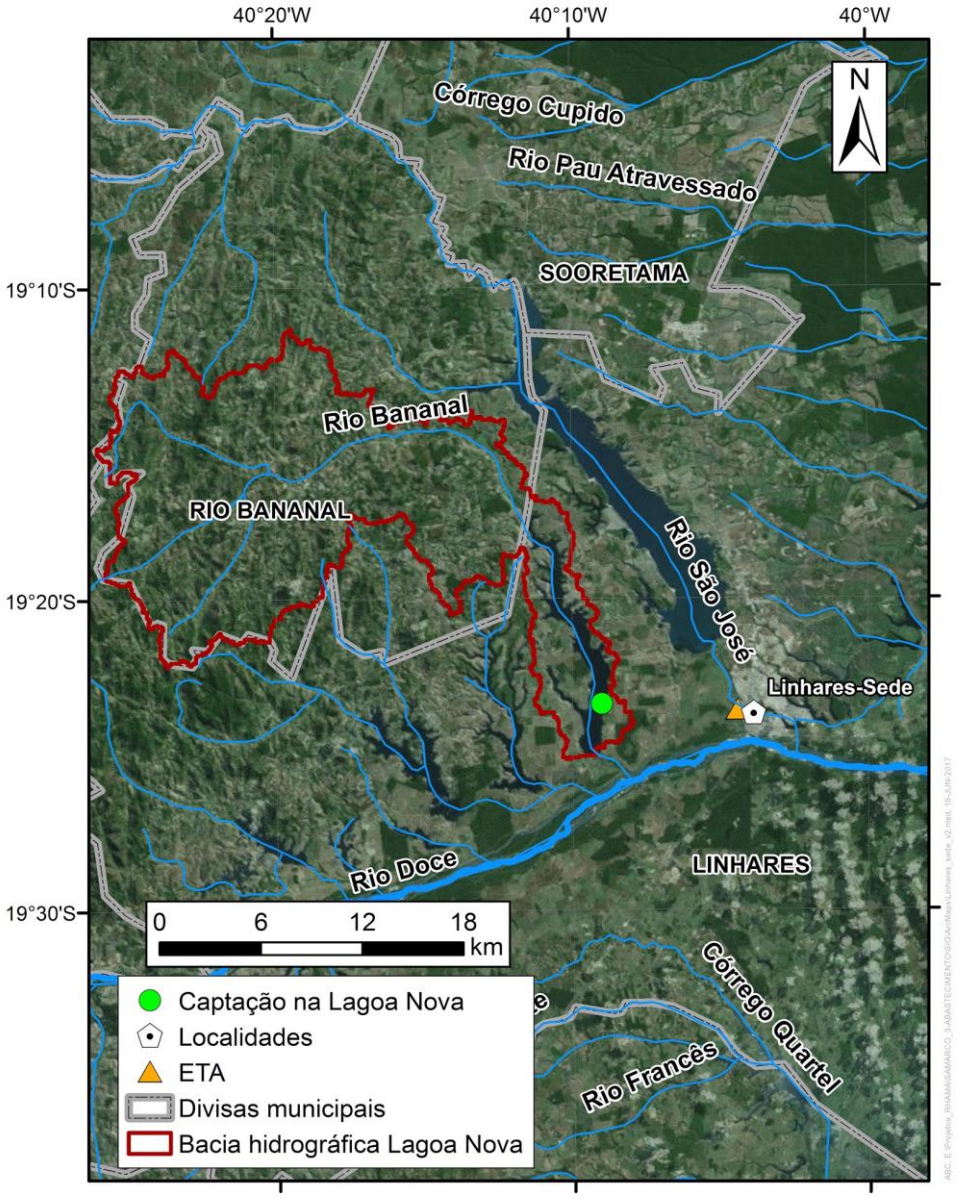


Figura 84. Localização da bacia hidrográfica do manancial Lagoa Nova.

Avaliação das alternativas

É apresentada a avaliação descritiva do da Lagoa Nova, além de um quadro com intervenções previstas, pontos críticos, infraestrutura e atividades requeridas para implementação da alternativa.

Alternativa 1 – Lagoa Nova (manancial superficial)

Atendimento da demanda: a RENOVA realizou, como medida emergencial, a construção de um sistema de captação na Lagoa Nova, a aproximadamente 9,0 km de distância da ETA da cidade.

Adução: a captação é realizada por sistema de bombeamento flutuante, conectado por meio de uma adutora enterrada de PEAD até a ETA local. O sistema instalado foi dimensionado para atendimento da demanda do TTAC (200,0 L/s), porém a disponibilidade é superior a este valor.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: sua bacia hidrográfica é predominantemente ocupada por agricultura e não se identificam grandes aglomerados populacionais. Apesar de a agricultura poder ser considerada uma potencial fonte de poluição difusa, a qualidade das águas do manancial é, comprovadamente, compatível com a tecnologia e capacidade de tratamento da ETA local (manancial já em uso).

*Estimativa de custos: c*onsiderando o exposto, o investimento necessário para utilização desta alternativa corresponde à uma eventual assessoria dos procedimentos de licenciamento e requerimento de outorga de captação, travessia do rio Pequeno e intervenções em APP (até o momento não foi verificado o registro da outorga de captação), sendo estimado em R$ 26.000,00. É possível que seja requerida a instalação de posto fluviométrico e definição da curva-chave a montante da lagoa, bem como monitoramento do nível da lagoa, sendo estimado um investimento adicional de R$ 88.000,00.

A Tabela 78 apresenta, em resumo, as características de cada manancial avaliado, bem como uma estimativa de custo de implementação segundo os critérios anteriormente expostos.

Considerações finais

A análise foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo.

Foi avaliado que a disponibilidade hídrica do manancial Lagoa Nova é condizente e supera a demanda local, podendo inclusive ser expandida a capacidade de captação, sendo aconselhado a continuação do seu uso. Destaca-se a grande presença de atividade agrícola em sua bacia e é aconselhado a realização de incentivos à recuperação da mata ciliar nos rios que formam a bacia hidrográfica.

O uso de manancial subterrâneo seria interessante somente no caso de atendimento de pontos isolados da cidade que não sejam atendidos pela rede de distribuição, mas, ainda assim, acredita-se que a expansão da rede seria mais vantajosa do ponto de vista financeiro.

Tabela 78. Tabela resumo das características das alternativas – Linhares - sede.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
Alternativa 1	Lagoa Nova	-*	1 travessia em rio	Regular	Já existente	Não	1 out. captação 1 trav. curso d'água 2 interv. em APP	26**	-

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

* *Já existente.*

** *Não é considerado a instalação de monitoramento hidrológico.*

7.2.15 Linhares – Regência

Caracterização

Localização: conforme mencionado no item anterior, no município de Linhares, o distrito de Regência também teve seu sistema de abastecimento afetado. Regência situa-se próximo da entrada do rio Doce no oceano Atlântico. A Figura 85 apresenta a localização de Regência.

Sistema de abastecimento de água: o sistema de abastecimento da localidade é operado pelo SAAE – Linhares e atende à totalidade dos cerca de 2.200 habitantes (ESSE, 2015) que residem na localidade. Em condições normais, o abastecimento era feito a partir de captação realizada no rio Doce. Devido à intrusão salina em períodos de baixa vazão, o abastecimento com captação no rio Doce foi interrompido, de tal forma que esta cessação não está diretamente relacionada ao evento ocorrido na barragem de Fundão.

Foi perfurado um poço junto a ETA para abastecimento da localidade, o qual têm apresentado concentração de metais acima do padrão de potabilidade, em especial bário.

A ETA da localidade está situada próxima à antiga captação e possui vazão de trabalho de 20 L/s.

Abastecimento emergencial: o abastecimento em caráter emergencial da localidade foi inicialmente feito a partir de caminhões pipa que transportavam água de um poço tubular profundo localizado na fazenda da empresa União, a cerca de 10 km da ETA. Além do poço existente no local, foram perfurados outros poços pela Fundação RENOVA com o intuito de buscar águas de melhor qualidade, mas estas também apresentavam a presença de metais. Foi instalada uma ETA móvel com tratamento via osmose reversa, a qual está sendo capaz de promover o tratamento adequado e a potabilização da água proveniente dos poços.

Atendimento à demanda estabelecida: o TTAC prevê o atendimento a uma vazão de 6,0 L/s. Dessa forma, serão buscados mananciais, superficiais e/ou subterrâneos, que supram essa vazão.

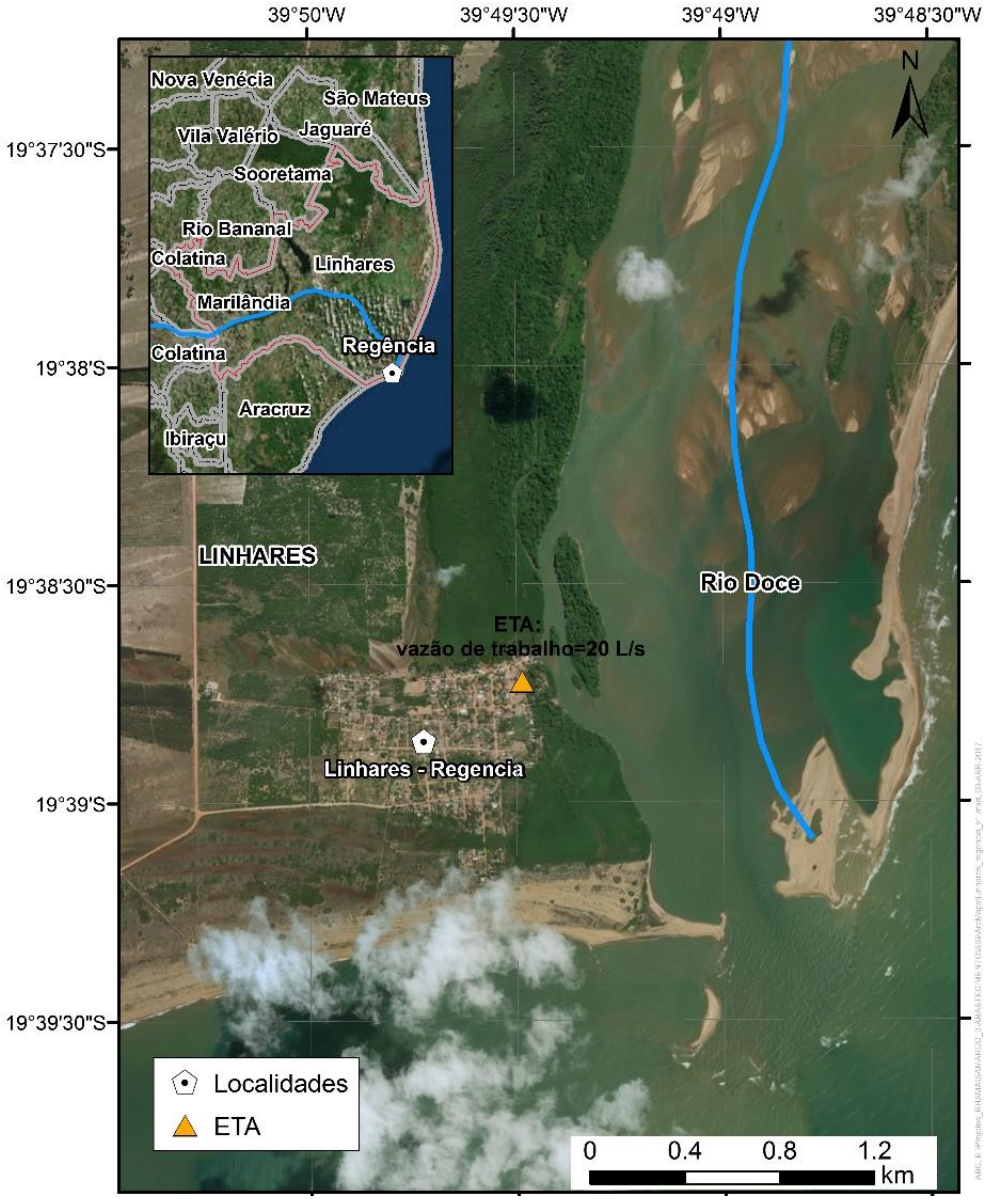


Figura 85. Caracterização do sistema de abastecimento e localização de Regência.

Alternativas

O atendimento à vazão estabelecida no TTAC pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão

especificado na lei, que é a vazão outorgável[53]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[54]. O conjunto de valores determinados são apresentados na tabela abaixo. A Tabela 79 apresenta as áreas de drenagem necessárias para suprir a demanda de 6,0 L/s.

Uma vez definidas as áreas mínimas necessárias para que se obtenha a vazão instituída pelo TTAC, identificaram-se mananciais que possuem características que atendam aos cenários descritos. A Figura 86 fornece uma visão geral da hidrografia próxima à região de Regência. Analisando a referida figura, percebe-se não existem muitas alternativas de mananciais superficiais que possam ser utilizados, levando-se em conta a proximidade com as estruturas existentes do SAA.

Tabela 79. Áreas de drenagem requeridas para o abastecimento da localidade de Regência.

Cenário	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, vazão outorgável	3,41
Sem regularização, mantendo 50% da Q_{90}	1,35
Com regularização, mantendo 50% da Q_{90}	0,86

A localidade apresenta uma situação peculiar entre todas as demais analisadas, pois nela não se identificam mananciais superficiais próximos às estruturas do sistema de abastecimento. Os mananciais mais próximos da localidade são o rio dos Comboios e alguns canais de irrigação localizados no município de Aracruz. O sistema de canais de irrigação é alimentado por um complexo sistema de reservatórios e pelo rio dos Comboios. Os mananciais selecionados para análise preliminar foram: rio dos Comboios (considerando um ponto de captação no canal de derivação), lagoa do Aguiar e outras lagoas próximas da localidade. A Tabela 80 apresenta características dos mananciais avaliados. A seguir, é apresentada uma análise de cada uma das alternativas consideradas:

A) **Rio dos Comboios (canal de derivação):** este manancial encontra-se interligado a um complexo sistema de reservatórios e, assim, a real avaliação da disponibilidade hídrica torna-se complexa, dependendo inclusive da capacidade hidráulica do canal. Considerando-se a metodologia aplicada para determinação da capacidade de cada manancial, e as características do relevo local os quais são praticamente planos, a estimativa da área da bacia do rio dos Comboios têm grandes incertezas, uma vez que o MDE não possui o nível de resolução necessária para estudo desta região. Além disso, o rio dos Comboios atravessa a Terra Indígena de Comboios. Quinhentas pessoas habitam o território de 3.572,0 ha (FUNAI, 2017). O território indígena estende-se da Reserva Biológica de Comboios, ao norte, até a localidade de Barra do Riacho, no município de Aracruz, ao sul, sendo limitada a leste pelo oceano Atlântico e a oeste, quase que em toda a sua extensão, pelo rio dos Comboios. Desta forma, a utilização do rio dos Comboios fica condicionada à autorização do Congresso Nacional, que ouvirá a comunidade indígena afetada, conforme o parágrafo 3° do artigo 231 da Constituição Federal.

[53] A vazão outorgável corresponde a 50% da Q_{90} para o estado do Espírito Santo.

[54] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

B) **Lagoa do Aguiar**: entre as alternativas estudadas, este manancial é o mais distante da localidade. No entanto, possui uma bacia com cerca de 147,24 km². A vazão outorgável sem regularização no manancial é de 289,01 L/s.

C) **Lagoas próximas**: existem três lagoas localizadas dentro de um raio de 5,9 km da ETA local. Destaca-se que estes corpos d'água não estão listados nas bases de dados da hidrografia oficial do Espírito Santo ou da ANA, de modo que, na escala de trabalho concebida para este estudo, não é possível realizar a estimativa da disponibilidade hídrica destes mananciais.

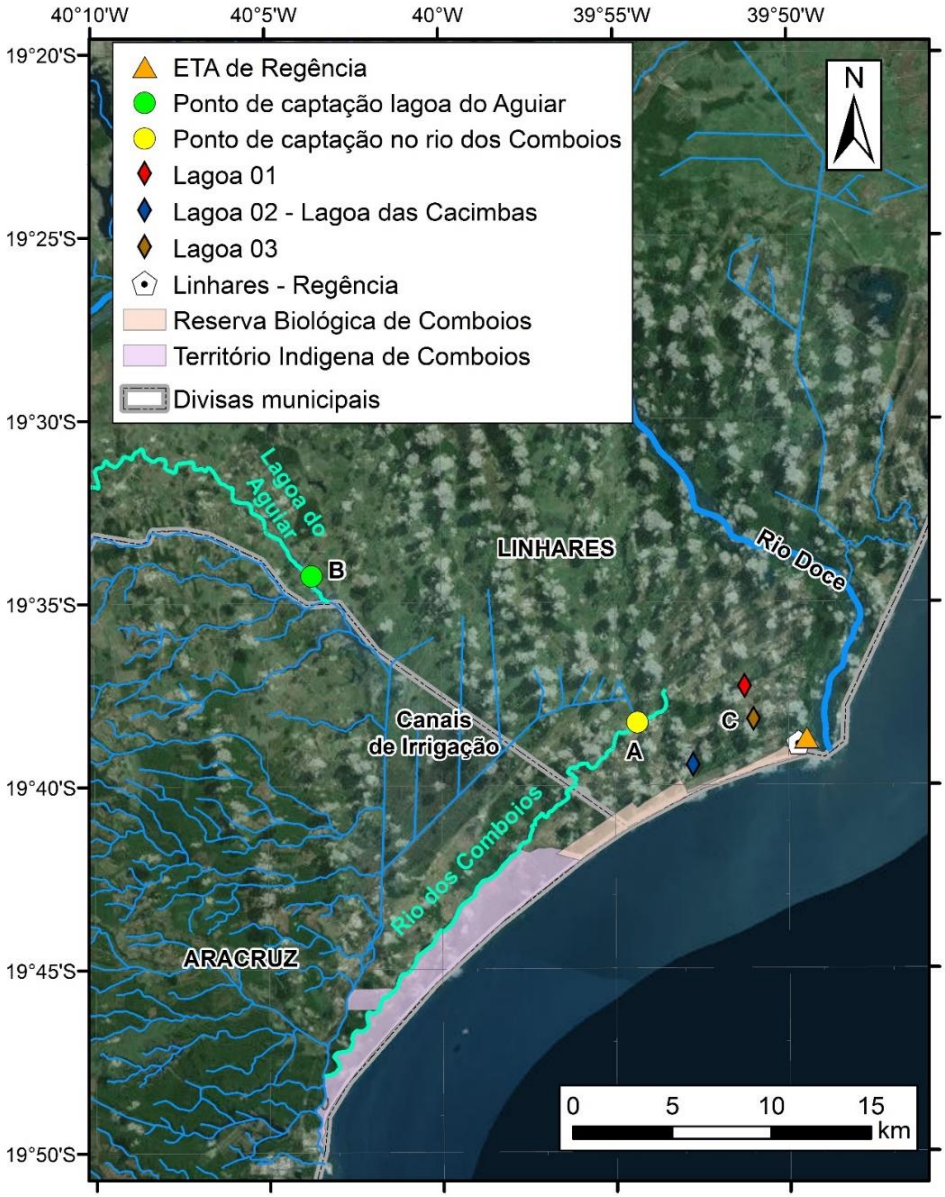


Figura 86. Hidrografia da região próxima a localidade de Regência e localização de áreas de proteção.

Tabela 80. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade de suprir a demanda para abastecimento de Regência.

Alternativas	Manancial	Área de drenagem (km²)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Rio dos Comboios	Não foi possível realizar a estimativa da capacidade destes mananciais.			
B	Lagoa do Aguiar	147,24	888,42	289,01	2,0
C	Lagoas próximas	Não foi possível realizar a estimativa da capacidade destes mananciais.			

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*

Não foi possível estimar a disponibilidade hídrica das alternativas (A) e (C) devido ao mencionado acima. As disponibilidades somente poderão ser determinadas com levantamento de dados locais. Para a alternativa (B), Lagoa do Aguiar, elaborou-se uma sugestão de traçado de adutora. A Figura 87 apresenta o traçado da adutora para a alternativa B. A extensão da adutora sugerida é apresentada na Tabela 81.

Tabela 81. Extensão das adutoras sugeridas.

Alternativa	Manancial	Comprimento da adutora (km)
A	Rio dos Combois	11.3
B	Lagoa do Aguiar	42,0

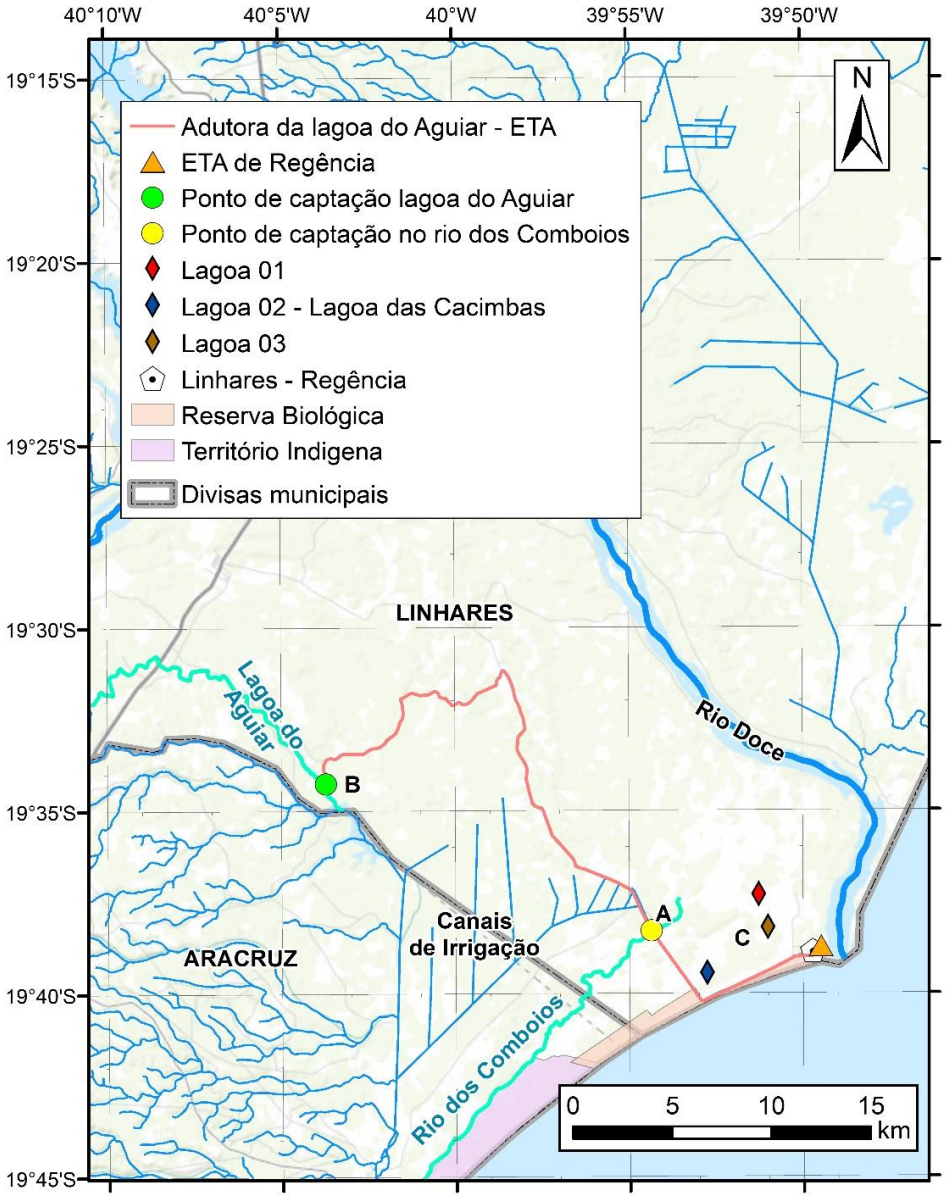


Figura 87. Traçado das adutoras para o abastecimento da localidade de Regência.

Manancial subterrâneo: para a localidade de Regência, a demanda estabelecida como meta é de 6 L/s (21,6 m³/h). Quando se analisam as vazões médias em poços localizados no município de Linhares ($Q_{média}$ = 13,9 m³/h = 3,9 L/s), conclui-se que são necessários dois poços tubulares para suprir a demanda de abastecimento local. Com base na estimativa regional com probabilidade de 80% de sucesso de conseguir a vazão estabelecida pela meta (21,6 m³/h), são necessários três poços tubulares para abastecer Regência.

Considerando a precipitação anual na área (posto de Baixo Guandu), e considerando um círculo com raio de 1,5 km, a recarga neste local é de 41,3 L/s (148,7 m³/h). Infere-se, assim, que as águas subterrâneas podem abastecer a localidade sem afetar as reservas permanentes.

Devido ao fato de Regência estar situada próxima da foz do rio Doce e próxima da zona litorânea, estudos devem ser realizados quanto à possibilidade da ocorrência de intrusão salina devido ao bombeamento de poços e, também, de qualidade das águas subterrâneas.

Avaliação das alternativas

Alternativa 1 – Poços existentes

Atendimento da demanda: existem poços perfurados, os quais já são utilizados para o abastecimento da localidade com capacidade de atendimento pleno da demanda, mas os mesmos apresentam concentrações de metais, em especial bário, acima dos padrões de potabilidade. O tratamento estava sendo realizado com ETA móvel com sistema de Osmose Reversa e está prevista reforma na ETA local para adequação do processo de tratamento e desativação da ETA móvel (RENOVA, 2017b).

Adução: o sistema de poços já se encontra ligado à ETA. Desta forma, não é considerada a necessidade de implementação de nova adutora.

Requerimentos: os poços já se encontram regularizados e em operação. Dos itens avaliados no âmbito deste estudo, não é previsto nenhum requerimento. Porém, deve-se destacar que a tecnologia existente na ETA da localidade não é capaz de remover metais e ainda assim oferecer água dentro do padrão de potabilidade. O tratamento estava sendo feito com ETA móvel com tecnologia de tratamento de osmose reversa, a qual possui um custo operacional elevado. São previstos investimentos na adequação da ETA local, mas estes não são estimados no âmbito deste estudo.

Estimativa de custos: nesta alternativa não é prevista a criação de nova infraestrutura para captação e adução. Deste modo, os custos relacionados à continuidade da operação desta alternativa após o desligamento da ETA móvel se resumem à adequação da ETA existente, custos não avaliados no âmbito do presente estudo.

Alternativa 2 – Perfuração de novos poços

Atendimento da demanda: como apresentado anteriormente, considera-se a perfuração de novos poços como alternativa na busca de águas subterrâneas com melhor qualidade, o que viria a minimizar custos com adequação da ETA e custos operacionais do tratamento. Considerando as estimativas apresentadas anteriormente, é prevista a perfuração de três poços para atendimento da demanda total.

Adução: as áreas sugeridas para investigação e perfuração de poços se encontram próximas a malha urbana. Considerando a necessidade de mais de um poço, para estimativa de custos será considerado o uso de duas das áreas sugeridas, o que corresponde a dois sistemas independentes de adução até a ETA com comprimento total estimado de 2,0 km.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento de outorga para captação de águas subterrâneas, junto à AGERH.

É previsto um prolongamento da rede elétrica de cerca de 0,2 km para cada um dos locais sugeridos para perfuração. Para estimativa de custos, será considerado um prolongamento de 0,4 km referente à perfuração de poços em duas áreas diferentes. Deverá ser verificada a capacidade da rede, e, se necessário, realizadas adequações.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados. Tendo em vista a possível intrusão salina, estudos devem ser realizados neste sentido.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, a perfuração do poço, bem como a instalação das bombas necessárias, construção da adutora de 2,0 km, prolongamento da rede elétrica de 0,4 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento e testes de qualidade de água, estima-se o custo em R$ 667.000,00.

Alternativa 3 – Rio dos Comboios (canal de derivação)

Atendimento da demanda: como citado anteriormente, o manancial está interligado a um sistema de canais de irrigação alimentado por uma rede de reservatórios, e depende também da capacidade hidráulica dos canais. Não foi possível estimar a disponibilidade do manancial. Para esta análise considera-se que o mesmo tenha capacidade de atender à demanda, mas na fase de projeto esta alternativa deve ter a disponibilidade hídrica determinada. Não é prevista a construção de barramentos, somente a instalação de bomba flutuante.

Adução: o ponto de captação sugerido para este manancial está situado em um canal retilíneo escavado, o qual deriva águas do rio dos Comboios até regiões a leste da rodovia ES-010. Localiza-se a, aproximadamente, 8,5 km lineares de distância da ETA, mas devido a aspectos construtivos, o traçado da adutora sugerido acompanha a rodovia ES-010 até a entrada da localidade. Possui um comprimento total de 11,3 km, sendo 1,1 km dentro da malha urbana. É previsto uma travessia enterrada na rodovia.

Potencial impacto do uso da bacia: a real área de contribuição do ponto de captação é difícil de ser delimitada devido à interligação do sistema de canais de irrigação. O entorno dos canais apresenta áreas agricultáveis, mas não é possível identificar o tipo de cultura e nem a demanda. Portanto, existe um risco de não-atendimento da demanda associado a essa alternativa.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação haverá necessidade de requerimento de outorga para captação em curso d'água junto à AGERH. Destaca-se a criação de um potencial conflito pelo uso da infraestrutura dos canais de irrigação e com a reserva indígena localizada a jusante.

É esperado a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 10,2 km (distância entre malha urbana e a captação).

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, considerando uma captação com bomba flutuante, o prolongamento da rede elétrica em aproximadamente 10,2 km, construção da adutora de 11,3 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento e testes de qualidade de água, estima-se o custo em R$ 1.749.000,00.

Alternativa 4 – Lagoa do Aguiar

Atendimento da demanda: como citado anteriormente, a Lagoa do Aguiar é um reservatório artificial que alimenta um sistema de canais de irrigação. Possui vazão outorgável que atende com larga folga a demanda local. Sugere-se a captação por bomba flutuante aproveitando o barramento existente.

Adução: o traçado da adutora sugerido tem um total de 42,0 km. Ele contorna a área agricultável e dos canais de irrigação, seguindo estradas rurais rumo leste. Em determinado ponto para redução do traçado é sugerida uma travessia no que parece ser uma propriedade particular, e então segue pela rodovia ES – 440 e posteriormente pela ES – 010 até a localidade. Possui 5 travessias em corpos d´água (canais de irrigação) e uma travessia em local com vegetação que parece ser nativa.

Potencial impacto do uso da bacia: a presença de atividade agrícola é intensa, inclusive com muitos pequenos reservatórios a montante. Apresenta bom estado de conservação das matas ciliares e grandes remanescentes florestais (provavelmente a reserva legal das propriedades). Não é identifica grandes potenciais poluidores pontuais, mas a intensa presença de atividade agrícola se mostra como uma potencial fonte de poluição difusa.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação haverá necessidade de requerimento de outorga junto à AGERH para captação em curso d'água, travessia de 3 corpos d'água, bem como a intervenção em APP e de supressão de mata nativa.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados.

Não é esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, considerando uma captação com bomba flutuante, construção da adutora de 42 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento e testes de qualidade de água, estima-se o custo em R$ 4.179.000,00.

A Tabela 82 apresenta uma síntese das características dos mananciais avaliados.

Considerações finais

A análise foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo.

Baseando-se no investimento estimado e no porte das obras necessárias, sugere-se o uso de mananciais subterrâneos para abastecimento da localidade. Porém, destaca-se a complexidade da comparação entre as alternativas 1 e 2 baseando-se somente nas informações pertinentes ao escopo deste estudo, as quais não englobam a avaliação de custos de reforma nos sistemas de tratamento.

Sugere-se a priorização do uso da alternativa 1, pois a perfuração de novos poços não dá garantias de se encontrar melhor qualidade de água que a observada nos poços existentes.

Caso não seja viável o uso de mananciais subterrâneos (mesmo considerando a perfuração de novos poços), sugere-se avaliar os aspectos legas de captação no rio dos Comboios (alternativa 3). Caso sejam encontrados empecilhos e conflitos no uso do rio dos Comboios, sugere-se uma avaliação em detalhes da alternativa 4.

Os resultados obtidos devem ser revistos com dados locais para diminuir as incertezas associadas às estimativas. Caso seja verificado em campo que os mananciais apontados não são adequados, deve-se investigar as outras alternativas expostas na Tabela 80, incluindo avaliação em estudo com escala adequada das lagoas próximas à localidade.

Tabela 82. Tabela resumo das características das alternativas – Linhares - Regência.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Poços existentes	-	-	-	Existente	-	-	-	1
2	Perfuração de novos poços	2,0	-	-	Completa para Poço Tubular	0,4 km próximo à área urbana	3 out. de poço	667	2
3	Rio dos Comboios (canal de derivação) *	11,3	Rodovia ES-010	Regular. Uso de água para irrigação	Bomba flutuante	10,2 km em área rural	1 out. captação 1 interv. em APP	1.680	3
4	Lagoa do Aguiar	42,0	3 canais de irrigação e Rodovia ES-440	Regular. Intensa atividade agrícola	Bomba flutuante	-	1 out. captação 4 interv. em APP 3 trav. Curso d'água 1 supressão de vegetação nativa	4.179	4

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

* *Existe incerteza na disponibilidade hídrica deste manancial.*

7.2.16 Mariana – Camargos

Caracterização

Localização: localizado no oeste do estado de Minas Gerais, o município de Mariana teve três localidades comtempladas pelo TTAC para estudo e construção de sistema de abastecimento de água, sendo elas Camargos, Paracatu de Baixo e Pedras. A localidade em análise, distrito de Camargos, está situada ao sul do rio Gualaxo do Norte, que cruza o município.

Sistema de abastecimento de água: o sistema é operado pela SAAE – Mariana e abastece a totalidade dos cerca de 83 habitantes da localidade. Em situações normais, o abastecimento é realizado através de captação em nascentes no distrito de Claudio Manuel, sem posterior tratamento. A localidade não possui uma ETA, contando somente com um sistema de reservação e distribuição. Uma visão geral da localidade pode ser observada na Figura 88. Não há informações de vazão ou situação de operação do poço mostrado na figura.

Abastecimento emergencial: por não depender diretamente de águas do rio Doce, não é relatada a interrupção do abastecimento nem realização de medidas emergenciais por conta do rompimento da barragem de Fundão.

Atendimento à demanda estabelecida: o TTAC prevê o atendimento de uma vazão de 1,2 L/s. Ressalta-se que esta demanda é alta (1250 L/dia/pessoa) para o número de pessoas que se pretende atender. Considerando que esta demanda está no TTAC, foram identificados mananciais (superficiais e/ou subterrâneos) para atender a esta vazão.

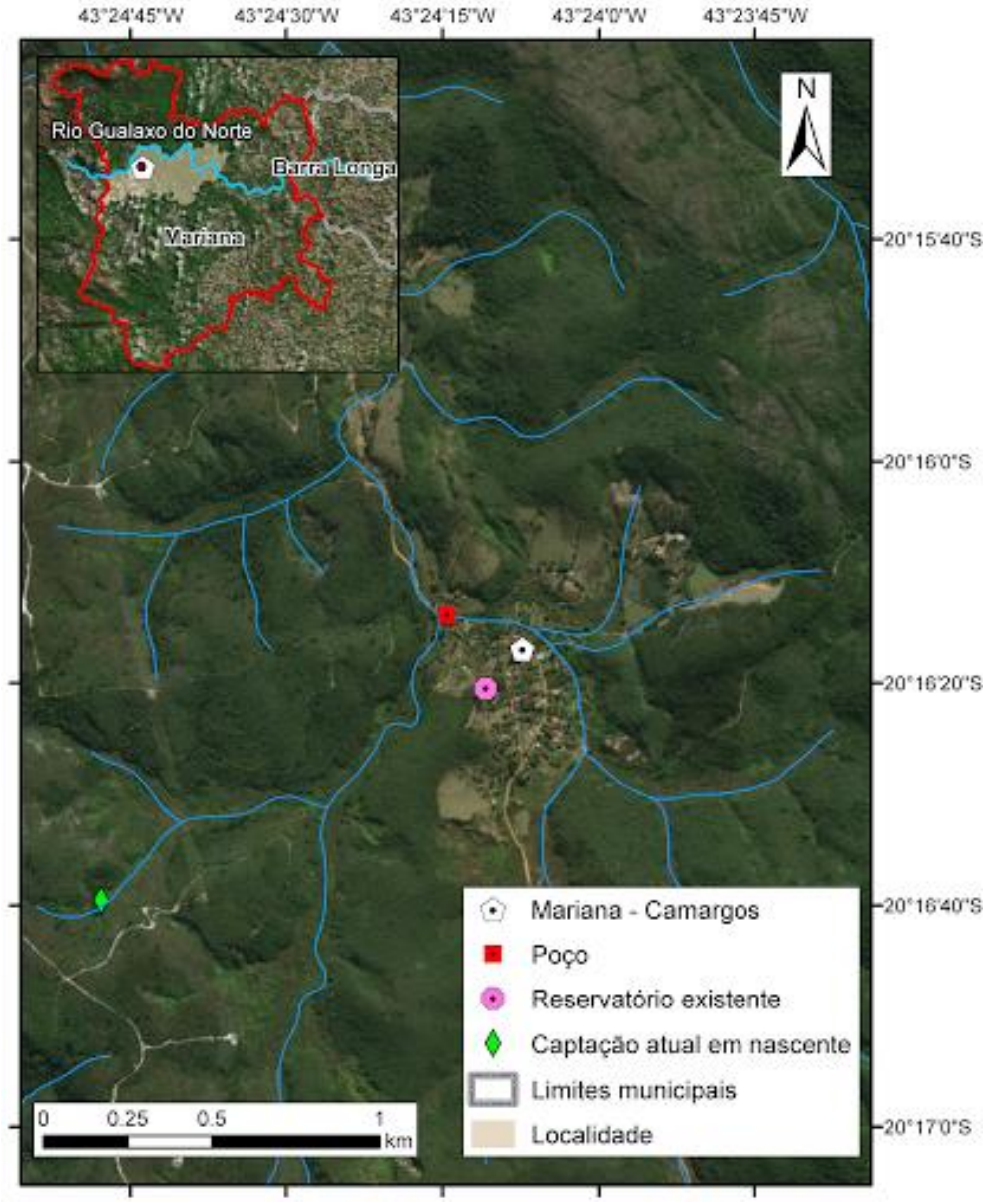


Figura 88. Visão geral do aglomerado populacional de Camargos, Mariana.

Alternativas

O atendimento à vazão estabelecida no TTAC pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e da Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão

especificado na lei, que é a vazão outorgável[55]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[56]. A Tabela 83 apresenta as áreas de drenagem necessárias para suprir a demanda de 1,2 L/s.

Tabela 83. Áreas de drenagem necessárias para o abastecimento da localidade de Camargos, em Mariana.

Cenário	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, vazão outorgável	0,39
Sem regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	0,63
Com regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	0,084

Determinadas as áreas, iniciou-se a procura por mananciais que possuem bacias capazes de suprir os critérios para os dois cenários propostos. A partir da análise da hidrografia da região e dos valores obtidos na Tabela 83, concluiu-se que os possíveis mananciais para o abastecimento da localidade são: córrego da Lavoura, córrego Camargo, córrego sem nome e córrego Vermelho. É apresentada a seguir uma análise detalhada de cada uma das possibilidades, e os mananciais citados são mostrados na Figura 89. A Tabela 84 apresenta as características dos mananciais que teriam capacidade para suprir a demanda do distrito de Camargos.

A) **Córrego da Lavoura:** com área de drenagem de 10,19 km², possui vazão sem regularização de 33,10 L/s; dessa forma, supre a demanda da localidade estipulada pelo TTAC. Localiza-se aproximadamente a 4 km do aglomerado populacional, e a vazão necessária para a abastecimento do distrito de Camargos corresponde a cerca de 3,6% da vazão outorgável do manancial.

B) **Córrego Camargo:** este manancial cruza a localidade. No ponto de captação sugerido, em local a montante do povoado, sua área de drenagem é de 6,53 km² e a vazão outorgável do corpo d'água é de 21,09 L/s, mais de quinze vezes a demanda local.

C) **Córrego sem nome:** afluente direto do córrego Camargo, este manancial passa junto ao povoado, sendo o mais próximo do local onde hoje se encontram os reservatórios da localidade. Para o ponto de captação sugerido, possui uma área de drenagem de 1,74 km² proporcionando uma vazão outorgável de 5,52 L/s, aproximadamente quatro vezes a demanda local.

D) **Córrego Vermelho:** no seu baixo trecho, próximo a sua confluência com o rio Gualaxo do Norte, notam-se marcas da deposição dos rejeitos. O ponto de captação sugerido fica a montante da área afetada e possui área de drenagem de 5,03 km². A vazão outorgável é estimada em 16,19 L/s, aproximadamente treze vezes a demanda local.

[55] A vazão outorgável corresponde à 50% da $Q_{7,10}$ para o estado de Minas Gerais.

[56] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

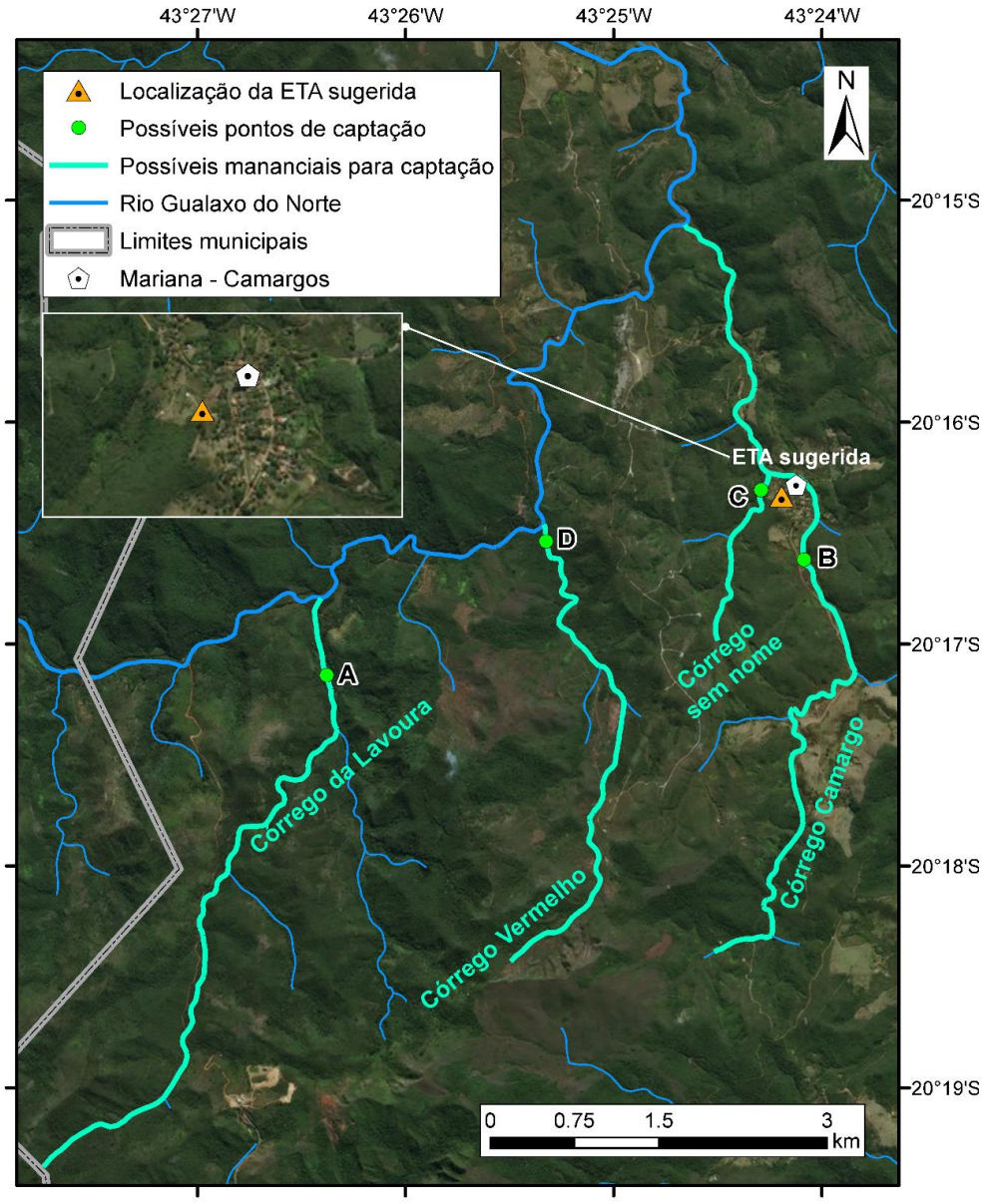


Figura 89. Possíveis mananciais para captação para atendimento do abastecimento de Camargos, em Mariana.

Tabela 84. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Camargos, município de Mariana.

Alternativa	Manancial	Área de drenagem (km²)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Córrego da Lavoura	10,19	109,55	33,10	37
B	Córrego Camargo	6,53	72,17	21,09	30
C	Córrego sem nome	1,74	20,85	5,52	24
D	Córrego Vermelho	5,03	56,50	16,19	39

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*

Como mencionado anteriormente, esta localidade não possui uma estação de tratamento de água. Faz-se necessária a construção de uma ETA que atenda a esta localidade e a elaboração de um sistema de distribuição apropriado. A localidade possui um sistema de reservação na parte alta, sendo sugerido que a ETA seja construída próxima ao local, possibilitando, eventualmente, o aproveitamento da estrutura de reservação e distribuição. Dentre as alternativas anteriormente apresentadas, foram selecionados os mananciais córrego Camargo (B) e córrego sem nome (C) para avaliação em detalhe. Para a análise comparativa dos possíveis mananciais, foram sugeridos traçados das adutoras de água bruta que ligam os pontos de captação ao local sugerido para a ETA. A Figura 90 apresenta o traçado sugerido e a Tabela 85 apresenta a extensão de ambas adutoras.

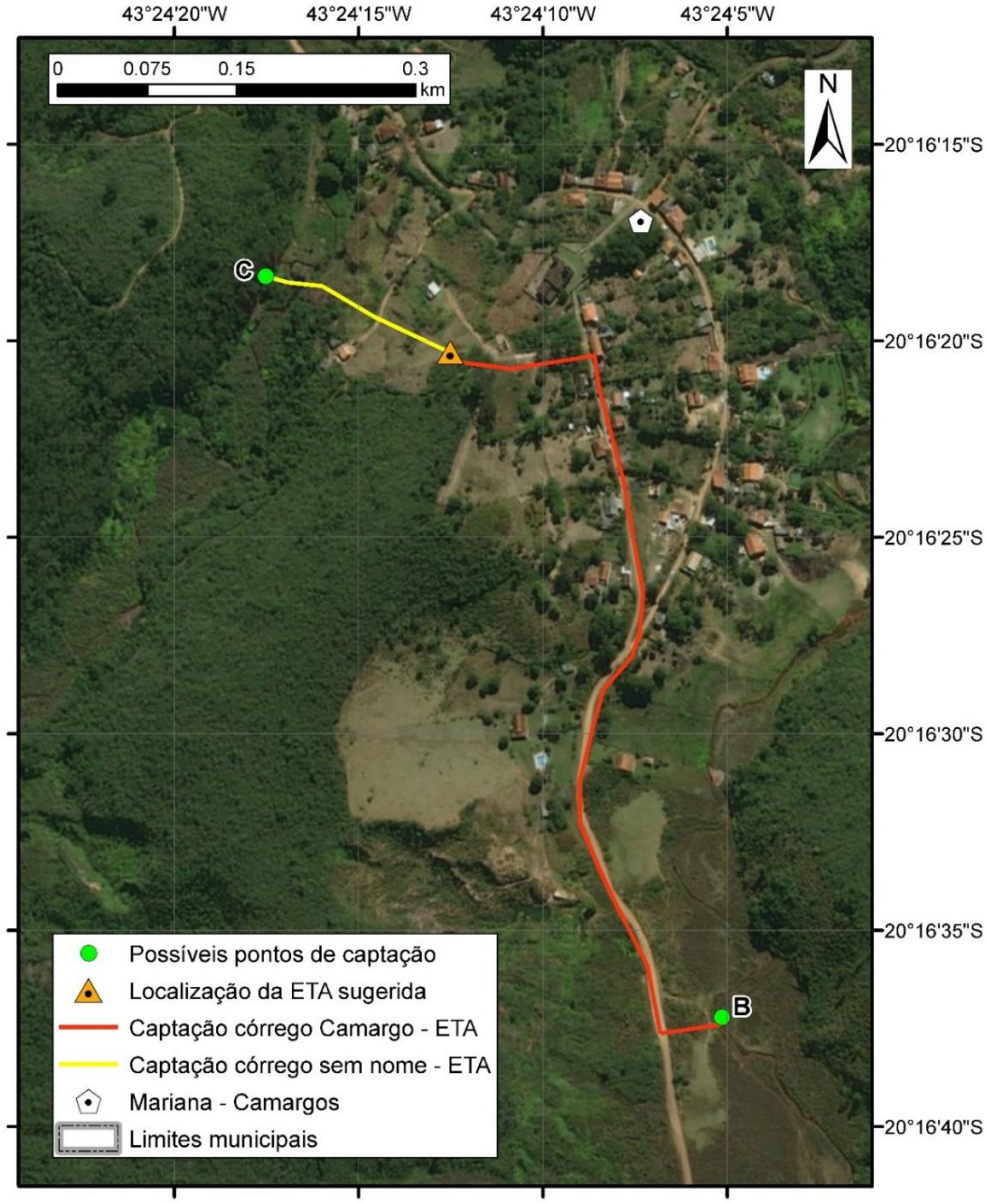


Figura 90. Localização da ETA e das adutoras sugeridas para o abastecimento da localidade de Camargos.

Tabela 85. Extensão das adutoras sugeridas para a localidade de Camargos, município de Mariana.

Alternativa	Manancial	Comprimento da adutora (km)
B	Córrego Camargo	0,7
C	Córrego sem nome	0,2

Manancial subterrâneo: para Camargos, a demanda estabelecida como meta pelo TTAC é de 1,2L/s (4,3 m³/h). Quando se analisam as vazões médias em poços localizados nas proximidades do município de Mariana ($Q_{média}$ = 8,5 m³/h = 2,36 L/s), conclui-se que é necessário um poço tubular para suprir a demanda de abastecimento do distrito de Camargos.

Com base na estimativa regional, considerando uma probabilidade de 80% de sucesso de conseguir a vazão estabelecida pela meta (4,3 m³/h), será necessário ao menos um poço tubular para abastecer o distrito de Camargos.

Considerando a precipitação anual na área (posto Fazenda Paraíso), e considerando um círculo com raio de 1,5 km, a recarga neste local é de 103,5 L/s (372,7 m³/h), mostrando que as águas subterrâneas podem abastecer a localidade de Camargos, sem afetar as reservas permanentes.

Existe um poço tubular na localidade de Camargos. Não se tem dados construtivos e nem de vazão deste poço, unicamente se tem a sua localização.

Avaliação das alternativas

Considerações básicas das alternativas: para as alternativas destacadas anteriormente, foi realizada uma estimativa preliminar de custos e intervenções necessárias para sua construção para fins de comparação. É apresentada a avaliação descritiva das alternativas de uso de manancial subterrâneo por perfuração de novos poços, córrego Camargos e córrego Sem Nome e um quadro comparativo quanto à comprimento de adutora, intervenções previstas, pontos críticos, infraestrutura e atividades requeridas.

Alternativa 1 – Perfuração de poço profundo

Atendimento da demanda: ambos os métodos utilizados para estimativa de número de poços necessários para atendimento da demanda apontam a necessidade de apenas um poço. Como deve ser construída uma ETA na localidade, ressalta-se que geralmente o tratamento de águas subterrâneas requer sistemas de tratamento de água mais simples e menos onerosos que para o tratamento de águas de mananciais superficiais. Destaca-se que a avaliação dos investimentos na construção de uma ETA não é objeto de análise do presente estudo. Caso a vazão observada em poço testado necessite de complementação deverá ser perfurado outro poço.

Adução: as áreas sugeridas para investigação e perfuração de poços se encontram inseridas ou próximos à localidade. Considerando a área sugerida para perfuração de poços mais distante do local sugerido para ETA será necessária uma adutora de aproximadamente 0,5 km.

Requerimentos: como atividades do processo de licenciamento do poço é previsto somente o requerimento de outorga para poço tubular, junto à SEMAD (MG). Não é prevista a necessidade de prolongamento da rede elétrica, somente verificação e eventual adequação. Para o uso de poço profundo deverá ser realizado teste de qualidade e potabilidade da água.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, construção de adutora, assessoria nos procedimentos de licenciamento, processo de outorga e testes de qualidade de água, estima-se o custo desta alternativa em R$ 150.000,00.

Alternativa 2 - Córrego Camargo

Atendimento da demanda: o córrego cruza a cidade passando próximo ao local sugerido para a ETA. Visando minimizar o risco de possíveis contaminações o ponto de captação sugerido fica a montante do povoado. Sua vazão sem regularização é estimada em 21,09 L/s. Não será necessária a construção de reservatório para regularização. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo, soleira em concreto ou de enrocamento. Nessa alternativa, por se tratar de manancial superficial, é necessária a implantação de uma ETA, provavelmente de ciclo completo. Destaca-se que a avaliação dos investimentos na construção de uma ETA não é objeto de análise do presente estudo.

Adução: o traçado sugerido possui 0,7 km, passando por zona rural, dos quais 0,3 km correspondem à construção sob as vias do povoado. Será necessária travessia de uma estrada de terra.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação possui em proporções parecidas pastagens e remanescente florestais. O trecho próximo ao local indicado para captação corresponde a uma zona alagadiça com várzeas extensas. Nas regiões de cabeceira, observa-se presença de vegetação de maior porte, mas quase não se observa vegetação ciliar. Poucas propriedades são encontradas na bacia, não sendo identificadas como grandes potenciais poluidores.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,2 km (distância entre o povoado e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento de 0,2 km da rede elétrica, construção de adutora de 0,7 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo desta alternativa em R$ 259.000,00.

Alternativa 3 – Córrego sem nome

Atendimento da demanda: o ponto de captação sugerido para este manancial é o mais próximo do local sugerido para ETA, estando a somente 0,2 km de distância. É estimada uma vazão sem regularização de 5,52 L/s, não sendo necessárias obras para regularização de vazão. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo, uma soleira em concreto ou de enrocamento. Tal qual para a alternativa 2, é necessária a implantação de uma ETA, provavelmente de ciclo completo. Destaca-se que a avaliação dos investimentos na construção de uma ETA não é objeto de análise do presente estudo.

Adução: o traçado sugerido possui 0,2 km. Não passa pelo interior da localidade, apresentando uma travessia em uma rua de terra local.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é bem preservada e está majoritariamente ocupada por remanescentes florestais. Não se identifica nenhuma propriedade rural na bacia e nenhuma atividade que indique potenciais focos de poluição.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,2 km (distância entre a ETA sugerida e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento de 0,2 km da rede elétrica, construção de adutora de 0,2 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, o investimento necessário para implantação desta alternativa é estimado em R$ 174.000,00.

A Tabela 86 apresenta uma síntese das características das alternativas selecionadas.

Considerações finais

A análise foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo.

Dentre as alternativas analisadas, a alternativa 1, perfuração de poço profundo, se mostra como a alternativa mais atraente. Além de seus custos estimados serem os menores, sua execução é relativamente simples e a Fundação RENOVA já possui experiência na atividade de perfuração de poços na região. Adicionalmente, como é necessária a construção de uma ETA, deve ser considerado que, em geral, as técnicas de tratamento de águas de mananciais subterrâneos são mais simples e baratas que do tratamento de mananciais superficiais. Contudo, ressalta-se mais uma vez que a avaliação dos investimentos na construção de uma ETA não é objeto de análise do presente estudo.

Caso esta alternativa venha a se tornar inviável, sugere-se, baseando-se no investimento requerido e na complexidade das obras, avaliar as demais alternativas na seguinte ordem: alternativa 3 e 2.

Os resultados obtidos devem ser revistos com dados locais para dirimir as incertezas associadas às estimativas. Caso seja verificado em campo que os mananciais apontados não são adequados, deve-se investigar as outras alternativas expostas na Tabela 84 e outros arranjos de uso conjunto de mananciais.

Tabela 86. Tabela resumo das características das alternativas – Mariana - Camargos.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Perfuração de poço profundo	-	-	-	Completa	0,5 km em junto ao povoado	1 out. poço	150	1
2	Córrego Camargos	0,7	1 travessia em estrada de terra	Boa	Completa sem reservação	0,2 km em localidade rural	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP	259	3
3	Córrego Sem Nome	0,2	1 travessia em rua de terra	Muito boa	Completa sem reservação	0,2 km em junto ao povoado	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP	174	2

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

7.2.17 Mariana – Paracatu de Baixo

Caracterização

Localização: localizado no oeste do estado de Minas Gerais, o município de Mariana teve a localidade de Paracatu de Baixo também afetada pelo acidente ocorrido em novembro de 2015, além das localidades de Pedras e Camargos. A localidade de Paracatu de Baixo é um subdistrito de Monsenhor Horta e está situado ao sul do rio Gualaxo do Norte, que cruza o município.

Sistema de abastecimento de água: o sistema é operado pela SAAE – Mariana e abastece os cerca de 240 habitantes da localidade de Paracatu de Baixo. Em situação normal o abastecimento é realizado através de captação de nascente com adução, sem posterior tratamento. Estudos anteriores (ESSE, 2015) indicam que o sistema possui cerca de 20 m^3 de reservação A localidade não possui ETA. Uma visão geral do aglomerado populacional da localidade pode ser observada na Figura 91.

Abastecimento emergencial: apesar da localidade ter sido diretamente atingida pela lama transportada a partir do rompimento da barragem de Fundão, o abastecimento público de água não foi diretamente afetado e não foram adotadas medidas emergenciais neste sentido.

Atendimento à demanda estabelecida: o Termo de Transação de Ajustamento de Conduta (TTAC) prevê o atendimento a uma vazão de 1,2 L/s. Dessa forma, serão buscados mananciais (superficiais e/ou subterrâneos) que supram essa vazão.

Alternativas

O atendimento à vazão estabelecida no TTAC pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e da Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão especificado na lei, que é a vazão outorgável[57]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[58]. A Tabela 87 apresenta as áreas de drenagem necessárias para suprir a demanda de 1,2 L/s da localidade.

Após a determinação destas áreas, iniciou-se a busca por mananciais que possuam áreas de drenagem capazes de suprir os critérios para os cenários propostos. Analisando a hidrografia do entorno de Paracatu de Baixo, seguindo os critérios das áreas de drenagem necessárias, determinou-se que os possíveis mananciais para abastecimento da localidade são o ribeirão do Peixe, rio do Carmo, córrego Coelho e córrego do Castro, conforme pode ser observado na Figura 92.

[57] A vazão outorgável corresponde à 50% da $Q_{7,10}$ para o estado de Minas Gerais.

[58] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

É apresentada a seguir uma análise mais detalhada de cada uma das possibilidades. A Tabela 88 apresenta algumas características dos mananciais que teriam capacidade para suprir a demanda da localidade de Paracatu de Baixo.

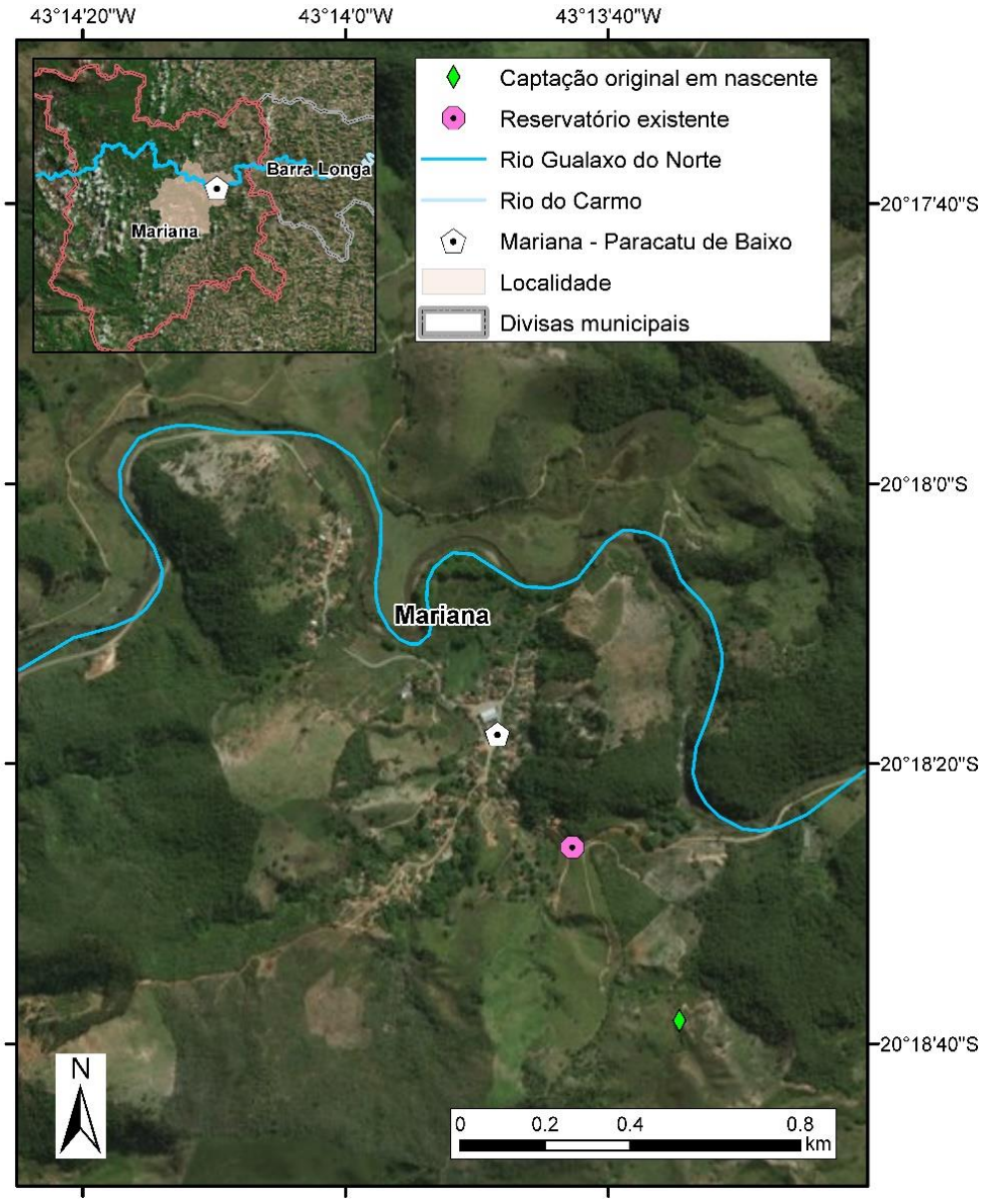


Figura 91. Visão geral do aglomerado populacional de Paracatu de Baixo.

Tabela 87. Áreas das bacias necessárias para o abastecimento da localidade de Paracatu de Baixo.

Cenário	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, vazão outorgável	0,39
Sem regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	0,63
Com regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	0,084

A) **Ribeirão do Peixe**: com área de drenagem de 63,28 km^2, possui vazão de outorga de 210,55 L/s; a vazão necessária para abastecimento corresponde a apenas 0,6% da vazão sem regularização do manancial. Está distante aproximadamente 5 km do aglomerado habitacional da localidade.

B) **Rio do Carmo:** representa a maior drenagem da região, com 284,32 km^2 de área. Sua vazão de outorga é de 964,96 L/s, o que supre com folga a demanda local. Está localizado mais próximo ao conjunto populacional, cerca de 4 km.

C) **Córrego Coelho**: um dos mananciais mais de Paracatu de Baixo, localizado a aproximadamente 1,4 km do povoado, possui área de drenagem de 3,82 km^2. Sua vazão sem regularização é de 12,25 L/s, o que, apesar de ser inferior às vazões dos mananciais, A e B, supre inteiramente a demanda de abastecimento.

D) **Córrego do Castro**: localizado a aproximadamente 1,2 km do aglomerado populacional de Paracatu de Baixo, possui área de drenagem de 3,80 km^2 e vazão sem regularização de 12,18 L/s, sendo capaz de suprir inteiramente a demanda de abastecimento.

Tabela 88. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Paracatu de Baixo, município de Mariana.

Alternativa	Manancial	Área de drenagem (km^2)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Ribeirão do Peixe	63,28	605,39	210,55	-65
B	Rio do Carmo	284,32	2.461,43	964,96	-62
C	Córrego Coelho	3,82	43,64	12,25	-32
D	Córrego do Castro	3,80	43,43	12,18	40

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*

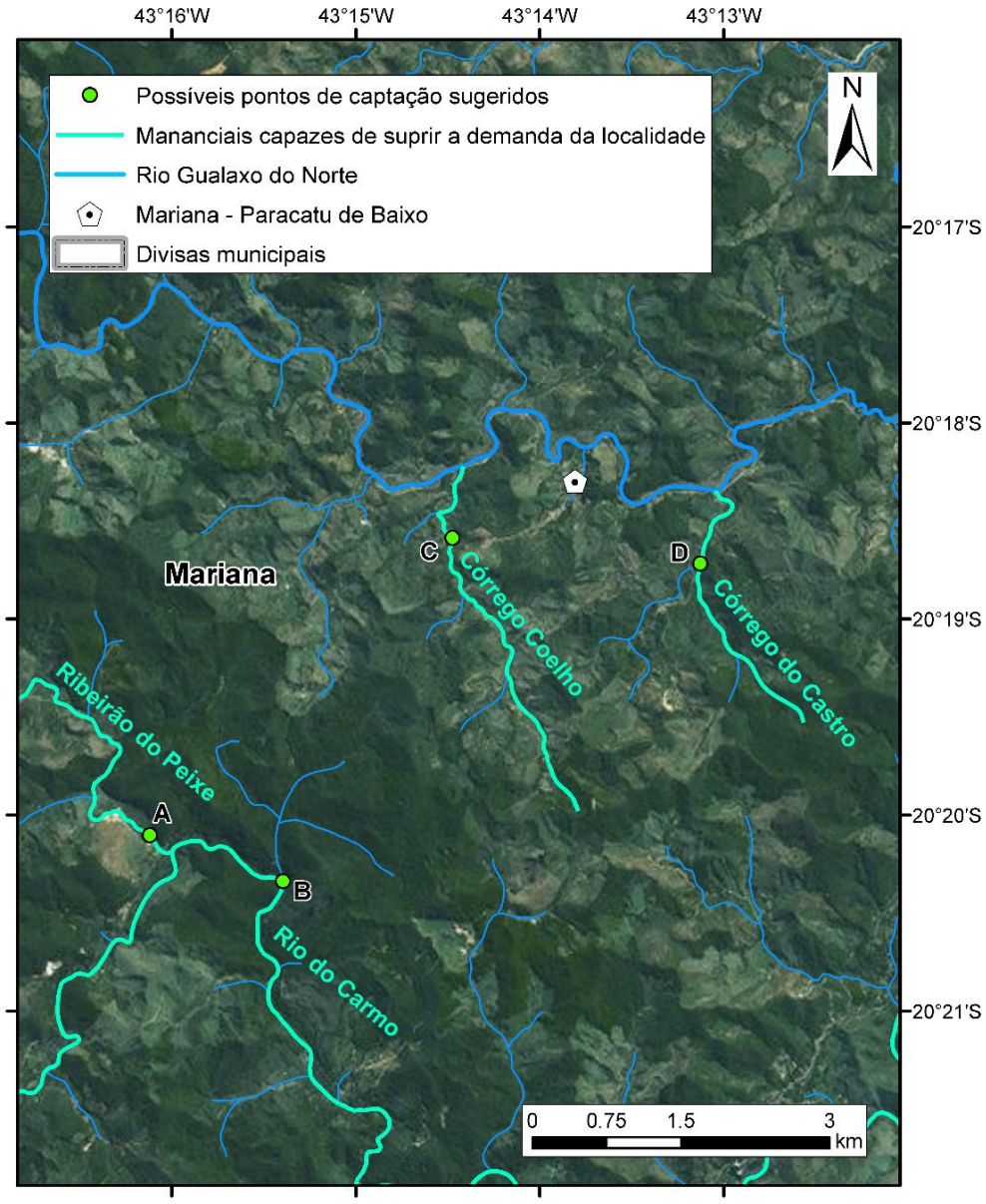


Figura 92. Possíveis mananciais para captação para abastecimento de Paracatu de Baixo, em Mariana.

Como mencionado anteriormente, esta localidade não possui uma estação de tratamento de água e sistema de distribuição. Portanto, faz-se necessária a construção de uma ETA que atenda a esta localidade e a elaboração de um sistema de distribuição apropriado. A localidade possui um sistema de reservação em uma região elevada, sendo sugerido que a ETA seja construída próxima a este local, possibilitando, eventualmente, o aproveitamento da estrutura de reservação e distribuição. Para a análise comparativa dos mananciais, foram sugeridos traçados das adutoras de água bruta das captações até o local sugerido para a ETA. As distâncias aproximadas de cada trecho de adução de água bruta, até a ETA, são apresentadas na Tabela 89 e os pontos de captação e traçado das adutoras são apresentados na Figura 93.

Tabela 89. Extensão das adutoras sugeridas.

Alternativas	Manancial	Comprimento da adutora (km)
A	Córrego Coelho	1,7
C	Córrego do Castro	2,0

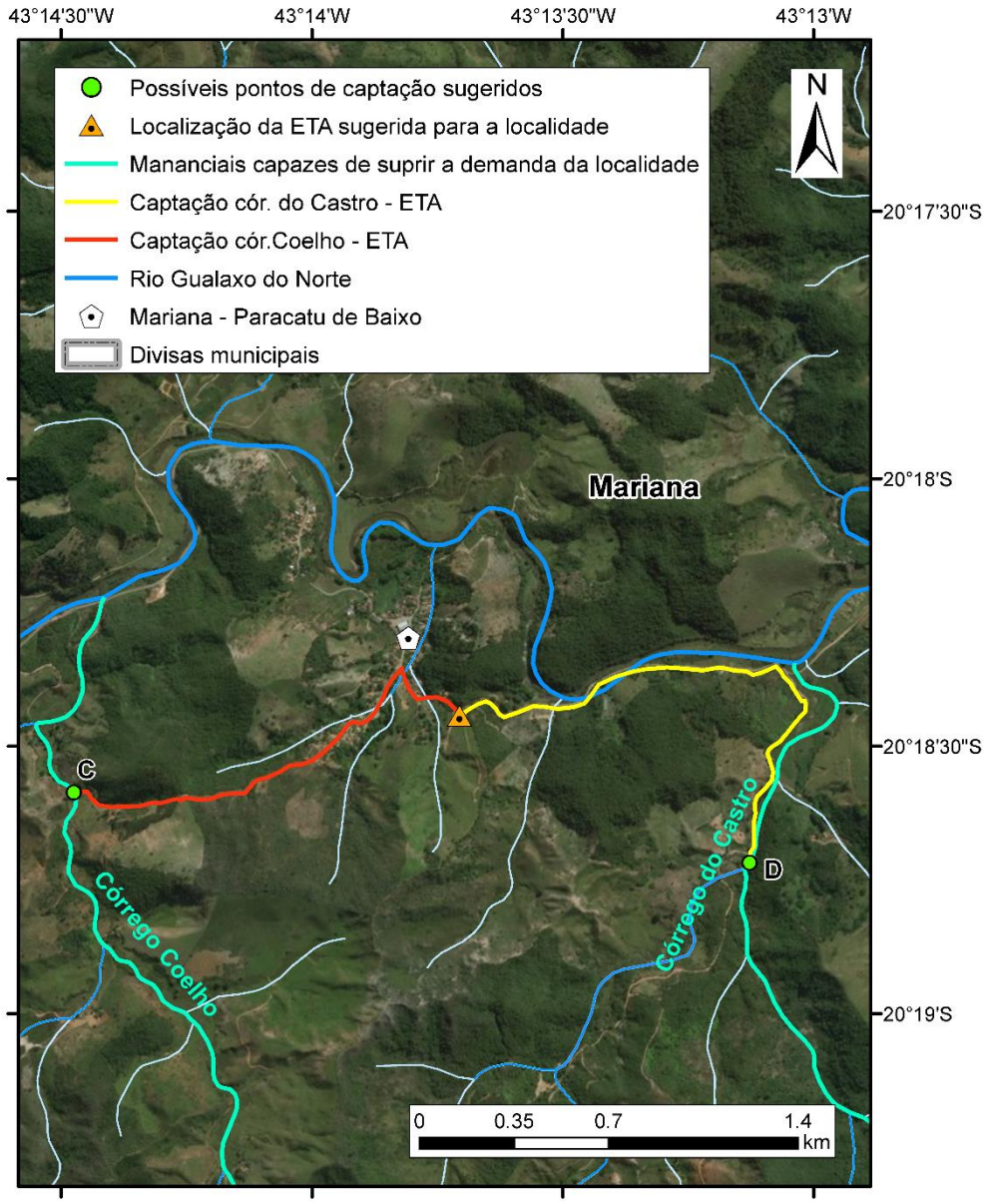


Figura 93. Adutoras sugeridas para a localidade de Paracatu de Baixo, para os córregos do Castro e Coelho.

Manancial subterrâneo: para a localidade de Paracatu de Baixo a demanda estabelecida como meta é de 1,2 L/s (4,3 m³/h). Quando se analisam as vazões médias em poços localizados nas proximidades do município de Mariana ($Q_{média}$ = 8,5 m³/h = 2,36 L/s), conclui-se que é necessário um poço tubular para suprir a demanda de abastecimento definida pelo TTAC.

Com base na estimativa regional com probabilidade de 80% de sucesso de conseguir a vazão estabelecida pela meta (4,3 m³/h), será necessário um poço tubular para abastecer a localidade.

Considerando a precipitação média anual na área da bacia (posto Fazenda Paraíso), e considerando um círculo com raio de 1,5 km, a recarga neste local é de 103,5 L/s (372,6 m³/h), mostrando que as águas subterrâneas podem abastecer Paracatu de Baixo, sem afetar as reservas permanentes.

Avaliação das alternativas

Alternativa 1 – Perfuração de poço profundo

Atendimento da demanda: os dados mostram que o uso do manancial subterrâneo tende a ser a melhor opção. Ambas as análises do manancial subterrâneo (pela vazão média e pela estimativa regional) indicam que apenas um poço seria suficiente para atender a localidade.

Em geral, o tratamento de águas subterrâneas requer um sistema mais simples e menos oneroso que o tratamento de mananciais superficiais. Destaca-se que a avaliação dos investimentos na construção de uma ETA não é objeto de análise do presente estudo. Caso a vazão observada em poço testado necessite de complementação deverá ser perfurado outro poço.

Adução: as áreas sugeridas para investigação e perfuração de poços se encontram inseridas ou próximos a localidade, e são apresentadas no próximo capítulo. Considerando a área sugerida para perfuração de poços mais distante do local sugerido para ETA, será necessária uma adutora de aproximadamente 0,6 km.

Requerimentos: como atividade do processo de licenciamento do poço é previsto somente o requerimento de outorga para poço tubular, junto à SEMAD. Não é prevista a necessidade de prolongamento da rede elétrica, somente verificação e eventual adequação. Para o uso das águas do poço profundo deverá ser realizado teste de qualidade e potabilidade da água.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, a construção da adutora, assessoria nos procedimentos de licenciamento, processo de outorga e testes de qualidade da água, estima-se o custo desta alternativa em R$ 150.000,00.

Alternativa 2 – Córrego Coelho

Atendimento da demanda: o manancial superficial mais próximo do local da ETA sugerida é o córrego Coelho. Sua vazão sem regularização supera a demanda, sendo estimada em 12,25 L/s. Não será necessária a construção de reservatório para regularização. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo, soleira em concreto ou de enrocamento. Nessa alternativa, por se tratar de manancial superficial, é necessária a implantação de uma ETA, provavelmente de ciclo completo. Destaca-se que a avaliação dos investimentos na construção de uma ETA não é objeto de análise do presente estudo.

Adução: quanto à adução, o traçado sugerido possui 1,6 km, passando por zona rural, dos quais 0,4 km são no interior do povoado. Serão necessárias a travessia de uma estrada de terra e duas travessias em córregos dentro do povoado.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente composta de atividade agrícola, especificamente pastagens. Nas regiões de cabeceira, observa-se presença de vegetação de maior porte, mas quase não se observa mata ciliar. Não são observados processos erosivos. Identificam-se algumas pequenas propriedades rurais, mas não são caracterizadas como grandes potenciais poluidores.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, duas travessias em corpo d'água, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação, adução e das travessias.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,7 km (distância entre o povoado e a captação). Deve ser verificada sua capacidade, e, se necessário, realizada a adequação da rede elétrica existente. Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento de 0,7 km da rede elétrica, construção de adutora de 1,6 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo desta alternativa em R$ 298.000,00.

Alternativa 3 – Córrego do Castro

Atendimento da demanda: o córrego do Castro localiza-se a leste da localidade. Possui vazão sem regularização estimada em 12,18 L/s, não sendo necessárias obras para regularização de vazão. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo uma soleira em concreto ou de enrocamento. Tal qual para a alternativa 2, é necessária a implantação de uma ETA, provavelmente de ciclo completo. Destaca-se que a avaliação dos investimentos na construção de uma ETA não é objeto de análise do presente estudo.

Adução: o traçado sugerido para a adutora de água bruta possui 2,0 km, passando por zona rural. Será necessária a travessia de uma estrada de terra (sugere-se travessia enterrada) e a travessia de um córrego.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia hidrográfica do local sugerido para captação é majoritariamente ocupada por remanescentes florestais, possuindo também algumas pastagens. Não são observados processos erosivos. Identificam-se algumas pequenas propriedades rurais, mas não são entendidas como grandes potenciais poluidores.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, uma travessia em corpo d'água, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação, adução e da travessia.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,3 km (distância entre uma propriedade rural e a captação). Deve ser verificada sua capacidade, e, se necessário, realizada a adequação da rede elétrica existente. Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento de 0,3 km da rede elétrica, construção de adutora de 2,0 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, o investimento necessário para implementação desta alternativa é estimado em R$ 282.000,00.

A Tabela 90 apresenta, em resumo, as características de cada manancial avaliado, bem como uma estimativa de custo de implementação segundo os critérios anteriormente expostos.

Considerações finais

A análise foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo.

Dentre as alternativas analisadas, a alternativa 1, perfuração de poço profundo, se mostra como a alternativa potencialmente mais vantajosa. Apresenta o menor custo de implantação, e a representa a possibilidade de atender à localidade com a perfuração de apenas um poço, envolvendo, assim, construção de menos infraestrutura adicional. Além disso, o processo de licenciamento é o mais simplificado dentre todas as alternativas analisadas. Destaca-se também que se espera menor custo de implementação e operação da ETA a ser construída. Ressalta-se, contudo, que a avaliação dos investimentos na construção de uma ETA não é objeto de análise do presente estudo. Considerando fatores financeiros e práticos da implementação dessa solução, aconselha-se o prosseguimento da avaliação detalhada deste manancial, incluindo a perfuração de poço e realização dos testes de qualidade, potabilidade e tratabilidade da água, verificando a possibilidade de filtração direta como solução para a ETA local.

Considerando a pequena diferença no investimento estimado para o uso dos mananciais superficiais, sugere-se que seja feita avaliação prévia da qualidade da água de ambos e se opte pelo de melhor qualidade.

Os resultados obtidos devem ser revistos com dados locais para diminuir as incertezas associadas às estimativas. Caso seja verificado em campo que os mananciais apontados não são adequados, deve-se investigar as outras alternativas expostas na Tabela 88 e outros arranjos de uso conjunto de mananciais.

Tabela 90. Tabela resumo das características das alternativas – Mariana – Paracatu de Baixo.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Manancial subterrâneo	-	-	-	Completa	Não	1 out. poço	150	1
2	Córrego Coelho	1,60	1 – Estrada de terra 2 – Corpos d'água	Boa	Completa sem reservação	0,7 km passando por área rural	1 out. captação 1 out. barramento 2 trav. curso d'água 3 interv. em APP	298	3
3	Córrego do Castro	2,00	1 – Estrada de terra 1 – Corpo d'água	Boa	Completa sem reservação	2 km passando por área rural	1 out. captação 1 out. barramento 1 trav. curso d'água 2 interv. em APP	282	2

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

7.2.18 Mariana – Pedras

Caracterização

Localização: situada a leste do município de Mariana, esta localidade foi contemplada pelo TTAC para estudo e construção de sistema de abastecimento de água. A localidade, que faz divisa com o município de Barra Longa (também afetado pelo rompimento) possui cerca de 70 habitantes.

Sistema de abastecimento de água: o sistema de abastecimento é operado pela SAAE – Mariana. Em situação regular, o abastecimento é realizado através de captação em nascentes na serra, no distrito de Cláudio Manuel. Não há informação de maiores detalhes sobre o sistema. Uma visão geral da concentração populacional do distrito pode ser observada na Figura 94.

Abastecimento emergencial: como alternativa emergencial, o abastecimento no distrito é realizado através de caminhões pipa com água tratada, oriundos da sede municipal.

Atendimento à demanda estabelecida: o Termo de Transação de Ajustamento de Conduta prevê o atendimento à uma vazão de 1,2 L/s. Dessa forma, foram identificados os mananciais (superficiais e/ou subterrâneos) que supram essa vazão.

Alternativas

O atendimento à vazão estabelecida no TTAC pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão especificado na lei, que é a vazão outorgável[59]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, para jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[60]. A Tabela 91 apresenta as áreas de drenagem necessárias para suprir a demanda de 1,2 L/s.

Tabela 91. Áreas das bacias necessárias para o abastecimento da localidade de Pedras.

Cenário	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, vazão outorgável	0,39
Sem regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	0,63
Com regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	0,08

[59] A vazão outorgável corresponde à 50% da $Q_{7,10}$ para o estado de Minas Gerais.

[60] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

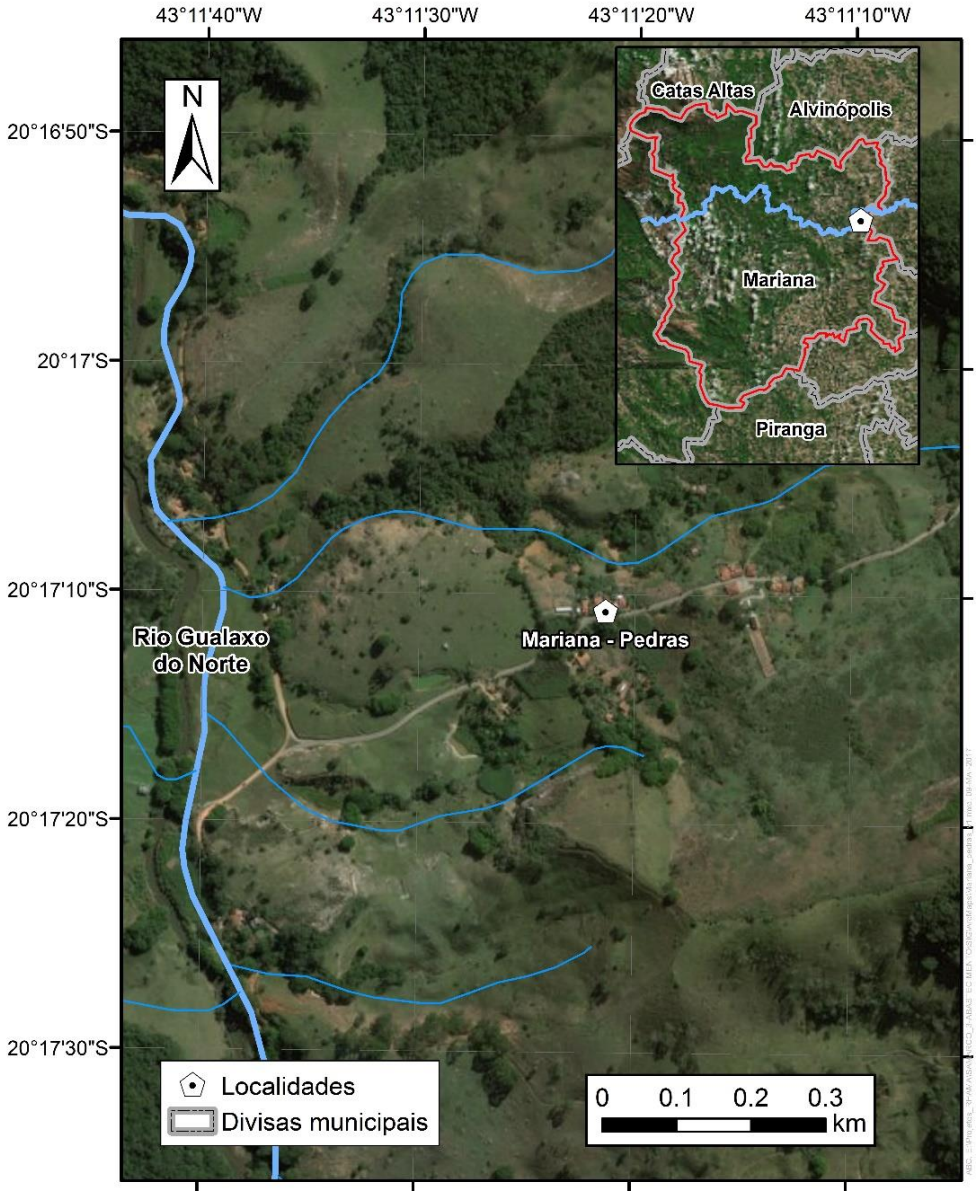


Figura 94. Visão geral do aglomerado populacional na localidade de Pedras, em Mariana.

Após a determinação das áreas, iniciou-se a busca por mananciais que possuam áreas de drenagem capazes de suprir os critérios para os cenários propostos. Analisando a hidrografia local e os critérios estabelecidos na Tabela 91, identificou-se que os possíveis mananciais para o abastecimento da localidade são: ribeirão Águas Claras, córrego das Pedras e manancial sem nome. A seguir, é apresentada uma análise de cada uma das possibilidades, que podem ser visualizadas na Figura 95. A Tabela 92 apresenta as características dos mananciais que teriam capacidade para suprir a demanda do distrito de Pedras.

A) **Ribeirão Águas Claras**: com área de drenagem de 74,64 km^2, está distante cerca de 2,0 km do aglomerado populacional. Sua vazão sem regularização é de 248,89 L/s, o que supre com folga a demanda para abastecimento.

B) **Córrego Pedras:** com áreas de drenagem de 3,37 km², está distante aproximadamente 1,8 km da localidade. Sua vazão sem regularização é de 10,79 L/s, o que supre a demanda para abastecimento, de apenas 1,2 L/s.

C) **Manancial sem nome:** é o manancial mais próximo do aglomerado urbano entre todos os analisados, distante apenas 1,3 km da localidade. Porém, é o que possui menor área de drenagem, de 1,14 km². Apesar disso, sua vazão sem regularização é de 3,60 L/s e supre a demanda para abastecimento.

Tabela 92. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Pedras, município de Mariana.

Alternativa	Manancial	Área de drenagem (km²)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Ribeirão Águas Claras	74,64	706,41	248,89	85
B	Córrego Pedras	3,37	38,80	10,79	90
C	Manancial sem nome	1,14	14,01	3,60	84

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*

Como mencionado anteriormente, esta localidade não possui uma estação de tratamento de água. Desta forma, faz-se necessária a construção de uma ETA que atenda a esta localidade e a elaboração de um sistema de distribuição apropriado. É sugerido que a ETA seja construída em cota mais elevada que as propriedades para viabilizar a distribuição por gravidade. Dentre as alternativas anteriormente apresentadas, foram selecionados os mananciais córrego das Pedras (B) e córrego sem nome (C) para avaliação em detalhe. Para a análise comparativa dos possíveis mananciais, foram sugeridos traçados das adutoras de água bruta que ligam os pontos de captação ao local sugerido para a ETA. A Figura 96 apresenta o traçado sugerido e a Tabela 93 apresenta a extensão de ambas adutoras.

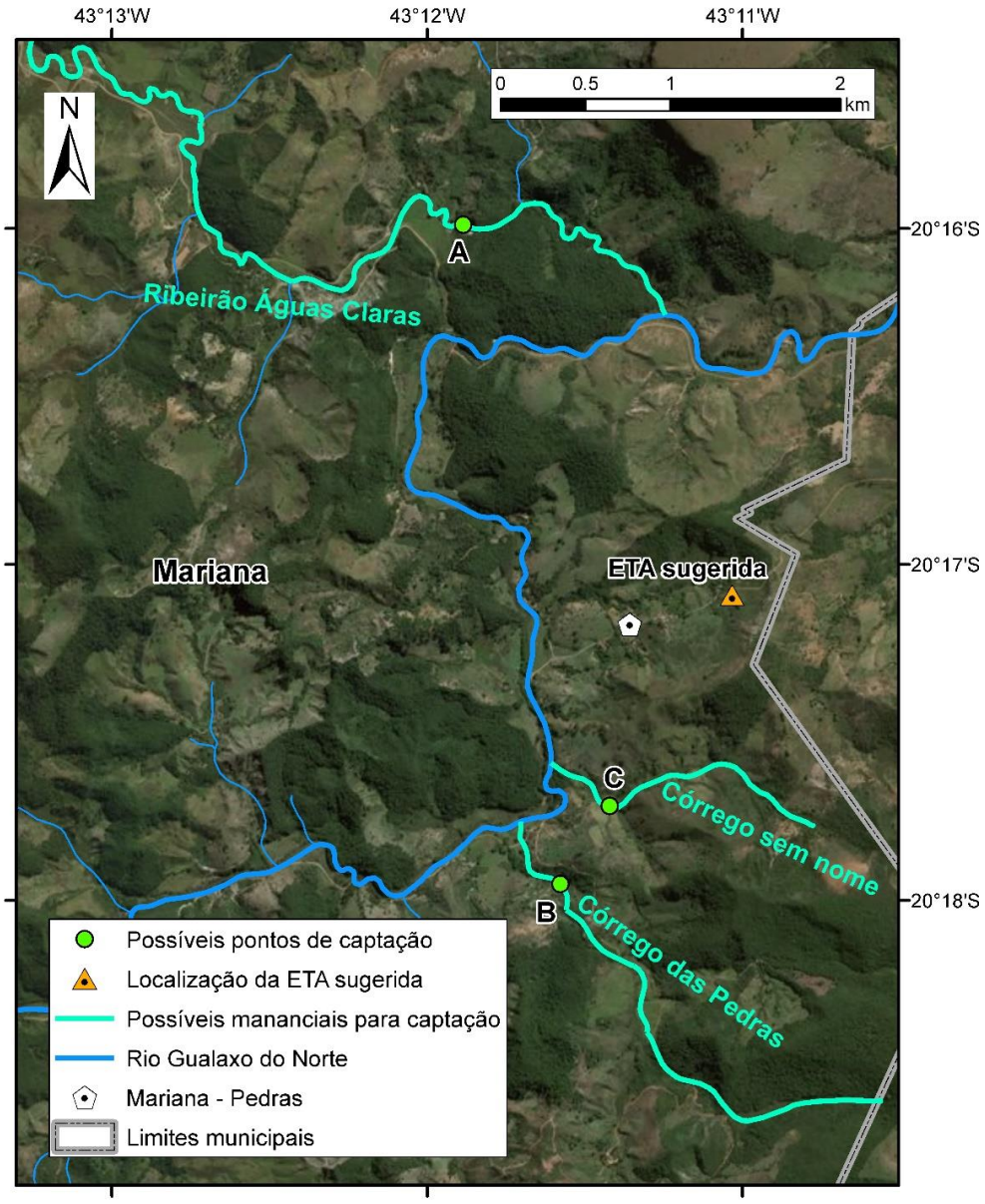


Figura 95. Possíveis mananciais para captação para abastecimento da localidade de Pedras, em Mariana.

Tabela 93. Extensão das adutoras sugeridas para a localidade de Pedras.

Alternativa	Manancial	Comprimento da adutora (km)
B	Córrego das Pedras	3,1
C	Manancial sem nome	2,1

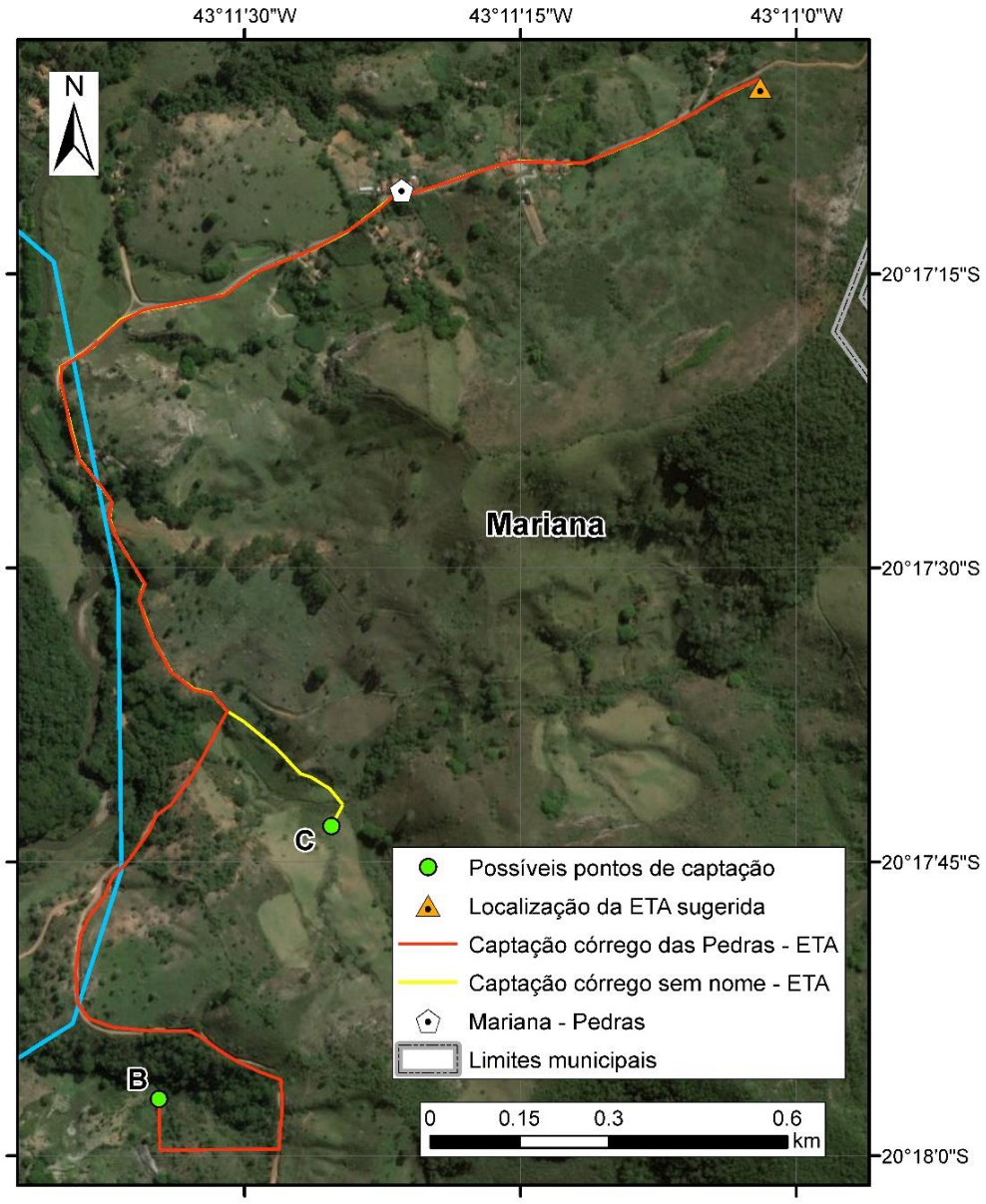


Figura 96. Traçado sugerido para as adutoras da localidade de Pedras, em Mariana.

Manancial subterrâneo: para a localidade de Pedras a demanda estabelecida como meta é de 1,2 L/s (4,3 m³/h). Quando se analisam as vazões médias em poços localizados nas proximidades do município de Mariana ($Q_{média}$ = 8,5 m³/h = 2,36 L/s), conclui-se que é necessário um poço tubular para suprir a demanda de abastecimento de Pedras. Com base na estimativa regional com probabilidade de 80% de sucesso de conseguir a vazão estabelecida pela meta (4,3 m³/h), será necessário um poço tubular para abastecer a localidade.

Considerando a precipitação anual na área (posto Fazenda Paraíso), e considerando um círculo com raio de 1,5 km, a recarga neste local é de 103,5 L/s (372,7 m³/h), indicando que as águas subterrâneas podem abastecer a localidade de Pedras sem afetar as reservas permanentes.

Avaliação das alternativas

Alternativa 1 – Perfuração de poço profundo

Atendimento da demanda: ambos os métodos utilizados para estimativa de número de poços necessários para atendimento da demanda apontam a necessidade de apenas 1 poço. Caso a vazão observada em poço testado necessite de complementação, deverá perfurado outro poço.

Como deve ser construída uma ETA na localidade, vale ressaltar que, geralmente, o tratamento de águas subterrâneas requer sistemas de tratamento de água mais simples e menos onerosos que para tratamento de águas de mananciais superficiais. Destaca-se que a avaliação dos investimentos na construção de uma ETA não é objeto de análise do presente estudo.

Adução: as áreas sugeridas para investigação e perfuração de poços se encontram inseridas ou próximas à localidade. Considerando a área sugerida para perfuração de poços mais distante do local indicado para ETA, será necessária uma adutora de aproximadamente 0,9 km.

Requerimentos: como atividades do processo de licenciamento do poço, é previsto somente o requerimento de outorga para poço tubular, junto à SEMAD. É prevista a necessidade de prolongamento da rede elétrica em aproximadamente 0,9 km entre o local sugerido para a perfuração do poço e propriedade próxima. Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação. Para o uso de poço profundo deverá ser realizado teste de qualidade e potabilidade da água.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para construção de adutora de 0,9 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, processo de outorga e testes de qualidade de água, estima-se o custo desta alternativa em R$ 214.000,00.

Alternativa 2 – Córrego das Pedras

Atendimento da demanda: sua vazão sem regularização é estimada em 10,79 L/s, de forma que não se mostra necessária construção de reservatório para regularização. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo, soleira em concreto ou de enrocamento. Nessa alternativa, por se tratar de manancial superficial, é necessária a implantação de uma ETA, provavelmente de ciclo completo. Destaca-se que a avaliação dos investimentos na construção de uma ETA não é objeto de análise do presente estudo.

Adução: o traçado de adutora sugerido possui 3,1 km, passando por zona rural, seguindo uma estrada ao longo do Rio Gualaxo do Norte. Serão necessárias três travessias em corpo d'água, as quais sugere-se que sejam feitas suportadas pelas pontes/galerias existentes.

Potencial impacto devido ao uso na bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação possui em proporções parecidas pastagens e remanescentes florestais. Poucas propriedades são encontradas na bacia, não sendo identificadas como grandes potenciais poluidores.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água, para barramento sem regularização em corpo superficial, três travessias em corpos d'água, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação, adução e travessias.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,5 km (distância entre propriedade rural e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento da rede elétrica de 0,5 km, construção da adutora de 3,1 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo de implantação desta alternativa em R$ 382.000,00.

Alternativa 3 – Manancial sem nome

Atendimento da demanda: localizado entre o córrego das Pedras e o povoado, sua vazão sem regularização é estimada em 3,60 L/s. Não será necessária a construção de reservatório para regularização. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo, soleira em concreto ou de enrocamento. Nessa alternativa, por se tratar de manancial superficial, é necessária a implantação de uma ETA, provavelmente de ciclo completo. Destaca-se que a avaliação dos investimentos na construção de uma ETA não é objeto de análise do presente estudo.

Adução: o traçado da adutora sugerido possui 2,1 km. Assim como o traçado sugerido para o córrego das Pedras, a adutora deverá seguir a estrada ao longo do rio Gualaxo do Norte e cruzar dois corpos d'água. Sugere-se que estas travessias sejam feitas suportadas pelas pontes/galerias existentes.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente ocupada por pastagens. Observam-se remanescentes florestais nas regiões de cabeceiras. Nenhuma propriedade foi identificada na bacia, não sendo encontrado nenhum potencial foco de contaminação das águas.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água, para barramento sem regularização em corpo superficial, duas travessias em corpos d'água, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação, adução e travessias.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 1,1 km (distância entre propriedade rural e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento da rede elétrica de 1,1 km, construção da adutora de 2,1 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo de implantação desta alternativa em R$ 357.000,00.

A Tabela 94 apresenta uma síntese das características das alternativas selecionadas.

Considerações finais

A análise foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo.

Dentre as alternativas analisadas, a alternativa 1, perfuração de poço profundo, se mostra como a alternativa mais atraente. Além de seus custos estimados serem os menores, sua execução é relativamente simples e a Fundação RENOVA já possui experiência na atividade de perfuração de poços na região. Adicionalmente, como é necessária a construção de uma ETA, deve ser considerado que em geral as técnicas de tratamento de águas de mananciais subterrâneos são mais simples e baratas que do o tratamento de mananciais superficiais. Ressalta-se, mais uma vez, que a avaliação dos investimentos na construção de uma ETA não é objeto de análise do presente estudo.

Caso esta alternativa venha a se tornar inviável sugere-se, baseando-se no investimento requerido e na complexidade das obras, avaliar as demais alternativas na seguinte ordem: alternativa 3 e 2.

Os resultados obtidos devem ser revistos com dados locais para dirimir as incertezas associadas as estimativas. Caso seja verificado em campo que os mananciais apontados não são adequados, deve-se investigar as outras alternativas expostas na Tabela 92 e outros arranjos de uso conjunto de mananciais.

Tabela 94. Tabela resumo das características das alternativas – Mariana - Pedras.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Perfuração de poço profundo	0,9	-	-	Completa	0,9 km junto ao povoado	1 out. poço	214	1
2	Córrego das Pedras	3,1	3 travessias em corpos d'água	Boa	Completa sem reservação	0,5 km em localidade rural	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP	382	3
3	Manancial sem nome	2,1	2 travessias em corpos d'água	Boa	Completa sem reservação	1,1 km em junto ao povoado	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP	357	2

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

7.2.19 Marilândia – Boninsegna

Caracterização

Localização: o município de Marilândia pertence ao estado do Espírito Santo e encontra-se na margem esquerda do rio Doce. Marilândia faz divisa com Colatina e Linhares, ambos municípios que tiveram seus sistemas de abastecimento afetados. Neste município, a única localidade que teve seu abastecimento afetado foi Boninsegna. A Figura 97 apresenta a localização de Boninsegna.

Sistema de abastecimento de água: o sistema de abastecimento de Boninsegna é operado pelo SAAE – Marilândia e em condições normais capta-se água do rio Doce. A localidade não possui uma ETA.

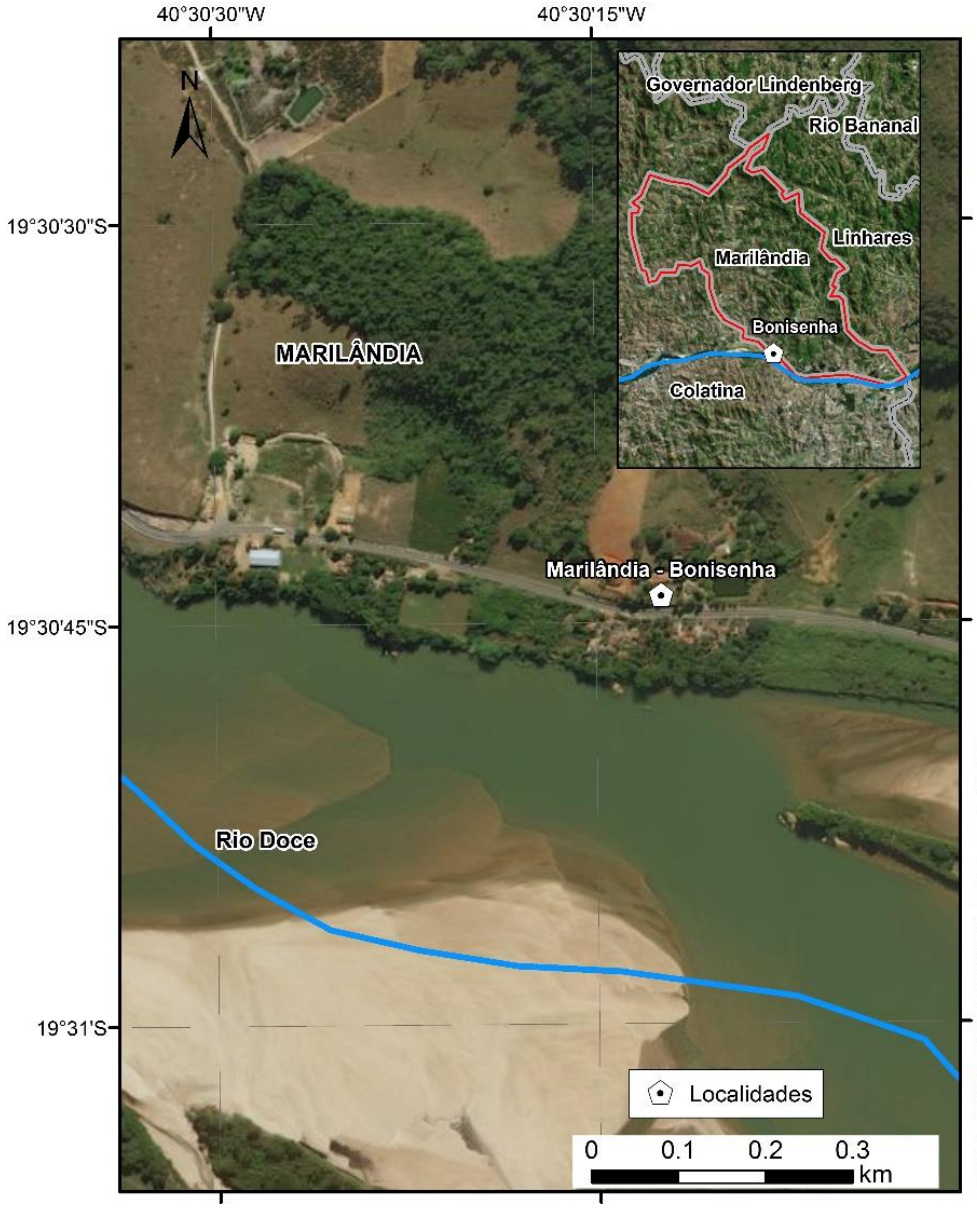


Figura 97. Localização de Boninsegna em Marilândia.

Abastecimento emergencial: o abastecimento emergencial da localidade estava sendo feito por meio de caminhões pipa. Com o objetivo de suprir a demanda da localidade, até o momento de elaboração deste relatório, a perfuração de poços profundos estava sendo negociada com a prefeitura local. Estes poços encontravam-se em fase de licenciamento e possuem uma vazão de projeto de 2 L/s.

Atendimento a demanda estabelecida: o Termo de Transação de Ajustamento de Conduta (TTAC) prevê o atendimento a uma vazão de 1,2 L/s, correspondente a 30 % da demanda local.

Alternativas

O atendimento à vazão estabelecida no TTAC pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão especificado na lei, que é a vazão outorgável[61]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[62]. O conjunto de valores determinados são apresentados na tabela abaixo. A Tabela 95 apresenta as áreas de drenagem necessárias para suprir a demanda de 1,2 L/s.

Tabela 95. Áreas de drenagem requeridas para o abastecimento da localidade de Boninsegna.

Cenário	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, vazão outorgável	0,71
Sem regularização, mantendo 50% da Q_{90}	0,28
Com regularização, mantendo 50% da Q_{90}	0,17

Uma vez definidas as áreas mínimas necessárias para que se obtenha a vazão instituída pelo TTAC, identificou-se mananciais que possuem características que atendam aos cenários considerados. A Figura 98 fornece uma visão geral da hidrografia próxima à região de Boninsegna. Considerando-se a proximidade com a localidade, os mananciais que poderiam ser utilizados para o abastecimento são: rio Liberdade, córrego Taquaruçu, córrego da Prata, além de outros dois mananciais que não possuem nome e serão chamados de manancial 1 e manancial 2. A seguir, é apresentada uma análise de cada uma das alternativas consideradas.

A) **Rio Liberdade**: afluente do rio Doce, este manancial possui a maior bacia entre as alternativas com cerca de 145,77 km². O rio Liberdade possui uma grande extensão, cruzando o município de Marilândia e passando por sua sede, podendo esta ser um potencial foco de contaminação.

[61] A vazão outorgável corresponde a 50% da Q_{90} para o estado do Espírito Santo.

[62] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

B) **Córrego Taquaraçu**: este manancial é um afluente do rio Liberdade e possui uma bacia com área de 13,50 km². Situado a oeste da localidade, o córrego Taquaraçu possui uma vazão outorgável de 27,74 L/s, superior a demanda da localidade, não sendo necessária a realização de obras para regularização de vazão. Contudo, possui a montante do ponto de captação sugerido uma área de mineração, o que se configura em um potencial risco ao abastecimento.

C) **Córrego da Prata**: trata-se de um dos afluentes do córrego Taquaruçu. Este manancial possui uma bacia hidrográfica com área igual à 1,65 km² e uma vazão outorgável de 2,85 L/s, suficiente para o abastecimento da localidade sem a necessidade de obras de regularização. A construção da adutora até a localidade necessitará obrigatoriamente cruzar o córrego Taquaruçu.

D) **Manancial 1**: situado a leste da localidade, trata-se do manancial mais próximo de Boninsegna. Possui uma bacia com área de cerca de 0,95 km², atendendo a todos os cenários citados na Tabela 95. A vazão outorgável no manancial é de 1,6 L/s, de forma que não há necessidade de utilizar obras que regularizem a vazão.

E) **Manancial 2**: este manancial é um afluente do rio Doce e localiza-se a leste de Boninsegna. A área de drenagem de sua bacia é de 3,38 km² e a vazão outorgável sem regularização é igual a 5,95 L/s.

A Tabela 96 apresenta as características dos mananciais analisados.

Tabela 96. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Boninsegna.

Alternativa	Manancial	Área de drenagem (km²)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Rio Liberdade	145,77	879,81	286,04	5
B	Córrego Taquaraçu	13,50	87,29	24,74	-8
C	Córrego da Prata	1,65	11,30	2,85	10
D	Manancial 1	0,95	6,60	1,61	10
E	Manancial 2	3,38	22,71	5,95	-15

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*

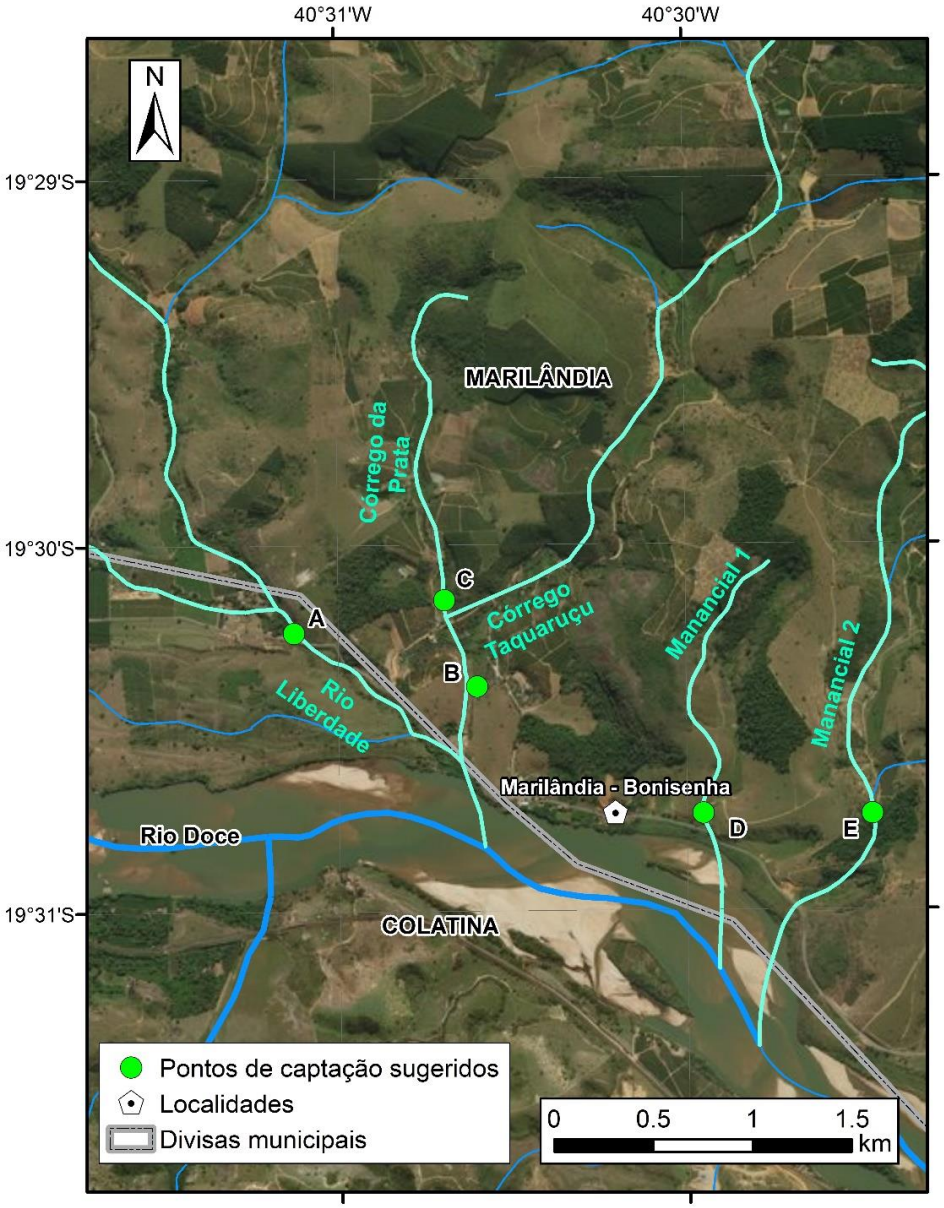


Figura 98. Alternativas de mananciais superficiais para o abastecimento da localidade de Boninsegna.

Como mencionado anteriormente, Boninsegna não possui uma estação de tratamento de água. Portanto, faz-se necessário a construção de uma ETA e elaboração de um sistema que atenda a esta localidade. Desta forma, sugere-se aqui a implantação de uma ETA, alocada com base no MDE fornecido pelo SRTM. Para a análise comparativa dos mananciais, foram sugeridos traçados das adutoras de água bruta das captações até o local indicado para a ETA. As distâncias aproximadas de cada trecho de adução de água bruta até a ETA, são apresentadas na Tabela 97 e os pontos de captação e traçado das adutoras são apresentados na Figura 99.

Tabela 97. Características das adutoras sugeridas para o abastecimento de Boninsegna.

Alternativa	Manancial	Comprimento da adutora (km)
A	Rio Liberdade	1,7
B	Córrego Taquaraçu	0,6
D	Manancial 1	0,9

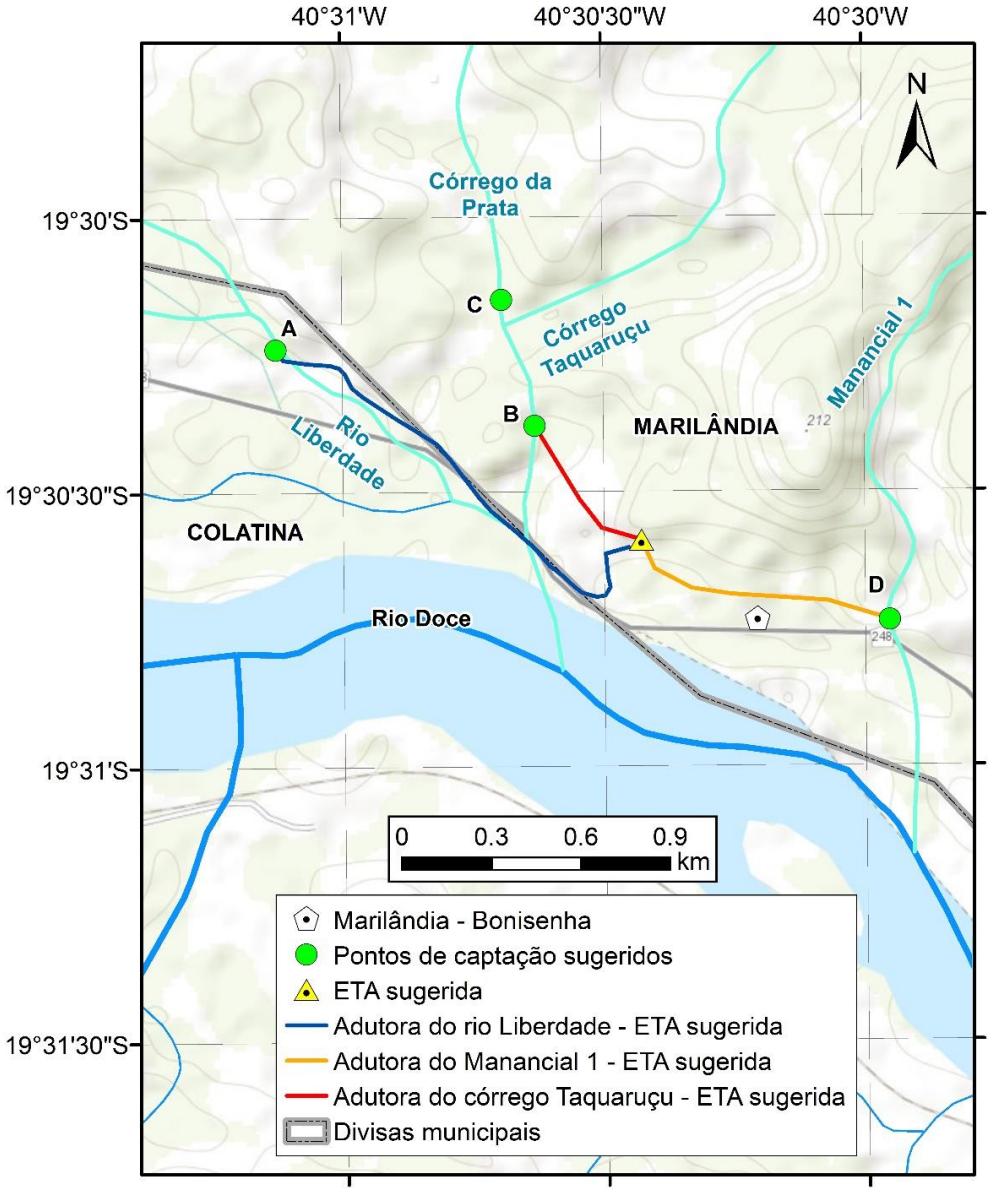


Figura 99. Traçado das adutoras que vão do córrego Taquaraçu, rio Liberdade e manancial 1 até a ETA sugerida.

Manancial subterrâneo: para a localidade de Boninsegna, a demanda estabelecida como meta é de 1,2 L/s (4,3 m³/h). Quando se analisam as vazões médias em poços localizados nas proximidades do município de Marilândia ($Q_{média}$ = 5,2 m³/h = 1,44 L/s), conclui-se que é necessário um poço tubular para suprir a demanda de abastecimento da localidade de Boninsegna.

Com base na estimativa regional com probabilidade de 80% de sucesso de conseguir a vazão estabelecida pela meta (4,3 m³/h), seria necessário um poço tubular para abastecer Boninsegna.

Considerando a precipitação média anual na área da bacia (conforme o posto de Baixo Guandu), e considerando um círculo com raio de 1,5 km, a recarga neste local é de 41,3 L/s (148,7 m³/h). Infere-se, então, que as águas subterrâneas podem abastecer a localidade, sem afetar as reservas permanentes.

Avaliação das alternativas

Alternativa 1 – Manancial subterrâneo

Atendimento da demanda: as estimativas iniciais apontam com elevada a probabilidade que apenas um poço será capaz de suprir a vazão de 1,2 L/s. Adicionalmente, destaca-se que, em geral, o uso de águas subterrâneas requerer sistemas de tratamento de água mais simples e menos onerosos que aqueles empregados para tratamento de mananciais superficiais. A avaliação dos investimentos na construção de uma ETA não é objeto de análise do presente estudo.

Caso a vazão observada em poço testado necessite de complementação deverá perfurado outro poço.

Adução: considerando que não existe ETA na localidade no momento, caso opte-se pelo uso de poços, sugere-se a construção da ETA em local próximo, considerando a topografia do terreno, visando que o abastecimento seja feito por gravidade. Estima-se que a adutora não seja maior que 0,2 km.

Requerimentos: como atividades do processo de licenciamento do poço, é previsto somente o requerimento de outorga para poço tubular, junto à AGERH. Destaca-se que o processo de licenciamento já havia sido iniciado como parte do abastecimento emergencial (RENOVA, 2016b).

Para o uso de poço profundo deverá ser realizado teste de qualidade e potabilidade da água.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para escavação do poço, construção da adutora, assessoria nos procedimentos de licenciamento, processo de outorga e testes de qualidade de água, estima-se o custo desta alternativa em R$ 150.000,00.

Alternativa 2 – Manancial 1

Atendimento da demanda: o manancial 1 corresponde a um córrego sem nome localizado a leste da localidade. Estima-se que sua vazão outorgável sem reservação seja de 1,61 L/s, compatível com a demanda, não sendo necessárias obras para regularização de vazão. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo, uma soleira em concreto ou de enrocamento. Nessa alternativa, por se tratar de manancial superficial é necessária a implantação de uma ETA, provavelmente de ciclo completo. Destaca-se que a avaliação dos investimentos na construção de uma ETA não é objeto de análise do presente estudo.

Adução: o desnível a ser vencido é de aproximadamente 10 metros e o traçado sugerido para adutora possui 1,2 km, passando por zona rural.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação apresenta-se dividida em cultivo agrícola não perene e remanescente de mata. Não há indícios de grandes propriedades com práticas agropecuárias intensivas ou de aglomerados populacionais. Não são identificados grandes potenciais poluidores.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, junto à AGERH, bem como intervenção em APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,2 km (entre o povoado e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente, e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento da rede elétrica, construção da adutora, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade da água, o custo estimado para implementação desta alternativa é de R$ 223.000,00.

Alternativa 3 – Rio Liberdade

Atendimento da demanda: o manancial superficial mais próximo do local sugerido para a ETA é o rio Liberdade. Sua vazão outorgável estimada, da ordem de 286,04 L/s, supera a demanda total da localidade. Não seria necessária a construção de reservatório para regularização. É apenas prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo, soleira em concreto ou de enrocamento. Nessa alternativa, por se tratar de manancial superficial, é fundamental a implantação de uma ETA, provavelmente de ciclo completo. Destaca-se que a avaliação dos investimentos para construção de uma ETA não é objeto de análise do presente estudo.

Adução: o trecho sugerido para captação está situado em cota mais alta que a da ETA prevista em Boninsegna, de modo que será possível o emprego de adução por gravidade, sendo o desnível da ordem de 5 m. Serão necessários 1,7 km de tubulação que acompanharão a rodovia ES – 248, cruzando o córrego Taquaraçu por travessia aérea suportada pela ponte/galeria existente e uma travessia enterrada em estrada rural próxima ao local sugerido para ETA.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é extensa. É majoritariamente ocupada por cultivos agrícolas, apresentando algumas glebas de remanescentes florestais. Em geral, apresenta mata ciliar em significativa parte de seu curso. A sede municipal de Marilândia se localiza a aproximadamente 12 km a montante, sendo esta identificada como uma potencial fonte de poluição.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à AGERH, de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, uma travessia em corpo d'água, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação, adução e da travessia.

É esperada um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,1 km (entre propriedade próxima e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente, e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento de 0,1 km da rede elétrica, construção de adutora de 1,7 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo de implantação desta alternativa em R$ 268.000,00.

A Tabela 98 apresenta uma síntese das características das alternativas selecionadas.

Considerações finais

A análise foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo.

Dentre as alternativas analisadas, a alternativa 1 se mostra como a mais atrativa, em especial considerando a perfuração de poço profundo na região sugerida a leste da localidade (ver capítulo 8). Esta alternativa apresenta o menor custo de implantação, envolve construção de menor infraestrutura adicional e o processo de licenciamento é o mais simplificado dentre todos. Avalia-se, também, que esta seja a alternativa que demandaria menos tempo para implementação. Caso a vazão observada no poço perfurado necessite de complementação deverá ser perfurado poço complementar.

Considerando a urgência do restabelecimento do abastecimento de água da localidade, além de fatores financeiros e práticos da implementação de dessa solução, aconselha-se o prosseguimento com a avaliação detalhada deste manancial, incluindo a realização dos testes de qualidade, potabilidade e tratabilidade da água, verificando a possibilidade de filtração direta como solução para a ETA local nesse caso.

Caso não seja viável o uso de poços, aconselha-se a avaliação mais aprofundada da alternativa 2, o uso do manancial 1. A adução nesta alternativa seria menor que a necessária para o rio Liberdade. Além disso, a bacia de contribuição do manancial 1 está em melhores condições de conservação. E por fim, esta alternativa apresenta um custo estimado menor.

Os resultados obtidos devem ser revistos com dados locais para diminuir as incertezas associadas às estimativas. Caso seja verificado em campo que os mananciais apontados não são adequados, deve-se investigar as outras alternativas expostas na Tabela 96 e outros arranjos de uso conjunto de mananciais.

Tabela 98. Tabela resumo das características das alternativas – Marilândia - Boninsegna.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Poço profundo	-	-	-	Completa	-	1 out. poço	150	1
2	Manancial 1	1,2		Boa	Completa sem reservação	0,2 km em localidade rural	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP	214	2
3	Rio Liberdade	1,7	1 travessia aérea por pontes existentes e enterrada em estrada rural	Regular. Sede municipal de Marilândia localizada a montante.	Completa sem reservação	0,1 km em área rural	1 outorga captação 1 outorga barramento 1travessia curso d'água 2 intervenções em APP	251	3

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

7.2.20 Periquito – Pedra Corrida

Caracterização

Localização: o município de Periquito está situado no estado de Minas Gerais, fazendo divisa ao norte com Governador Valadares e ao leste com Fernandes Tourinho. No município, a única localidade que teve o abastecimento de água afetado foi Pedra Corrida.

Sistema de abastecimento de água: nesta localidade o sistema de abastecimento de água, operado pela COPASA, atende a 99% da população, que possui cerca de 1.421 habitantes (ESSE, 2015). Em condições normais, a captação é realizada diretamente no rio Doce em trecho localizado no reservatório da usina hidrelétrica Baguari, através de tomada direta e bomba de eixo horizontal, operando em média 10 horas por dia, e com sistema reservação com capacidade total de 100 m³. A ETA da localidade é convencional, em fibra de vidro, possuindo capacidade nominal de 11 L/s e vazão de trabalho de 8 L/s. Uma visão geral do sistema de abastecimento de Pedra Corrida é apresentada na Figura 100.

Abastecimento emergencial: inicialmente a localidade foi abastecida por caminhões pipa. Posteriormente, perfurou-se um poço profundo, que apresentou uma vazão de 6,67 L/s (RENOVA, 2017b), suficiente para atendimento da demanda.

Atendimento à demanda estabelecida: o Termo de Transação de Ajustamento de Conduta – TTAC - prevê o atendimento a uma vazão de 3,3 L/s.

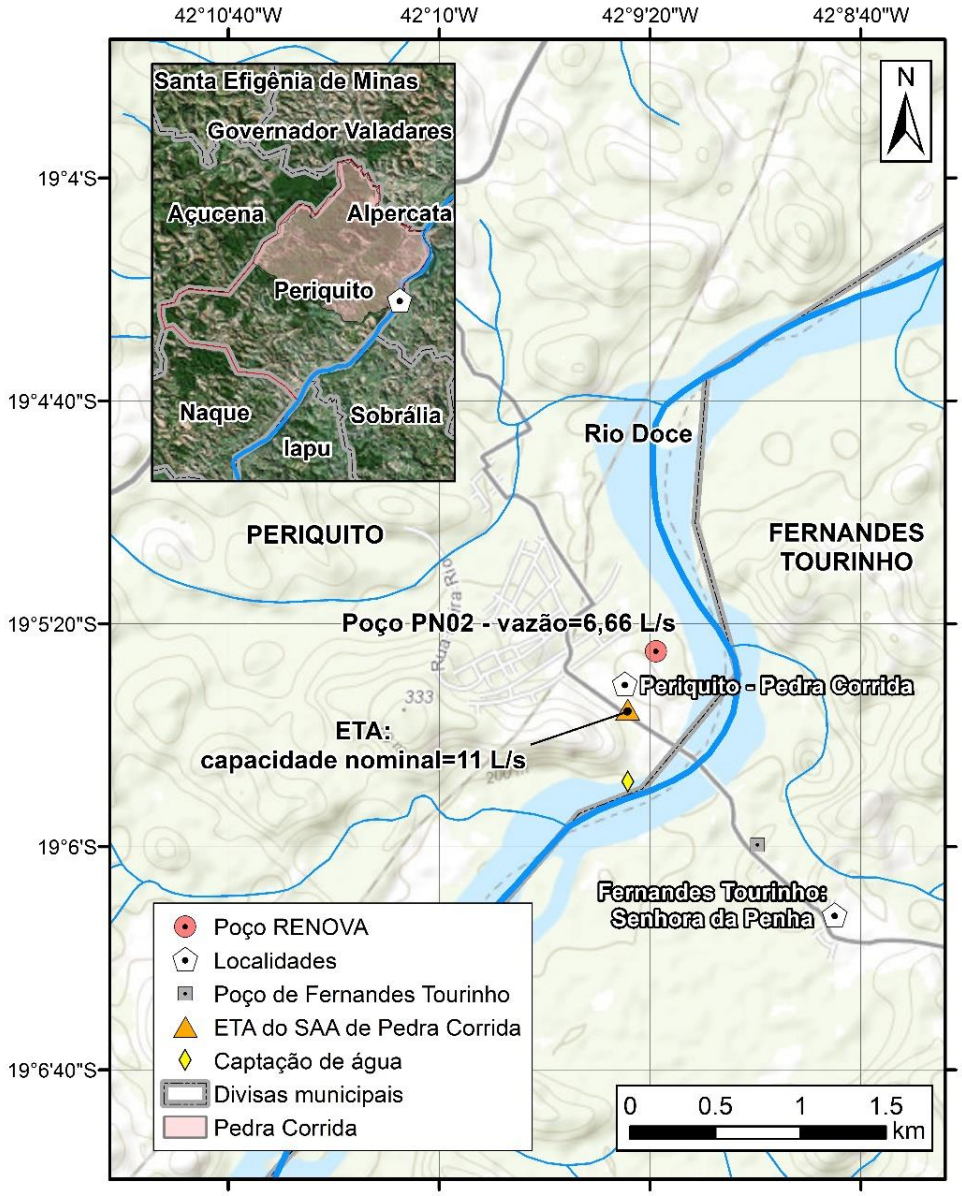


Figura 100. Caracterização do sistema de abastecimento de Pedra Corrida, em Periquito.

Alternativas

O atendimento à vazão estabelecida no TTAC pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão

especificado na lei, que é a vazão outorgável[63]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[64]. A Tabela 99 apresenta as áreas de drenagem necessárias para suprir a demanda de 3,3 L/s.

Tabela 99. Áreas de drenagem requeridas para o abastecimento de Pedra Corrida.

Cenário	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, vazão outorgável	3,04
Sem regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	1,95
Com regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	0,43

Uma vez definidas as áreas mínimas necessárias para que se obtenha a vazão instituída pelo TTAC, identificou-se mananciais que possuem bacias com área suficiente para atender aos cenários definidos na Tabela 99. A Figura 101 fornece uma visão geral da hidrografia na região próxima da localidade de Pedra Corrida. Analisando-se a hidrografia na área, verifica-se que os possíveis mananciais para o abastecimento da localidade são: Córrego Preto, Ribeirão Salão e Córrego do Cemitério. A Tabela 100 apresenta as características dos mananciais que teriam capacidade para suprir a demanda de abastecimento na localidade de Pedra Corrida. A seguir, é apresentada uma análise de cada uma das possibilidades e sua viabilidade conforme a demanda estipulada pelo TTAC.

A) **Córrego Preto:** afluente do rio Doce, este manancial já havia sido apontado pelo PMSB como alternativa ao abastecimento da localidade. Apesar de ser o manancial mais distante da ETA quando comparado com as demais alternativas, o córrego Preto possui uma das maiores bacias com cerca de 49,8 km². A vazão outorgável deste manancial sem regularização de vazão é igual a 4,9 L/s. Possui capacidade para atender à demanda da localidade.

B) **Ribeirão Salão:** este manancial também é um afluente do rio Doce e encontra-se a oeste do centro urbano de Pedra Corrida. Além disso, possui uma bacia com área de drenagem de 86,6 km². A vazão outorgável do manancial sem regularização de vazão é de 103,74 L/s, possuindo, portanto, capacidade para abastecer a localidade.

C) **Córrego do Cemitério:** da mesma maneira que o Córrego Preto, este manancial também foi citado pelo PMSB como possível alternativa ao abastecimento da localidade. Este córrego possui uma bacia com área de 3,31 km². A vazão outorgável deste manancial é igual à 3,6 L/s, suficiente para atender a demanda de 3,3 L/s da localidade. Apesar de ser a alternativa com menor área de drenagem, a qualidade da água deste manancial é potencialmente boa, uma vez que não foram identificadas habitações ou centros urbanos a montante do ponto da captação sugerido.

[63] A vazão outorgável corresponde à 50% da $Q_{7,10}$ para o estado de Minas Gerais.

[64] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

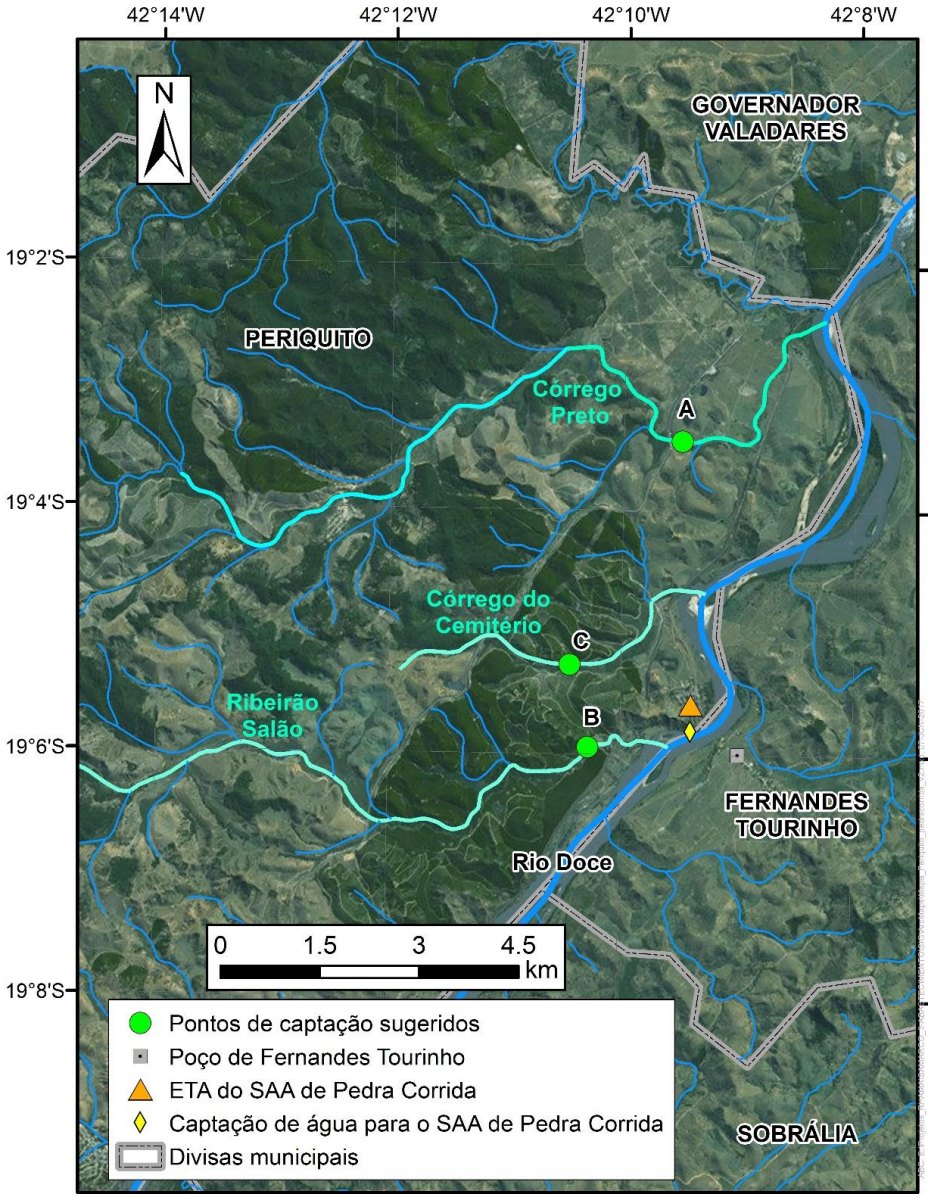


Figura 101. Hidrografia da região e possíveis mananciais para abastecimento da localidade de Pedra Corrida, em Periquito.

Tabela 100. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Pedra Corrida.

Alternativa	Manancial	Área de drenagem (km²)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Córrego Preto	49,81	346,35	58,71	6,0
B	Ribeirão Salão	86,58	594,33	103,74	2,0
C	Córrego do Cemitério	3,31	24,47	3,60	10,0

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*

Dentre as alternativas anteriormente apresentadas, foram selecionados os mananciais ribeirão Salão (B) e córrego do Cemitério (C) para avaliação em detalhe. Para a análise comparativa dos possíveis mananciais, foram sugeridos traçados das adutoras de água bruta que ligam os pontos de captação à ETA da sede municipal. A Figura 102 apresenta o traçado sugerido e a Tabela 101 apresenta a extensão de ambas adutoras.

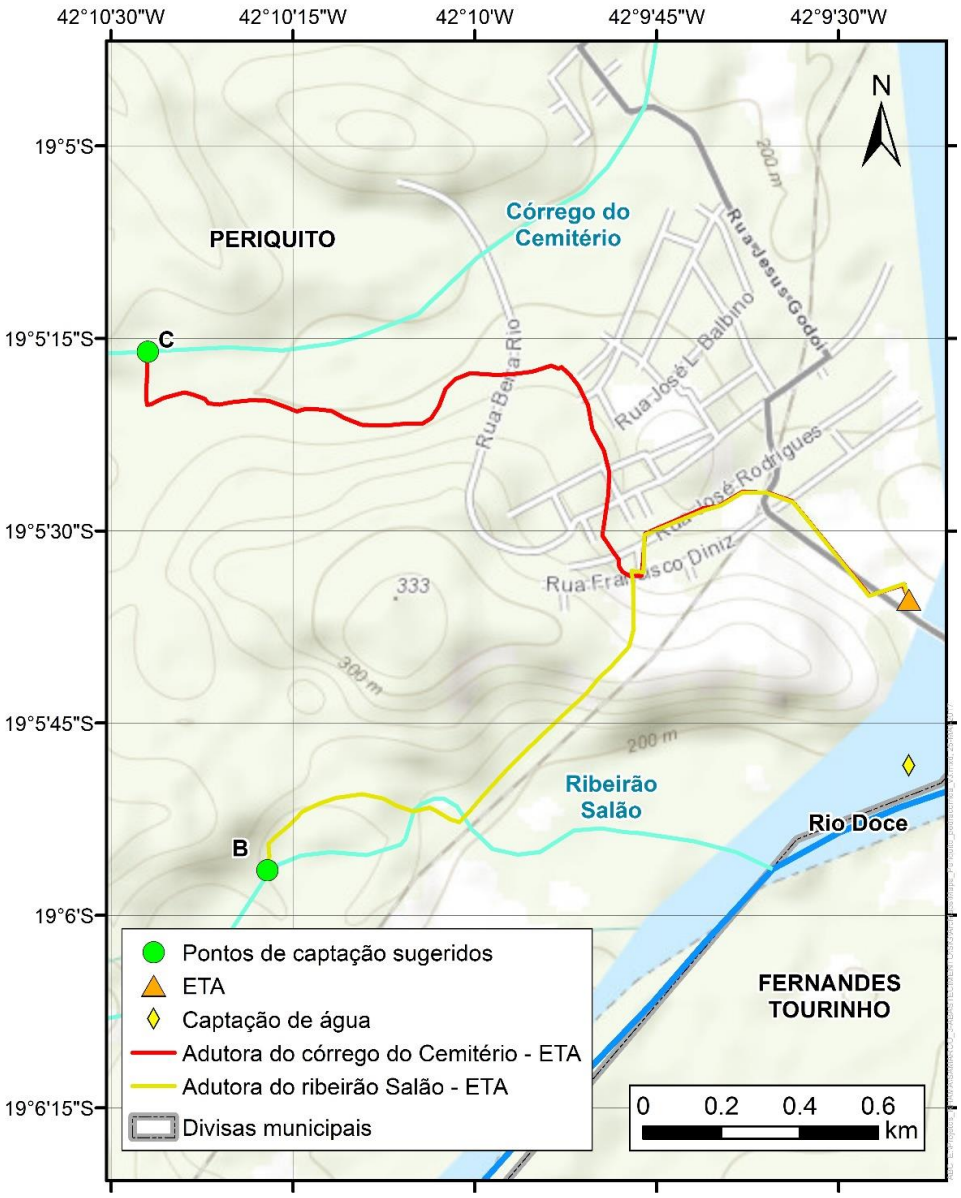


Figura 102. Traçado das adutoras que ligam o Córrego do Cemitério e o Ribeirão Salão até a ETA de Pedra Corrida.

Tabela 101. Extensões das adutoras sugeridas para o abastecimento de Pedra Corrida.

Alternativa	Manancial	Comprimento da adutora (km)
B	Ribeirão Salão	2,3
C	Córrego Cemitério	2,7

Manancial subterrâneo: para a localidade de Pedra Corrida, a demanda estabelecida como meta é de 3,3 L/s (11,9 m³/h). Quando se analisam as vazões médias em poços localizados nas proximidades do município de Periquito ($Q_{média}$ = 16,5 m³/h = 4,58 L/s), conclui-se que é necessário um poço tubular para suprir a demanda de abastecimento de Pedra Corrida. Com base na estimativa regional, considerando uma probabilidade de 80% de sucesso de conseguir a vazão estabelecida pela meta (11,9 m³/h), serão necessários três poços tubulares para abastecer a localidade de Pedra Corrida.

Considerando a precipitação anual na área (posto de São Sebastião da Encruzilhada), e considerando um círculo com raio de 1,5 km, a recarga neste local é de 47 L/s (169,3 m³/h), indicando que as águas subterrâneas podem abastecer Pedra Corrida sem afetar as reservas permanentes.

Na localidade de Pedra Corrida já existe um poço perfurado, que tem uma vazão de 6,67 L/s (24 m³/h), que está interligado à rede do município. Este poço atende à demanda do distrito de Pedra Corrida, que é de 3,3 L/s (11,9 m³/h).

Avaliação das alternativas

Considerações básicas das alternativas: para as alternativas destacadas anteriormente, foi realizada uma estimativa preliminar de custos e intervenções necessárias para sua implementação para fins de comparação. É apresentada a avaliação descritiva das alternativas de uso de manancial subterrâneo, ribeirão Salão e córrego Cemitério e um quadro comparativo quanto à comprimento de adutora, intervenções previstas, pontos críticos, infraestrutura e atividades requeridas.

Alternativa 1 – Poço profundo existente

Atendimento da demanda: como parte das ações emergenciais foi perfurado um poço na localidade. Este poço, denominado pela Fundação RENOVA como PN02, possui vazão de 6,67 L/s, o dobro da demanda da localidade. Na fase de elaboração deste relatório, as obras de implementação deste manancial estavam em fase de conclusão para entrega definitiva ao operador (RENOVA, 2017b).

Adução: a adutora deste poço estava sendo adequada aos padrões de obras do operador local. Não são previstas obras de adução adicionais às já executadas/em execução.

Requerimentos: dentre as atividades normalmente requeridas para a perfuração e regularização de poço, a única não explícita no relatório de acompanhamento das ações de melhorias das captações alternativas de abastecimento (RENOVA, 2017b) é o requerimento da outorga, o qual deve ser feito junto à SEMAD. Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados e, se necessário, adequação do sistema de tratamento.

Estimativa de custos: considerando os planos e ações apresentados não é previsto nenhum investimento adicional ao já planejado. Destaca-se que eventuais gastos com adequação do sistema de tratamento e reforma da ETA não são objeto de estudo do presente trabalho.

Alternativa 2 – Ribeirão Salão

Atendimento da demanda: o manancial superficial mais próximo do local da ETA da localidade é o ribeirão Salão. Sua vazão outorgável supera a demanda total da localidade com folga, sendo estimada em 103,74 L/s. Não será necessária a construção de reservatório para regularização. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo, soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: o desnível a ser vencido é de aproximadamente 2 metros e o traçado sugerido possui cerca de 2,0 km, passando por zona rural. Ressalta-se que foi considerado o traçado junto à ferrovia, realizando a travessia de trecho de relevo acidentado por meio do túnel. É sugerida travessia aérea da ferrovia utilizando o terreno da entrada ou saída do túnel. Caso não seja possível, a adutora deverá ser capaz de suportar os desníveis apresentados pelo relevo local

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é extensa, apresenta atividade agrícola intensa, especificamente plantio de eucalipto, e é observada aglomeração urbana (distrito de São Sebastião do Baixio), o que representa um potencial risco de contaminação. A mata ciliar só se faz presente junto ao trecho de cultivo de eucalipto. Processos erosivos são observados nas regiões de cabeceira.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução. Normas específicas para autorização para travessia da linha férrea devem ser verificadas.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,2 km (distância entre a propriedade rural e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento de 0,2 km da rede elétrica, construção de adutora de 2,2 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, o custo estimado para implementação desta alternativa é de R$ 286.000,00.

Alternativa 3 – Córrego Cemitério

Atendimento da demanda: o córrego Cemitério está ao norte da localidade, possui vazão outorgável de 4,4 L/s, compatível com a demanda. Desta forma, não seriam necessárias obras para regularização de vazão. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo uma soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: o desnível a ser vencido é de aproximadamente 10 metros e o traçado sugerido para adutora possui 2,6 km, passando por zona rural. Sugere-se que a travessia da linha férrea seja feita em trecho sobre o túnel, evitando assim necessidade de obras de escavação, e potencialmente facilitando processos de licenciamento.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente coberta por atividade agrícola intensa, especificamente plantio de eucalipto, mas não há indícios de grandes de aglomerados populacionais. Em seu alto curso, observam-se, em uma de suas vertentes, processos erosivos, e na outra, presença de remanescente de mata. Não é observada presença de mata ciliar de grande porte. O córrego apresenta extensas zonas de várzea que aparentam ser constantemente alagadiças.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução. Normas específicas para autorização para travessia da linha férrea devem ser verificadas.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,6 km (distância entre a rodovia e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento de 0,6 km da rede elétrica, construção de adutora de 2,6 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, o custo estimado para implementação desta alternativa é de R$ 383.000,00.

A Tabela 102 apresenta uma síntese das características das alternativas selecionadas.

Considerações finais

Dentre as alternativas analisadas, a alternativa 1, o uso do poço profundo existente, se mostra como a alternativa mais vantajosa. Esta já se encontra em fase de implantação e não são esperados investimentos adicionais aos já realizados/previstos no projeto elaborado pela Fundação RENOVA e operador do sistema.

A análise das demais alternativas foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo. Caso a alternativa 1 venha a se mostrar inviável, sugere-se, baseando-se no investimento requerido e na complexidade das obras, avaliar as demais alternativas na seguinte ordem: alternativa 2 e 3.

Os resultados obtidos devem ser revistos com dados locais para dirimir as incertezas associadas às estimativas. Caso seja verificado em campo que os mananciais apontados não são adequados, deve-se investigar as outras alternativas expostas na Tabela 100 e outros arranjos de uso conjunto de mananciais.

Tabela 102. Tabela resumo das características das alternativas – Periquito – Pedra Corrida.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Poço profundo existente	-	-	-	Existente	Não	1 out. poço	-	1
2	Ribeirão Salão	2,2	Travessia da linha férrea por cima do túnel	Regular	Completa sem reservação	0,2 km em localidade rural	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP	286	2
3	Córrego Cemitério	2,6	Uso do túnel da linha férrea	Boa	Completa sem reservação	0,6 km em localidade rural	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP	383	3

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

7.2.21 Resplendor – Sede

Caracterização

Localização: situado na região leste do estado de Minas Gerais, na divisa com o estado do Espírito Santo, o município de Resplendor teve o abastecimento de água da sua sede afetado. A localidade possui cerca de 19.000 habitantes.

Sistema de abastecimento de água: o sistema de abastecimento da localidade é operado pela COPASA e abastece cerca de 92% da população (ESSE, 2015). Em situação normal, a captação é realizada no rio Doce, através de bombeamento, e transportada por meio de adutora por de cerca de 0,3 km até a ETA municipal localizada na parte alta da cidade. A vazão de trabalho da ETA é de 60 L/s e possui reservação de 1.420 m^3(ESSE, 2015). Uma visão geral do abastecimento da localidade encontra-se na Figura 103.

Abastecimento emergencial: o sistema de captação de água do rio Doce na localidade foi paralisado por medida judicial, dessa forma, estavam sendo realizadas captações emergenciais para atendimento de 100% da demanda. Foi feita a utilização os mananciais córrego do Barroso e córrego Santana por meio de estruturas provisórias de captação com a construção de adutoras até a elevatória existente junto a captação do rio Doce e foi feita a revitalização de dois poços profundos da COPASA com vazão conjunta de 26,0 L/s; as captações dos mananciais superficiais foram ligadas à rede de água bruta e encaminhadas à ETA do município para tratamento, até o momento da elaboração deste relatório os poços ainda aguardavam ser ligados a rede. Também estava sendo captada água bruta no rio Manhuaçu para complementação da vazão demandada. Em torno de 21 caminhões pipa realizavam o transporte de cerca de 1.700,0 m^3 de água bruta por dia, percorrendo cerca de 34 km entre Resplendor e o local de captação no município vizinho de Aimorés.

Atendimento à demanda estabelecida: a demanda estabelecida no TTAC para a sede de Resplendor é de 30% da demanda local, que é de 60,0 L/s. Apesar da meta de 30%, devido à uma situação específica apresentada por esta localidade até o momento de consolidação das demandas de atendimento nas fases iniciais deste estudo, foi avaliado a possibilidade de atendimento de 100% da demanda local, correspondendo à vazão de 60,0 L/s. Considerando que já existe a oferta de 26 L/s atendida por dois poços da COPASA, a demanda restante é de 34 L/s.

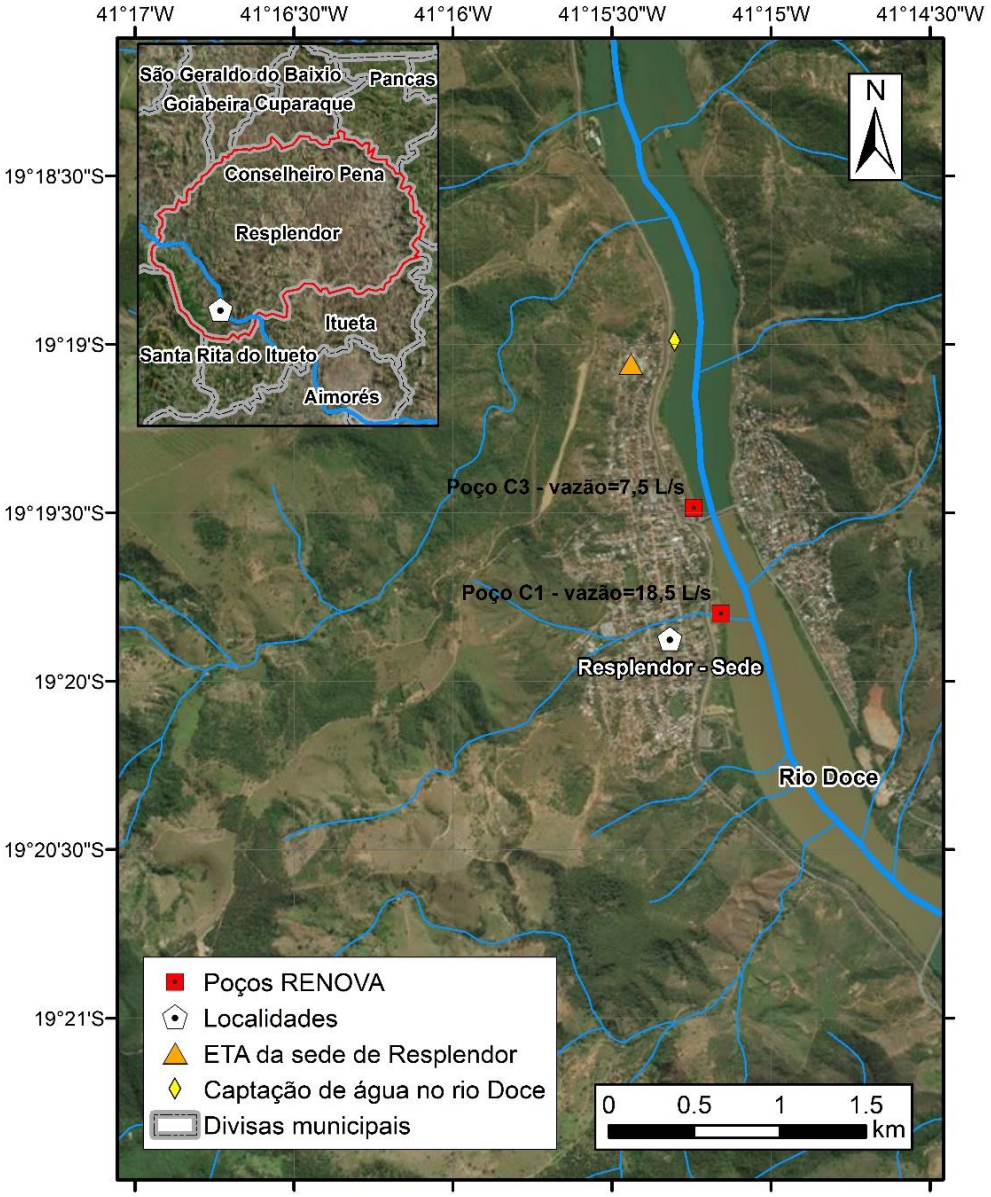


Figura 103. Caracterização do sistema de abastecimento de Resplendor.

Alternativas

O atendimento à vazão estabelecida no TTAC pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e da Tabela 5. Para o cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite

padrão especificado na lei, que é a vazão outorgável[65]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[66]. Em se tratando de mananciais superficiais, a Tabela 103 apresenta as áreas de drenagem necessárias para proporcionar disponibilidade hídrica compatível com a demanda complementar de 34 L/s e a demanda total de 60 L/s, além de garantir a vazão outorgável do corpo d'água para o cenário com e sem regularização.

Tabela 103. Combinação de cenários de disponibilidade hídrica superficial e a estimativa da área de drenagem necessária para o abastecimento da sede de Resplendor.

Cenários	Utilização de poços existentes	Demanda (L/s)	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, com vazão outorgável	Não	60,0	50,87
	Sim	34,0	29,30
Sem regularização, mantendo 50% $Q_{7,10}$ para jusante	Não	60,0	31,74
	Sim	34,0	18,38
Com regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$ para jusante	Não	60,0	8,28
	Sim	34,0	4,62

Uma vez que estas áreas foram determinadas, identificaram-se mananciais que possuem área de drenagem suficiente para atender aos dois cenários, com e sem regularização, da Tabela 103.

Considerando a proximidade com as estruturas existentes do SAA (captação, adutora, elevatória e ETA), foram selecionados para análise preliminar os seguintes mananciais: córrego Vala Grande, córrego do Rufino, córrego do Cascalho, córrego Santana, córrego Barroso, córrego da Oncinha, córrego Cachoeirão e rio Eme. A Tabela 104 apresenta características dos mananciais avaliados. A seguir, é apresentada uma análise de cada uma das alternativas consideradas:

A) **Córrego Vala Grande**: distante aproximadamente 4,7 km da ETA municipal, desagua no rio Doce. Sua bacia possui área de drenagem de 57,49 km² no ponto considerado, superior à área requerida para todas as situações citadas na Tabela 103. No caso de uso de barragem de reservação sem poços, a área de drenagem no ponto de captação considerado é aproximadamente sete vezes superior à requerida (considerando a demanda total de 60,0 L/s). Já no caso de não ser feita reservação, a área é muito próxima àquela estimada como necessária, e a vazão outorgável do manancial é estimada em 68,06 L/s, pouco superior à demanda da localidade sem considerar os poços (60 L/s). Considerando o uso deste manancial em conjunto com os poços existentes, a disponibilidade hídrica do manancial sem regularização de vazão é de duas vezes a vazão complementar demandada.

B) **Córrego do Rufino**: este manancial encontra-se a uma distância de cerca de 7 km da ETA. De acordo com sua área de drenagem (25,13 km²) a vazão outorgável estimada é de 29,03 L/s. Mesmo considerando o uso em conjunto com os poços existentes este manancial não é capaz de atender à demanda local sem a construção de um reservatório. Já com a construção de

[65] A vazão outorgável corresponde à 50% da $Q_{7,10}$ para o estado de Minas Gerais.

[66] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

barragem para reservação e regularização de vazão, a disponibilidade hídrica estimada é de 177,51 L/s. Uma alternativa à construção de barragem seria o uso em conjunto com outros mananciais. A adutora para transportar suas águas até a ETA necessariamente cruzaria o córrego Vala Grande (deve ser previsto travessia aérea ou subterrânea) e o rio Doce. Neste segundo caso, a viabilidade da travessia fica condicionada a fixação da adutora em uma das pontes existentes.

C) **Córrego do Cascalho**: relativamente próximo à ETA (3,5 km), sua bacia possui área de drenagem pequena (12,11 km²) e, mesmo considerando o uso em conjunto com os poços existentes, é necessária a construção de barragem para regularização visando ao atendimento completo da demanda. Considerando a regularização de vazão, a disponibilidade hídrica deste manancial é de 86,97 L/s. Uma alternativa à construção de barragem seria o uso em conjunto com outros mananciais para complementação da vazão.

D) **Córrego Santana**: localizado ao norte da malha urbana é o mais próximo da ETA entre todos os mananciais avaliados (cerca de 1,0 km). A área de drenagem de sua bacia é de 13,52 km², encontrando-se na mesma situação que o córrego do Cascalho, fazendo-se necessária a regularização de vazões para atendimento da demanda ou uso conjunto com outros mananciais.

E) **Córrego Barroso**: mais ao norte que o córrego Santana, o córrego do Barroso fica distante aproximadamente 2,8 km da ETA, é o segundo manancial mais próximo da ETA. Apresenta-se em situação semelhante ao córrego Santana e ao córrego do Cascalho, onde sua área de drenagem de 15,61 km² só atenderia à totalidade da demanda com a construção de um reservatório ou com o uso de outros mananciais complementares.

F) **Córrego da Oncinha**: encontra-se ao norte do córrego Barroso e do córrego Santana, a mais de 6,5 km da ETA (em linha reta), de modo que o traçado da adutora atravessaria esses dois córregos. A área de drenagem da sua bacia é de 13,02 km² e coloca este manancial na mesma situação do córrego do Cascalho, Santana e Barroso, onde só atenderia à totalidade da demanda com a construção de um reservatório ou com o uso de outros mananciais complementares.

G) **Córrego Cachoeirão**: localizado após o córrego da Oncinha, a mais de 8 km da ETA, possui área de drenagem da bacia de 10,55 km², a menor entre todos os mananciais avaliados. Possui a mesma situação do córrego do Cascalho, Santana, Barroso e Oncinha, onde só atenderia a totalidade da demanda com a construção de um reservatório ou com o uso de outros mananciais complementares.

H) **Rio Eme**: é o mais distante da ETA municipal (cerca de 19,3 km) e é o manancial que possui a maior área de drenagem da bacia, estimada em 905,20 km^2. Esta área é capaz de suprir com ampla folga a demanda local (vazão outorgável é de 1.162,66 L/s, aproximadamente vinte vezes maior que a demanda).

A Figura 104 apresenta uma visão geral dos possíveis mananciais para abastecimento da sede do município de Resplendor.

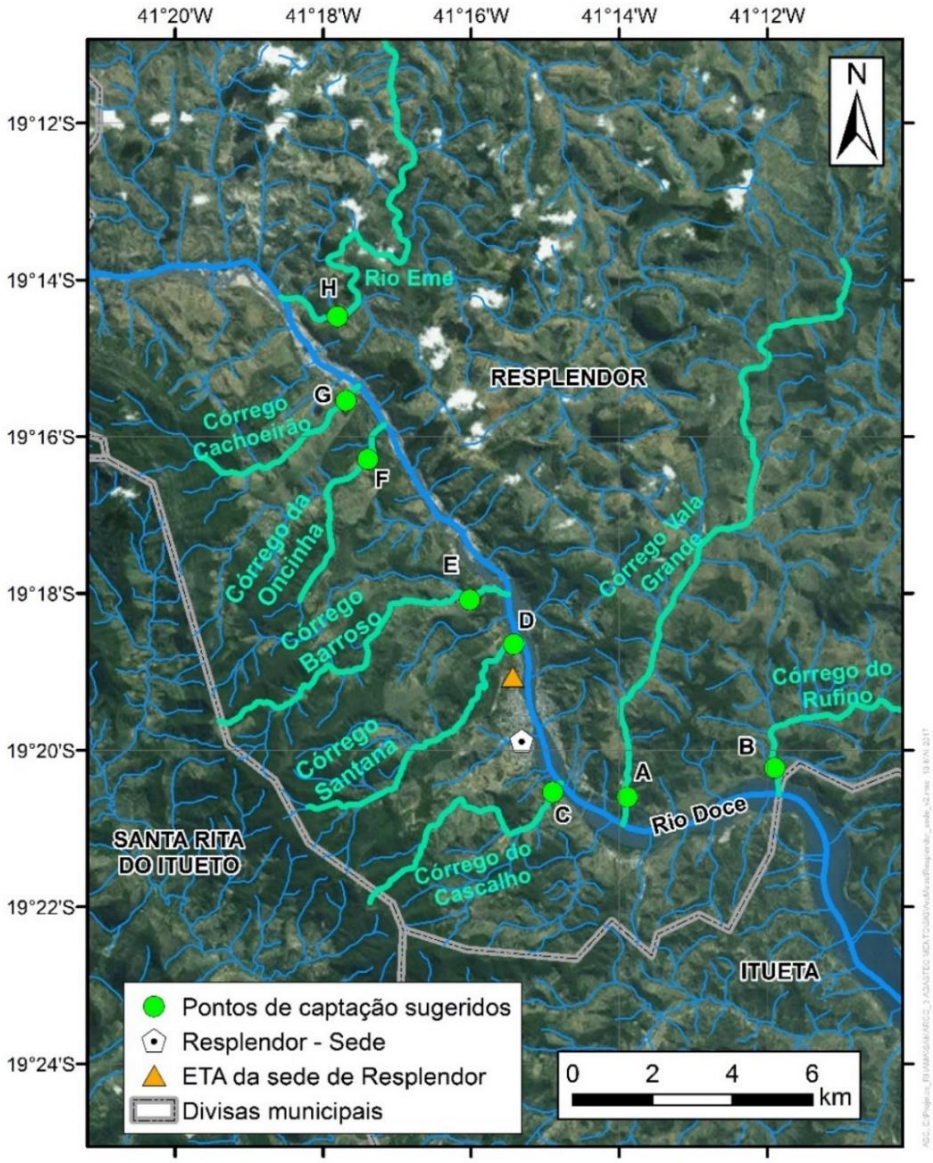


Figura 104. Possíveis mananciais para captação para abastecimento de Resplendor.

Tabela 104. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Resplendor.

Alternativa	Manancial	Área de drenagem (km²)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Córrego Vala Grande	57,49	398,42	68,06	55
B	Córrego do Rufino	25,13	177,51	29,03	52
C	Córrego do Cascalho	12,11	86,97	13,69	53
D	Córrego Santana	13,52	96,86	15,33	53
E	Córrego Barroso	15,61	111,47	17,78	11
F	Córrego da Oncinha	13,02	93,36	14,75	14
G	Córrego Cachoeirão	10,55	76,01	11,88	7
H	Rio Eme	905,20	5.875,01	1.162,66	37

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*

Foram selecionados os mananciais córrego Vala Grande (A), córrego do Cascalho (C), córrego Santana (D), córrego Barroso (E) e rio Eme (H) para análise mais detalhada, bem como a combinação dos mananciais córrego Vala Grande (A) e córrego do Cascalho (C), e dos mananciais córrego Santana (D) e córrego Barroso (E). Para a análise comparativa dos possíveis mananciais (e combinações), foram sugeridos traçados das adutoras de água bruta que ligam os pontos de captação à ETA da sede municipal. A Figura 105 apresenta o traçado sugerido e a Tabela 105 apresenta a extensão das adutoras.

Tabela 105. Extensão das adutoras sugeridas.

Alternativas	Manancial	Comprimento (km)
A	Córrego Vala Grande	4,7
C	Córrego do Cascalho	3,4
D	Córrego Santana	1,0
E	Córrego Barroso	2,8
H	Rio Eme	19,3
I	Córrego Vala Grande e do Cascalho	6,3

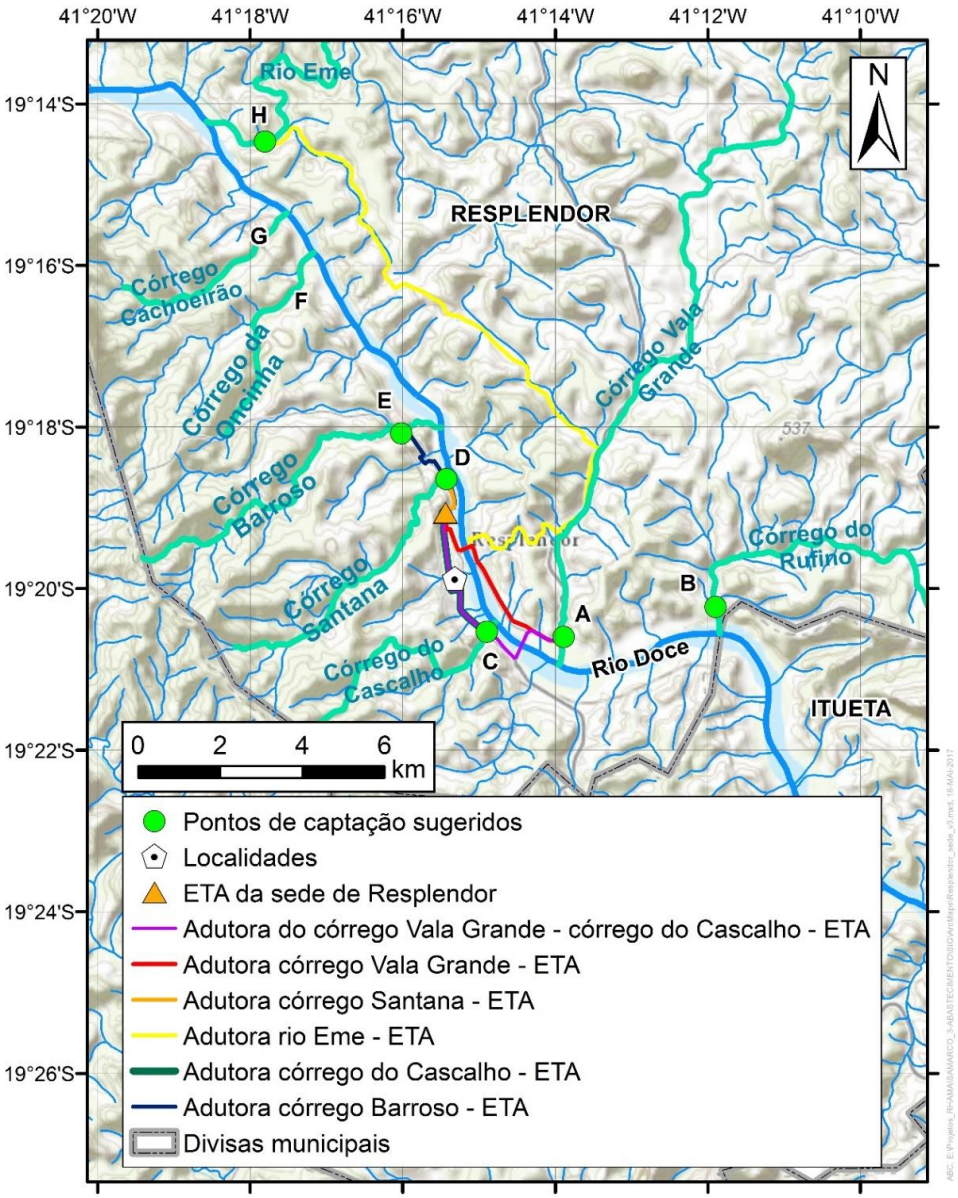


Figura 105. Adutoras sugeridas para a localidade.

Manancial subterrâneo: a demanda adotada por este estudo é de 60 L/s (216 m³/h). Levando em conta a vazão média dos poços (1,58 L/s = 5,7 m³/h) na área do município, são necessários ao menos 38 poços tubulares para suprir a demanda. Com base na estimativa regional considerando um risco associado, o número de poços a ser empregado é excessivamente grande, maior que 15 poços, de forma que não foi estimado o número necessário para atendimento de toda a demanda local.

Como medida emergencial para a retomada do abastecimento local, foram revitalizados poços da COPASA com vazões de 18,5 e 7,5 L/s, totalizando 26,0 L/s (93,6 m³/h). Estes poços podem ser utilizados conjuntamente com outras alternativas para complementarem a vazão demandada.

Considerando a precipitação anual na área (posto de São Sebastião da Encruzilhada), para um círculo com raio de 1,5 km, a recarga no mesmo é de 47 L/s (169 m³/h), indicando que os poços existentes podem abastecer parcialmente sede do município de Resplendor, sem afetar as reservas permanentes.

Avaliação das alternativas

Considerações básicas das alternativas: são apresentadas nesta parte do relatório, as alternativas para atender à demanda, combinando ou não os mananciais identificados. Inicialmente são apresentadas as condições que permitiram definir as alternativas:

- Para todas as alternativas existe a possibilidade de ligação da adução até a elevatória existente, o que resulta em uma redução dos investimentos em infraestrutura de bombeamento (bombas de menor porte) e da construção de aproximadamente 0,3 km de adutora. Para fins de estimativa de custos, foi considerado o cenário de adução até a ETA e desativação da elevatória existente (cenário mais crítico em relação a investimentos);
- Considerando que os corpos d'água mais próximos da localidade apresentam vazão relativamente baixa, será avaliado o uso em conjunto de mais de um manancial;
- Existem dois poços da COPASA que, somados, fornecem vazão de 26,0 L/s, o que corresponde a aproximadamente 40 % da demanda. É relatado pela equipe da RENOVA que as obras e reformas necessárias se encontravam em fase de contratação e execução, não sendo estas consideradas nas estimativas de custo. Apesar de ser relatada a presença de metais nas águas dos poços existem técnicas de tratamento para sua potabilização, adicionalmente, segundo relatos da RENOVA (reunião realizada dia 03 de julho de 2017), testes quanto ao procedimento de tratamento e de mistura com águas de mananciais que não apresentam metais estão sendo conduzidos. Se necessários novos procedimentos de tratamento deverão ser adotados. Eventual adaptação da ETA para tratamento e remoção dos metais não está computada neste estudo;
- Com exceção do rio Eme, em todas as alternativas a seguir, parte-se da disponibilidade existente de 26,0 L/s dos poços. Estas alternativas devem acrescentar isoladamente ou combinadas entre si a demanda complementar de 34 L/s.
- Verificou-se que o atendimento de 100% da demanda exclusivamente por manancial subterrâneo leva a um grande número de poços, o que torna esta opção inviável para atender esta demanda, sendo esta alternativa descartada neste estudo.

Alternativa 1 – Córrego Vala Grande e poços da COPASA

Atendimento da demanda: localizado na margem oposta do rio Doce, o córrego Vala Grande possui uma vazão outorgável sem regularização estimada de 68,06 L/s, o dobro da vazão complementar de 34 L/s requerida.

A diferença entre a disponibilidade e a demanda é de 100%, o que significa que as incertezas (por exemplo captações irregulares a montante) devem ser muito altas para que este manancial não seja capaz de atender à demanda. Para contornar tal cenário é possível utilizar-se da solução com barramento, elevando a disponibilidade estimada. No cenário com regularização, a vazão outorgável é de 398,42 L/s, sendo aproximadamente doze vezes maior que vazão complementar requerida.

Adução: o local sugerido para captação encontra-se aproximadamente 55 m mais baixo que a ETA, sendo necessária a construção de elevatória e uma adutora sob pressão para vencimento do desnível. O traçado sugerido tem comprimento de 4,7 km, onde 2,5 km correspondem a trecho a ser construído sob vias urbanas e 0,3 km à travessia aérea suportada pela Ponte Velha. Inicia-se seguindo a rodovia BR-259, depois passando pela localidade de Antônio Mattos até a malha urbana de Resplendor

localizada na margem esquerda do rio Doce, cruzando o rio pela Ponte Velha, seguindo sentido norte até a captação no rio Doce e posteriormente até a ETA.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a equipe da Renova fez inspeções locais (abril de 2017) e verificou que é possível que existam retiradas ilegais a montante do local analisado. A bacia de contribuição é rural e majoritariamente ocupada por pastagem ou culturas de pequeno porte. Existem pequenas glebas de vegetação de floresta nos topos de morro e quase não se observa vegetação ripária de grande porte. Pouca ocupação humana é observada, mas deve-se destacar algumas chácaras próximas ao ponto de captação sugerido (trecho de até 1,0 km a montante), inclusive com pequenos barramentos no córrego, os quais promovem certa regularização da vazão (fenômeno benéfico ao propósito da captação). Contudo, estas estruturas podem reduzir a quantidade de água disponível para jusante por propiciarem o aumento das perdas pela evaporação e pelo possível uso. Destaca-se também a presença de vários pequenos reservatórios e açudes rurais. Além disso, foram identificados uma propriedade, aparentemente de uso industrial, próxima ao córrego, aproximadamente 6,5 km a montante do ponto de captação sugerido, e o povoado de Horácio. Feições erosivas no baixo trecho podem contribuir com o assoreamento local.

Requerimentos: no processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, cinco travessias em corpos d'água, incluindo o rio Doce, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação, adução e das travessias. Para fins de estimativa de custos será considerada também intervenção em APP ao longo do trecho na margem esquerda do rio Doce ao sul da malha urbana. Para a construção do trecho urbano de 2,5 km da adutora deverá ser verificada a legislação municipal para obras em vias públicas.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,1 km (distância entre a propriedade rural e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante, prolongamento da rede elétrica de 0,1 km, construção da adutora de 4,7 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo desta alternativa em R$ 3. 974.000,00. Adicionalmente, foi também calculado o custo caso se opte pela construção de reservatório de acumulação. Neste caso, estima-se um investimento total de R$ 5.882.000,00. Destaca-se que o custo de construção de um barramento é altamente influenciado pelo seu porte, técnica construtiva, relevo e geologia local, de modo que na fase de projeto básico e executivo a estimativa de investimentos pode sofrer mudanças substanciais. Destaca-se que a redução de investimentos, caso se opte por ligar a adutora à estação elevatória existente, é da ordem de R$ 250.000,00, devido à utilização de sistema de bombeamento de menor porte e redução do traçado da adutora em 0,3 km.

Alternativa 2 – Córrego do Cascalho e poços da COPASA

Atendimento da demanda: o córrego do Cascalho é afluente da margem direita do rio Doce e se localiza ao sul de Resplendor. Sua área de drenagem é de 12,11 km², no ponto de captação considerado. Com esta área de drenagem não é possível atender à demanda de 34 L/s sem regularização. Com

regularização, a vazão outorgável do manancial é de 86,97 L/s, aproximadamente duas vezes e meia a vazão complementar requerida.

Adução: o desnível entre o ponto de captação sugerido e a ETA é de aproximadamente 53 m, devendo ser construída estação elevatória e uma adutora sob pressão. Dos 3,4 km do traçado sugerido para adutora, aproximadamente 2,2 km estão dentro da malha urbana. Não há nenhuma travessia em corpo hídrico ou estradas.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: sua bacia hidrográfica é predominantemente rural, apresentando em sua maioria pastagens ou culturas de pequeno porte. Observa-se a presença de remanescente florestal, principalmente nas regiões de cabeceiras e em um trecho do médio curso ao longo da calha do rio. No baixo trecho, são observados locais de solo desnudo com características de processos erosivos de pequeno porte e algumas voçorocas, apontando para risco de assoreamento do manancial. Poucas propriedades rurais ou de lazer (todas de pequeno porte) são observadas ao longo do córrego, porém não há ocupação humana significativa.

Requerimentos: no processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto a SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para barramento com regularização em corpo superficial, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução. Para a construção do trecho urbano de 2,2 km da adutora deverá ser verificada a legislação municipal para obras em vias públicas.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 1,1 km. Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante, o prolongamento da rede elétrica de 1,1 km, construção da adutora de 3,4 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo desta alternativa em R$ 2.944.000,00. Ao adicionar o barramento, estima-se um investimento total de R$ 5.074.000,00. Destaca-se que o custo de construção de um barramento é altamente influenciado pelo seu porte, técnica construtiva, relevo e geologia local, de modo que na fase de projeto básico e executivo a estimativa de investimentos pode sofrer alterações importantes. A redução de investimentos, caso se opte por ligar a adutora à estação elevatória existente, é da ordem de R$ 250.000,00, devido à utilização de sistema de bombeamento de menor porte e redução do traçado da adutora em 0,3 km.

Alternativa 3 – Córrego Vala Grande, córrego do Cascalho e poços da COPASA

Atendimento da demanda: esta alternativa prevê o uso conjunto de três mananciais para promover maior segurança hídrica à localidade. Considerando a vazão fornecida pelos poços existentes, a vazão complementar de 34 L/s será atendida pela soma das vazões outorgáveis dos dois mananciais superficiais sem regularização de vazão, correspondendo a 81,75 L/s, aproximadamente 2,4 vezes a vazão complementar requerida.

Adução: para o aproveitamento conjunto destes mananciais, sugere-se um traçado diferente para a adutora do córrego Vala Grande, onde a travessia do rio Doce é realizada pela ponte da Rodovia BR-259, seguindo depois rumo norte, cruzando com o córrego do Cascalho, a partir de onde as águas dos

dois mananciais possam ser aduzidas em conjunto por uma só adutora até a ETA, seguindo o mesmo traçado sugerido na alternativa 2. O comprimento total para este traçado de adução é de 6,3 km.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: ambas bacias apresentam condições regulares com processos erosivos, sendo destacada, na bacia do Vala Grande, a presença de potenciais poluidores. Para maiores informações vide as alternativas 1 e 2.

Requerimentos: no processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de duas outorgas para captação em curso d'água e para dois barramentos sem regularização em corpo superficial, seis travessias em corpos d'água, incluindo o rio Doce, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação, adução e das travessias. Para fins de estimativa de custos, será considerada também intervenção em APP ao longo do trecho na margem esquerda do rio Doce ao sul da malha urbana. Para a construção do trecho urbano da adutora, deverá ser verificada a legislação municipal para obras em vias públicas.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estações de monitoramento fluviométrico em ambos mananciais.

É prevista a necessidade de adequação da rede elétrica com prolongamento total de até 1,2 km (em ambos os pontos de captação).

Estimativa de custos: estima-se que a implementação das alternativas em conjunto, sendo considerados todos os aspectos já destacados, as duas captações por sistema de bombeamento flutuante, o prolongamento da rede elétrica de 1,2 km, a construção da adutora de 6,3 km, a assessoria nos procedimentos de licenciamento, a instalação de estação fluviométrica e os testes de qualidade de água, seja de R$ 5.566.000,00.

Alternativa 4 – Córrego Santana e poços da COPASA

Atendimento da demanda: o córrego do Santana é afluente da margem direita do rio Doce e é o manancial mais próximo da cidade, localizado aproximadamente 1,0 km ao norte. No ponto de captação sugerido, a área de drenagem é igual a 13,52 km². Considerando o uso dos poços da COPASA, é necessária a construção de um reservatório para atendimento da vazão complementar. Considerando a regularização de vazão, a vazão outorgável é de 96,86 L/s, aproximadamente 2,8 vezes a vazão complementar requerida. Como uma das medidas emergenciais para retomada do abastecimento da localidade, foi adaptada uma estrutura para captação neste manancial. Uma barragem provisória de sacos de areia para elevação e manutenção do nível d'água foi construída, além de uma adutora que liga o manancial à estação elevatória localizada junto ao rio Doce, de onde segue para a ETA por meio do sistema de bombeamento já existente.

Adução: a utilização deste manancial requer a substituição completa da estrutura provisória de barramento, mas acredita-se na possibilidade de reaproveitamento da adutora, sendo somente necessário realizar ajustes nas proximidades do manancial para adequação a nova estrutura de captação. Para fins de estimativa de custo, será considerada a remoção, adequação e construção de 50 metros da adutora. Neste caso, considera-se a adução até a elevatória existente por gravidade.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: não são observados aglomerados populacionais ou outros usos que indiquem potenciais fontes poluidoras ao longo do córrego. Sua bacia de drenagem é predominantemente rural, com pastagens e cultivos de pequeno porte, com remanescentes florestais nas regiões de cabeceiras. Vegetação de maior porte, mas de menor densidade ao longo de seu médio

e baixo curso. Existem feições erosivas, incluindo algumas poucas ravinas e/ou voçorocas, mas em menor quantidade que as bacias dos córregos Vala Grande e Cascalho. Como este manancial já vem sendo utilizado para abastecimento, acredita-se que a qualidade de suas águas já tenha sido comprovada por meio de análises e que seja compatível com o uso para abastecimento público. Para fins de orçamento, somente a instalação de estação de monitoramento fluviométrico foi considerada.

Requerimentos: no processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para barramento com regularização em corpo superficial, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução. Não é prevista a necessidade de adequação da rede elétrica.

Para fins de estimativa de custos, assume-se que testes de qualidade e potabilidade da água já devem ter sido realizados (o manancial vem sendo utilizado para abastecimento público). Deverá ser realizada a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação no barramento por bomba flutuante, reaproveitamento da adutora existente, assessoria nos procedimentos de licenciamento e instalação de estação fluviométrica, estima-se o custo em R$ 247.000,00. Ao adicionar o barramento, estima-se um investimento total de R$ 2.377.000,00. Destaca-se que o custo de construção de um barramento é altamente influenciado pelo seu porte, técnica construtiva, relevo e geologia local, de modo que, na fase de projeto básico e executivo, a estimativa de investimentos pode sofrer alterações substanciais.

Alternativa 5 – Córrego Barroso e poços da COPASA

Atendimento da demanda: é o segundo manancial mais próximo da cidade, localizado mais ao norte do córrego Santana, a aproximadamente 2,8 km da cidade de Resplendor. Sua área de drenagem é de 15,61 km², de tal forma que, para o atendimento da demanda de 34 L/s, é necessária a regularização de vazão. Considerando a construção de barragem de acumulação, a vazão outorgável deste manancial é de 111,47 L/s, aproximadamente 3,3 vezes a vazão complementar requerida. Como uma das medidas emergenciais para retomada do abastecimento da localidade, foi adaptada uma estrutura para captação neste manancial, RENOVA (2017b) aponta que foi construída uma adutora ligando este manancial até a adutora do córrego Santana e posteriormente a elevatório. A utilização deste manancial requer a substituição completa da estrutura provisória de barramento.

Adução: assim como no caso do córrego Santana, para utilização deste manancial deve ser feita a substituição completa da estrutura provisória de barramento, mas acredita-se na possibilidade de reaproveitamento da adutora, sendo somente necessário realizar ajustes nas proximidades do manancial para adequação a nova estrutura de captação. Para fins de estimativa de custo, será considerada a remoção, adequação e construção de 50 metros da adutora.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: assim como nas bacias dos córregos da margem direita do rio Doce na região de Resplendor, a ocupação é predominantemente de pastagens, com culturas agrícolas de pequeno porte e regiões de cabeceira com remanescentes florestais. Observam-se também processos erosivos no baixo curso, mas menos intensificados que no córrego do Cascalho. Observam-se ainda pequenos cultivos de espécies arbóreas. Não existem aglomerados populacionais na bacia, somente algumas propriedades rurais e de lazer ao longo do córrego.

Requerimentos: no processo de licenciamento desta captação haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para barramento com regularização em corpo superficial, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução.

Não é prevista a necessidade de adequação da rede elétrica. Para fins de estimativa de custos, assume-se que testes de qualidade e potabilidade da água já devem ter sido realizados (o manancial vem sendo utilizado para abastecimento público). Deverá ser realizada a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, uma captação no barramento por bomba flutuante, reaproveitamento da adutora existente, assessoria nos procedimentos de licenciamento e instalação de estação fluviométrica, estima-se o custo em R$ 247.000,00. Ao adicionar o barramento, estima-se um investimento total de R$ 2.409.000,00. Destaca-se que o custo de construção de um barramento é altamente influenciado pelo seu porte, técnica construtiva, relevo e geologia local, de modo que na fase de projeto básico e executivo a estimativa de investimentos pode sofrer mudanças substanciais.

Alternativa 6 – Córrego Barroso, córrego Santana e poços da COPASA

Atendimento da demanda: considerando a disposição geográfica favorável dos mananciais e eventuais dificuldades para sua implementação como, por exemplo, relevo desfavorável, a construção de reservatório, possibilidade de existência de captações irregulares, dentre outras incertezas, a alternativa aqui analisada prevê o uso em conjunto dos três mananciais, visando promover maior segurança hídrica à localidade. Em conjunto, os mananciais superficiais do córrego Santana e do Barroso, considerando estrutura de reservação, são capazes de fornecer vazão outorgável de 208,33 L/s, mais de 6 vezes à demanda complementar requerida.

Adução: como apresentado na descrição do arranjo para captação do córrego do Barroso, o traçado da adutora passará necessariamente pelo córrego Santana. Acredita-se no reaproveitamento das adutoras existentes, sendo necessário somente ajustes nas proximidades do manancial para adequação à nova estrutura de captação.

Requerimentos: no processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto a SEMAD, de duas outorgas para captação em curso d'água e para dois barramentos com regularização em corpo superficial, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução. Não é prevista a necessidade de adequação da rede elétrica.

Para fins de estimativa de custos, assume-se que testes de qualidade e potabilidade da água já devem ter sido realizados (os mananciais vêm sendo utilizados para abastecimento público). Deverá ser realizada a instalação de estações de monitoramento fluviométrico em ambos mananciais.

Estimativa de custos: para fins de estimativa de custo, será considerada a remoção, adequação e construção das estruturas de barramentos, duas captações por sistema de bombeamento flutuante, adequação das adutoras, assessoria nos procedimentos de licenciamento e instalação de estação fluviométrica. Estima-se que a implementação das alternativas em conjunto seja de R$ 4.786.000,00.

Alternativa 7 – Rio Eme

Atendimento da demanda: é o manancial de maior porte localizado próximo à cidade. Diferente das outras alternativas analisadas, este manancial apresenta disponibilidade hídrica suficiente para

atendimento da localidade sem a necessidade de construção de reservatórios ou do uso em conjunto com os poços da COPASA. Com uma área de drenagem de 905,20 km², sua vazão outorgável é estimada em 1.162,66 L/s, o que equivale a aproximadamente 20 vezes a demanda total da localidade.

Adução: apesar do desnível relativamente pequeno a ser vencido, a adutora passará por trechos de menor e maior elevação e estará sujeita a cargas maiores. O comprimento do traçado da adutora sugerida é de 19,3 km, apresentará 4 travessias em corpos d'água, incluindo a travessia do rio Doce suportada pela Ponte Velha.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: sua bacia de contribuição também é majoritariamente rural. Contudo, é observada maior presença de remanescentes florestais. Dentre as bacias avaliadas para Resplendor, a bacia do rio Eme é a que apresenta melhor estado de conservação. Nas proximidades do local de captação, existem somente dois aglomerados populacionais, o EME e o Independência, ambos a aproximadamente 11,00 km a montante.

Requerimentos: no processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto a SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e de barramento sem regularização em corpo superficial, quatro travessias em corpos d'água, incluindo o rio Doce, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação, adução e das travessias. Para a construção do trecho urbano da adutora, deverá ser verificada a legislação municipal para obras em vias públicas.

É prevista a necessidade de adequação da rede elétrica com prolongamento de até 1,0 km (distância entre a ETA e propriedade rural). Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estações de monitoramento fluviométrico em ambos mananciais.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação por bombas flutuantes, construção de soleira de enrocamento, construção de 19,3 km de adutoras, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, adequação e prolongamento de rede elétrica, estima-se que o investimento para esta alternativa seja de R$ 15.784.000,00. Destaca-se que a redução de investimentos, caso opte-se por ligar a adutora à estação elevatória existente, é da ordem de R$ 250.000,00. Apesar do desnível favorável, é prevista estrutura de bombeamento devido ao relevo local. Considera-se, também, redução do traçado da adutora em 0,3 km.

A Tabela 106 apresenta, em resumo, as características de cada manancial avaliado, bem como uma estimativa de custo de implementação segundo os critérios anteriormente expostos.

Considerações finais

A análise das demais alternativas foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo.

Das alternativas analisadas, as alternativas 4 e 5 são aquelas que se mostram mais atraentes. Correspondem ao uso do córrego Santana em conjunto com os poços da COPASA e do córrego Barroso em conjunto com os poços da COPASA. Os custos estimados são quase idênticos, pois já foi implementada infraestrutura de adução nos dois mananciais, sendo o custo estimado baseado praticamente somente no barramento. Possuem o menor custo estimado entre as demais alternativas, devido a sua proximidade com a localidade e possibilidade de aproveitamento da adutora construída como medida emergencial. Destaca-se ainda, que suas bacias hidrográficas apresentam as melhores condições de conservação em relação aos demais mananciais avaliados.

Depois das alternativas 4 e 5 a alternativa 6 é a segunda mais atraente. Além de apresentar o segundo menor custo e condições boas de conservação das bacias, já possui grande parte da infraestrutura instalada (adutoras existentes), sendo considerada de relativa rápida implantação.

Caso não se mostrem viáveis os usos das alternativas 4, 5 e 6, sugere-se, baseando-se no investimento requerido e na complexidade das obras, avaliar as demais alternativas na seguinte ordem: alternativa 2, 1, 3 e 7.

Os resultados obtidos devem ser revistos com dados locais para dirimir as incertezas associadas às estimativas. Caso seja verificado em campo que os mananciais apontados não são adequados, deve-se investigar as outras alternativas expostas na Tabela 104 e outros arranjos de uso conjunto de mananciais.

Tabela 106. Tabela resumo das características das alternativas – Resplendor - sede.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Cór. Vala Grande e poços da COPASA	4,7	5 travessias aéreas por pontes existentes	Regular; potenciais poluidores (povoado e indústria)	Completa com reservação	0,1 km em localidade rural	1 out. captação 1 out. barramento 6 interv. em APP 5 trav. curso d'água	5.882	5
2	Cór. do Cascalho e poços da COPASA	3,4	-	Regular a ruim; Voçorocas próximas à captação sugerida	Completa com reservação	1,1 km zona rural	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP	5.074	4
3	Cór. Vala Grande, cór. do Cascalho e poços da COPASA	6,3	6 travessias aéreas por pontes existentes	Regular a ruim, potenciais poluidores (povoado e indústria); voçorocas próximas à captação sugerida	2 captações completas sem reservação	1,2 km zona rural	2 out. captação 2 out. barramento 8 interv. em APP 6 trav. curso d'água	5.566	6
4	Cór. Santana e poços da COPASA	-	-	Regular. Processo erosivo próximo à captação	Completa com reservação	Não	1 out. captação 1 out. barramento 2 interv. em APP	2.377	1
5	Cór. Barroso e poços da COPASA	-	-	Regular. Processos erosivos próximos à captação	Completa com reservação	Não	1 out. captação 1 out. barramento 2 interv. em APP 1 trav. curso d'água	2.409	2
6	Cór. Barroso, cór. Santana e poços da COPASA	2,8	-	Regular. Processos erosivos próximos às captações	2 captações completas com reservação	Não	2 out. captação 2 out. barramento 2 interv. em APP	4.786	3
7	Rio Eme	19,3	1 enterrada (estrada de terra); 4 travessias em corpos d'água	Regular	Completa sem reservação	1,0 km na zona rural	1 out. captação 1 out. barramento 3 interv. em APP 4 trav. curso d'água	15.748	7

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

7.2.22 Santana do Paraíso – Ipaba do Paraíso

Caracterização

Localização: o município de Santana do Paraíso pertence ao estado de Minas Gerais e está situado na margem esquerda do rio Doce. Neste município, a única localidade que teve seu abastecimento afetado foi Ipaba do Paraíso. A localidade de Ipaba do Paraíso, também conhecida como Ipabinha, é afastada da sede urbana do município e localiza-se próxima ao município de Ipaba, conforme pode ser visto na Figura 106.

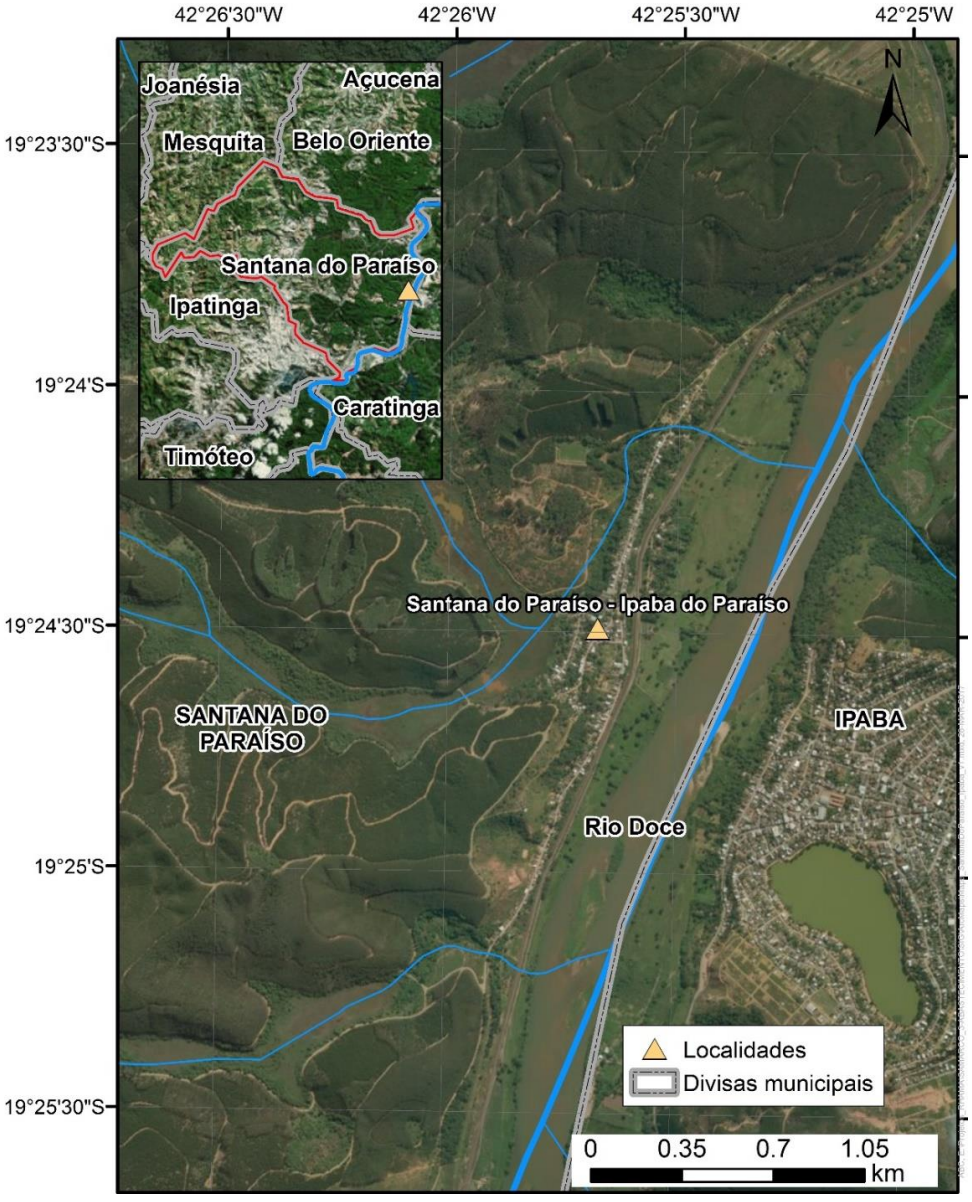


Figura 106. Caracterização do sistema de abastecimento e localização de Ipaba do Paraíso.

Sistema de abastecimento de água: o abastecimento local é operado pela Prefeitura Municipal de Santana do Paraíso. Todavia, existem poucas informações quanto ao sistema de abastecimento da localidade, sendo a única informação disponível de que as populações ribeirinhas que habitam a localidade eram abastecidas por poços e cisternas particulares. Do outro lado da linha férrea, paralela ao rio Doce, existe um poço operado pela COPASA que também abastece a população. O sistema de abastecimento não possui ETA.

Abastecimento emergencial: o abastecimento emergencial desta localidade estava sendo feito por meio de caminhões pipa.

Termo de Transação de Ajustamento de Conduta: para atendimento do TTAC foi definida a vazão de 1,2 L/s para atendimento.

Alternativas

O atendimento à vazão estabelecida no TTAC pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão especificado na lei, que é a vazão outorgável[67]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[68]. A Tabela 107 apresenta as áreas de drenagem necessárias para suprir a demanda de 1,2 L/s.

Tabela 107. Áreas de drenagem requeridas para o abastecimento de Ipaba do Paraíso.

Cenário	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, vazão outorgável	1,14
Sem regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	0,74
Com regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	0,15

A Figura 107 apresenta uma visão geral da hidrografia na região da localidade. Os mananciais superficiais nas proximidades da localidade são: córrego do Bueiro, córrego Entre-Folhas, córrego sem nome e um afluente do córrego Preto. Foram calculadas as áreas de drenagem das bacias hidrográficas de cada um dos mananciais citados. Uma breve descrição é apresentada a seguir. A Tabela 108 apresenta características dos mananciais que teriam capacidade de suprir a demanda da localidade.

A) **Córrego do Bueiro:** afluente direto do rio Doce, este manancial possui a maior bacia entre as alternativas analisadas, com cerca de 4,82 km². A vazão outorgável sem regularização deste manancial é igual a 5,3 L/s. Aparentemente, o córrego possui um barramento artificial

[67] A vazão outorgável corresponde à 50% da $Q_{7,10}$ para o estado de Minas Gerais.

[68] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

formando um pequeno reservatório. Considerando o cenário com regularização, a vazão outorgável é de 35,34 L/s.

B) **Córrego Entre-Folhas:** este manancial também é um afluente do rio Doce e encontra-se ao sul do centro urbano de Ipaba do Paraíso. Trata-se do manancial mais distante da localidade e, por essa razão, o ponto de captação sugerido foi determinado considerando a menor distância até o centro urbano, bem como a capacidade do manancial em atender à demanda da localidade. Assim, neste ponto, a área de drenagem da bacia é de 2,43 km² e a vazão outorgável sem regularização é de 2,62 L/s, possuindo capacidade suficiente para abastecer a localidade.

C) **Córrego sem nome:** corresponde à alternativa mais próxima da localidade de Ipaba do Paraíso. Afluente direto do rio Doce, este córrego, juntamente com o único afluente situado entre o ponto de captação sugerido e o rio doce, formam uma área alagada a montante da localidade. A área de drenagem considerando o ponto de saída deste represamento das águas é de 5,31 km², suficiente para atender à demanda da localidade. Considerando a formação local, assume-se que este manancial já possui regularização de vazão, sendo a vazão outorgável para este cenário igual à 5,87 L/s.

D) **Afluente do Córrego Preto:** este manancial está situado a noroeste da localidade de Ipaba do Paraíso. Possui uma das maiores bacias entre as alternativas analisadas com 3,37 km². A vazão outorgável no manancial sem considerar regularização de vazão é de 3,6 L/s, o que corresponde a três vezes o necessário para abastecer a localidade.

Tabela 108. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de Ipaba do Paraíso.

Alternativa	Manancial	Área de drenagem (km²)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Córrego do Bueiro	4,82	35,34	5,30	19,0
B	Córrego Entre-Folhas	2,43	18,09	2,62	-
C	Córrego sem nome	5,32	38,92	5,87	20,0
D	Afluente do Córrego Preto	3,37	24,91	3,67	-

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*

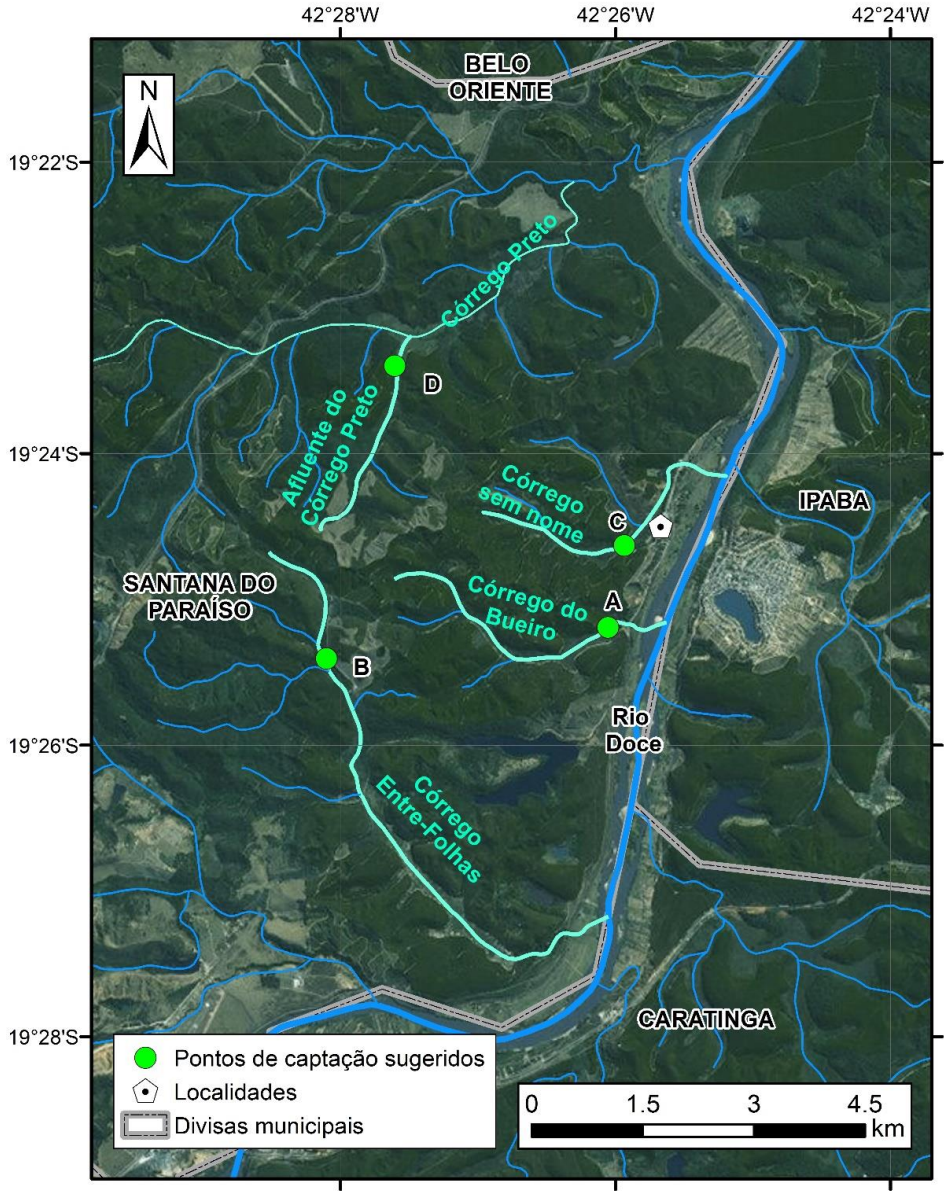


Figura 107. Hidrografia da região e possíveis mananciais para abastecimento da localidade de Ipaba do Paraíso.

Como mencionado anteriormente, Ipaba do Paraíso não possui uma ETA, contando apenas sistema de reservação e distribuição. Baseado no MDE fornecido pelo SRTM sugere-se um local para a ETA. O ponto selecionado está situado a 252 m de altura e é apresentado na Figura 108.

Para a análise comparativa dos mananciais, foram sugeridos traçados das adutoras de água bruta das captações até o local sugerido para a ETA. Serão apresentadas apenas as duas soluções mais próximas do centro urbano. São elas Córrego sem nome e Córrego do Bueiro. As distâncias aproximadas de cada trecho de adução de água bruta, até a ETA, são apresentadas na Tabela 109 e os pontos de captação e traçado das adutoras são apresentados na Figura 108.

Tabela 109. Extensões das adutoras sugeridas para o abastecimento de Ipaba do Paraíso.

Alternativa	Manancial	Comprimento da adutora (km)
C	Córrego sem nome	0,3
A	Córrego do Bueiro	1,2

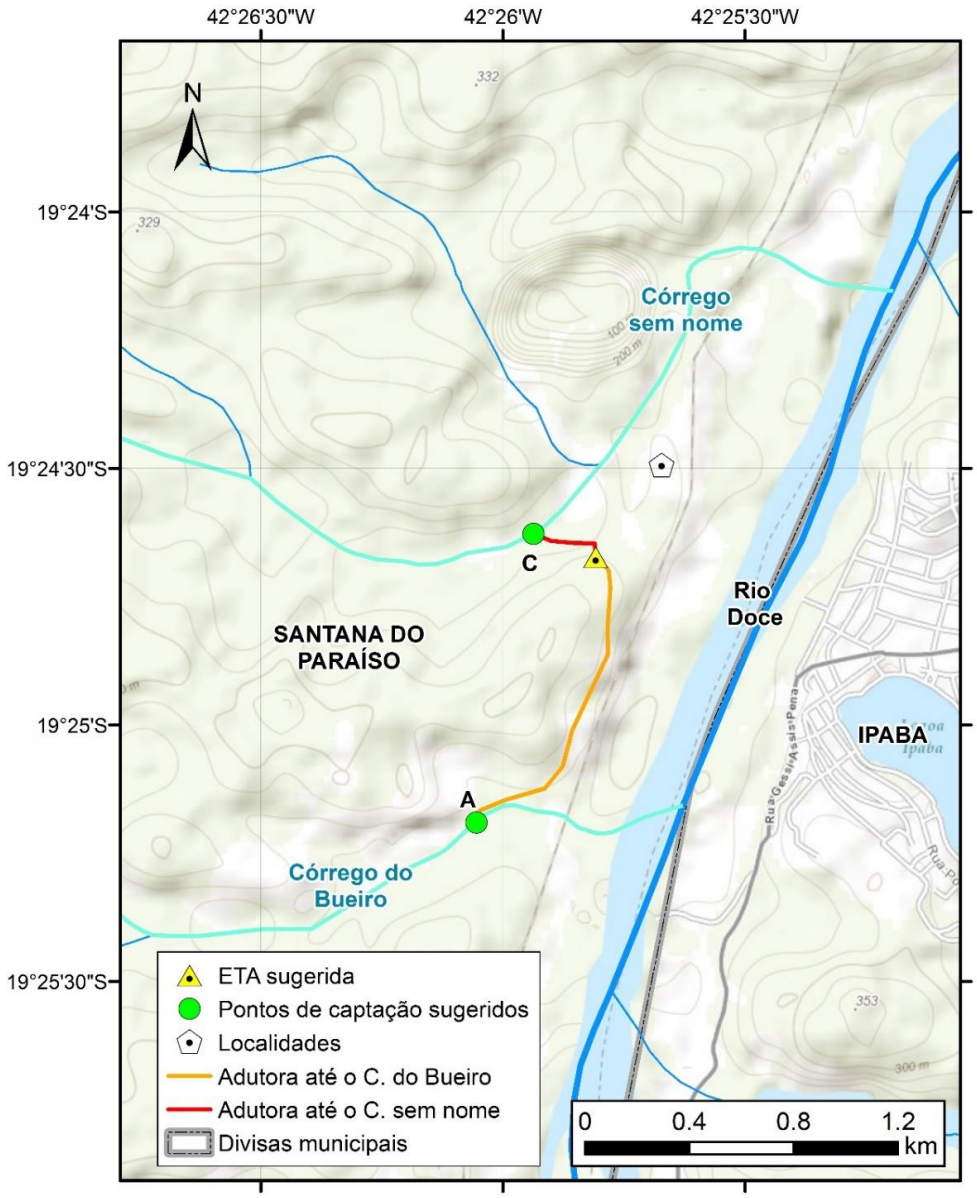


Figura 108. Traçado das adutoras que ligam o Córrego do Bueiro e o Córrego sem nome até a ETA sugerida.

Manancial subterrâneo: a demanda estabelecida como meta pelo TTAC é de 1,2 L/s (4,3 m³/h). Levando em conta a vazão média dos poços (3,61 L/s = 13 m³/h) na área do município, é necessário ao menos um poço tubular para suprir a demanda. Com base na estimativa regional, considerando uma probabilidade de 80% de sucesso de conseguir a vazão estabelecida pela meta (4,3 m³/h), seria necessário ao menos um poço tubular para abastecer a localidade de Ipaba do Paraíso.

Considerando a precipitação anual na área (posto de São Sebastião da Encruzilhada), e analisando um círculo com raio de 1,5 km, a recarga neste local é de 47 L/s (169,3 m³/h). Isto indica que as águas subterrâneas podem abastecer a localidade de Ipaba do Paraíso sem afetar as reservas permanentes.

Existem quatro poços mostrados no SIAGAS na localidade, que pertencem à COPASA. Estes poços têm vazões de 1,51 m³/h, 29,3 m³/h, 24,7 m³/h e 13,1 m³/h, suficientes para atender a demanda do distrito de Ipaba do Paraíso. Não se tem dados qualitativos das águas destes poços.

Avaliação das alternativas

Considerações básicas das alternativas: Para as alternativas destacadas anteriormente, foi realizado uma estimativa preliminar de custos e intervenções necessárias para sua implementação para fins de comparação. É apresentada a avaliação descritiva das alternativas de uso de manancial subterrâneo, córrego sem nome e córrego do Bueiro e um quadro comparativo quanto à comprimento de adutora, intervenções previstas, pontos críticos, infraestrutura e atividades requeridas.

Alternativa 1 – Poços profundos da COPASA

Atendimento da demanda: o levantamento na base de dados do SIAGAS aponta quatro poços da COPASA inseridos nas imediações da malha urbana da localidade. Destes, três possuem vazão suficiente para atendimento da demanda local, sendo observadas vazões de 8,14 L/s, 6,87 L/s e 3,66 L/s. Sugere-se que, baseado nas condições de qualidade das águas e distância da ETA a ser construída, seja escolhido um destes poços para uso como manancial alternativo ou, ainda, que este seja adotado como manancial principal e seja desativada a captação no rio Doce. Ressalta-se que em geral o tratamento de águas subterrâneas requerer um sistema de tratamento de água mais simples e menos oneroso que para tratamento de mananciais superficiais. Destaca-se, contudo, que a avaliação dos investimentos na construção de uma ETA não é objeto de análise do presente estudo.

Adução: considerando que será construída uma ETA no local e, dado que os poços já se encontram perfurados, sugere-se que a ETA seja construída em local próximo ao poço a ser adotado de maneira a reduzir o comprimento da adutora. Para fins comparativos, será adotado um comprimento máximo a ser construído de 0,3 km de adutora.

Requerimentos: os poços já se encontram regularizados junto ao estado de Minas Gerais. Não é prevista construção de rede elétrica até o local, somente verificação e, se necessário, adequação da rede elétrica existente. Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados em cada poço.

Estimativa de custos: analisando os aspectos apresentados, considerando testes de qualidade de água em três poços, a construção de uma adutora de comprimento de 0,3 km e custos com manutenção dos equipamentos (painel elétrico, bombas, etc.), estima-se o custo desta alternativa em R$ 81.000,00.

Alternativa 2 – Córrego sem Nome

Atendimento da demanda: considerando o local sugerido para ETA, localizado na parte alta da cidade para viabilizar a distribuição por gravidade, este é o manancial superficial mais próximo. Considerando que este manancial forma uma lagoa, alimentada também por um outro afluente, sua vazão outorgável considerando regularização de vazão é estimada em 5,87 L/s, equivalente a quase 4,9 vezes a demanda local. Não será necessária a construção de barragem ou de estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo, somente a instalação de sistema flutuante para bombeamento. Nessa alternativa, por se tratar de manancial superficial, é necessária a implantação de uma ETA, provavelmente de ciclo completo. Destaca-se que a avaliação dos investimentos na construção de uma ETA não é objeto de análise do presente estudo.

Adução: o desnível a ser vencido é de aproximadamente 20 metros e o traçado sugerido possui 0,2 km, passando por zona rural, sendo necessária a travessia de uma estrada de terra.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente composta de atividade agrícola intensa, provavelmente plantio de eucalipto. A vegetação ciliar é presente ao longo de todo o manancial. A lagoa formada pelos mananciais apresenta grande presença de macrófitas, indicando possível eutrofização do manancial. Não são observados processos erosivos. Existem propriedades próximas à lagoa, sendo estas uma possível fonte de contaminação.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água, bem como intervenção na APP da lagoa para construção da infraestrutura de captação e adução.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados. É previsto monitoramento fluviométrico nos dois córregos principais afluentes a lagoa e monitoramento de nível da lagoa, além de construção de estrutura de vertedouro no exutório da lagoa para monitoramento das vazões efluentes.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,1 km (distância entre malha urbana e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante, o prolongamento da rede elétrica de 0,1 km, construção de adutora de 0,2 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estações de monitoramento fluviométrico e testes de qualidade de água, estima-se o custo desta alternativa em R$ 255.000,00.

Alternativa 3 – Córrego do Bueiro

Atendimento da demanda: o córrego do Bueiro está a leste da localidade. Será considerada captação por bomba flutuante no reservatório existente, eliminando a necessidade de construção de barramento ou soleira para elevação de nível d'água. Considerando que o reservatório é capaz de regularizar a vazão, o manancial apresenta vazão outorgável de 35,34 L/s, mais de 29 vezes a demanda local. Nessa alternativa, por se tratar de manancial superficial, é necessária a implantação de uma ETA, provavelmente de ciclo completo. Destaca-se que a avaliação dos investimentos na construção de uma ETA não é objeto de análise do presente estudo.

Adução: o desnível a ser vencido é de aproximadamente 19 metros e o traçado sugerido possui 1,2 km, passando por zona rural.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente composta de atividade agrícola intensa, provavelmente plantio de eucalipto. Portanto, é necessário verificar a qualidade da água no manancial antes de adota-lo como solução ao problema de abastecimento na localidade.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água, bem como intervenção na APP da lagoa para construção da infraestrutura de captação e adução.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,4 km (distância entre malha urbana e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação. Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico e de monitoramento de nível do reservatório.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante, o prolongamento da rede elétrica em 0,4 km, construção de adutora de 1,2 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica, de monitoramento de nível do reservatório e testes de qualidade de água, estima-se o custo desta alternativa em R$ 248.000,00.

A Tabela 110 apresenta em resumo as características de cada manancial avaliado, bem como uma estimativa de custos de implementação segundo os critérios anteriormente expostos.

Considerações finais

A análise das demais alternativas foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo.

Dentre as alternativas analisadas, a alternativa 1, uso de poço profundo existente, se mostra como a alternativa potencialmente mais vantajosa, pois apresenta o menor custo e tempo de implantação. Esperam-se somente gastos com testes de qualidade e potabilidade da água e eventual manutenção de rede elétrica e dos sistemas de bombeamento. Aconselha-se que seja dado prosseguimento com a avaliação da qualidade das águas e utilização deste parâmetro como critério de escolha de qual poço deverá ser utilizado.

Caso esta alternativa venha a se mostrar inviável, e considerando o custo estimado muito parecido entre as demais alternativas, é sugerido avaliar que a escolha seja feita baseada na qualidade da água.

Os resultados obtidos devem ser revistos com dados locais para dirimir as incertezas associadas às estimativas. Caso seja verificado em campo que os mananciais apontados não são adequados, deve-se investigar as outras alternativas expostas na Tabela 108 e outros arranjos de uso conjunto de mananciais.

Tabela 110. Tabela resumo das características das alternativas – Santana do Paraíso – Ipaba do Paraíso.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Poço profundo	-	-	-	Já existente	Não	1 out. poço	81	1
2	Córrego sem Nome	0,2	1 – Estrada de terra	Regular	Sistema de bomba flutuante	0,1 km próximo a malha urbana	1 out. captação 1 interv. em APP	255	3
3	Córrego do Bueiro	1,2	1 – Estrada de terra	Regular	Sistema de bomba flutuante	0,4 km em localidade rural	1 out. captação 1 interv. em APP	248	2

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

7.2.23 Tumiritinga – São Tomé do Rio Doce

Caracterização

Localização: o município de Tumiritinga pertence ao estado de Minas Gerais e está situado na margem direita do rio Doce. O sistema de abastecimento de água da sede municipal e do distrito de São Tomé do rio Doce fora afetados. Este item trata do caso do distrito de São Tomé do rio Doce.

Sistema de abastecimento de água: o sistema de abastecimento de água de São Tomé do Rio Doce é operado pela Prefeitura Municipal de Tumiritinga e atende à totalidade dos cerca de 120 habitantes que residem na localidade (ESSE, 2015). Em condições normais é captada água do rio Doce por 4 horas por dia é em média. A Figura 109 apresenta localização de São Tomé do Rio Doce e os componentes do sistema de abastecimento. O ponto de captação não é apresentado na figura porque não se conhece sua localização exata. A ETA da localidade, consiste em 2 caixas de fibra de vidro onde são despejados os produtos químicos e o tratamento é feito em batelada, operando com vazão de 5 L/s.

Abastecimento emergencial: a captação no rio Doce foi interrompida e o abastecimento emergencial estava sendo feito com o uso de caminhões pipa. Além disso, segundo o "Plano de Contingência do Período Chuvoso" (RENOVA, 2016b), foi perfurado um poço na localidade com vazão de 2,63 L/s, atendendo em plenitude à demanda do TTAC. Em março de 2017, foi comissionado um sistema de filtros para remoção de metais encontrados nas águas. De acordo com o relatório "Ações de melhoria dos sistemas de tratamento de água e das captações alternativas de abastecimento. Relatório mensal de abril de 2017" (RENOVA, 2017b) o sistema foi testado e as águas tratadas atendem ao padrão de potabilidade, porém, até março ainda não havia sido iniciada a operação, sendo que o abastecimento local continuava sendo feito por caminhões pipa.

Atendimento à demanda estabelecida: o Termo de Transação de Ajustamento de Conduta (TTAC) prevê o atendimento à uma vazão de 1,5 L/s. Dessa forma, foram identificados mananciais (superficiais e/ou subterrâneos) que supram essa vazão.

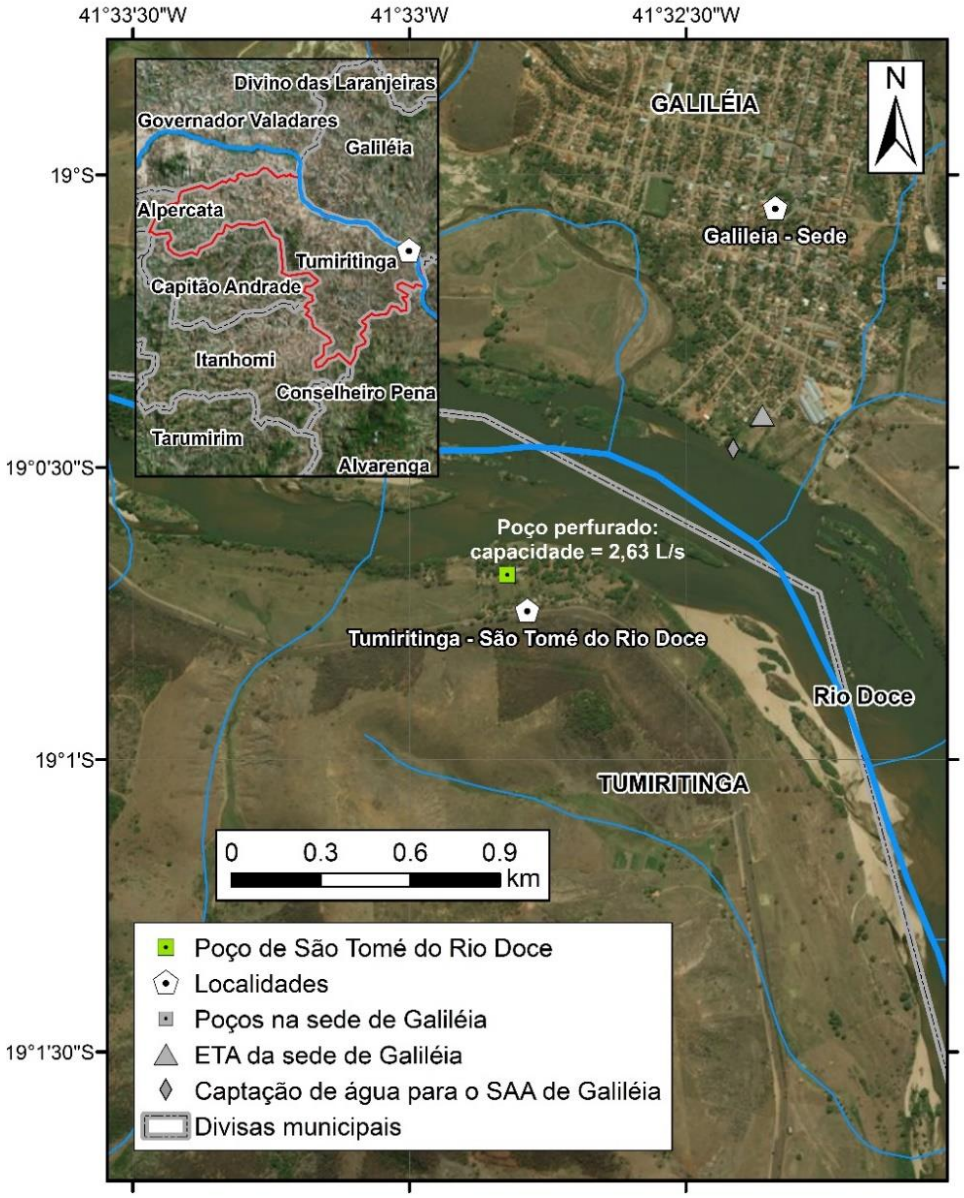


Figura 109. Caracterização do sistema de abastecimento e localização de São Tomé do Rio Doce.

Alternativas

O atendimento à vazão estabelecida no TTAC pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão

especificado na lei, que é a vazão outorgável[69]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[70]. Quanto aos mananciais superficiais, Tabela 111 apresenta as áreas de drenagem necessárias para suprir a demanda de 1,5 L/s.

Tabela 111. Áreas de drenagem requeridas para o abastecimento de São Tomé do Rio Doce.

Cenário	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, vazão outorgável	1,41
Sem regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	0,92
Com regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	0,19

A partir das informações apresentadas na Tabela 111, foram buscados mananciais que possuam bacias que atendam aos critérios para os cenários. A Figura 110 fornece uma visão geral da hidrografia na região próxima de São Tomé do Rio Doce. Analisando-se a hidrografia apresentada, verifica-se que os possíveis mananciais para o abastecimento da localidade são: córrego Pedra de Agosto, córrego Poço Dantas e um córrego sem nome. A seguir, é apresentada uma análise de cada uma das possibilidades e sua viabilidade conforme a demanda estipulada pelo TTAC. A Tabela 112 apresenta as características dos mananciais que teriam capacidade para suprir a demanda de abastecimento na localidade de São Tomé do Rio Doce.

A) **Córrego Pedra de Agosto:** afluente do rio Doce, este manancial encontra-se a oeste da localidade. Possui uma bacia com área de 7 km². Assim, este manancial possui capacidade para suprir a demanda da localidade em todos cenários apresentados na Tabela 111. No ponto de captação sugerido, o manancial possui vazão outorgável igual a 7,8 L/s. O ponto de captação sugerido foi alocado o mais longe possível do rio Doce, para que a qualidade da água não fosse influenciada por este último. Ao mesmo tempo, tentou-se encontrar um local que não ficasse tão distante da localidade e que facilitasse a construção de uma adutora até a ETA.

B) **Córrego Poço Dantas:** este manancial também é um afluente do rio Doce. Considerando o ponto de captação sugerido, como mostra a Figura 110, como exutório da bacia, a área obtida é de cerca 2,1 km². Ressalta-se que o ponto de captação sugerido e utilizado para a determinação da área da bacia foi escolhido a partir dos mesmos critérios utilizados na alternativa anterior. O manancial respeita os cenários citados, com uma vazão outorgável igual a 2,2 L/s.

C) **Córrego sem nome:** corresponde à alternativa mais distante da localidade de São Tomé do Rio Doce. Afluente do rio Doce, este córrego possui, no ponto de captação sugerido, uma bacia com área de 0,97 km², sendo passível de atendimento à demanda do TTAC apenas com regularização de vazões. A vazão outorgável no manancial é de 1,02 L/s, insuficiente para atender à totalidade da demanda individualmente. Para utilização deste manancial, é

[69] A vazão outorgável corresponde à 50% da $Q_{7,10}$ para o estado de Minas Gerais.

[70] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

necessário construir uma pequena barragem para regularização da vazão e reservação de água de forma que o ele passe a ter uma capacidade de 7,37 L/s.

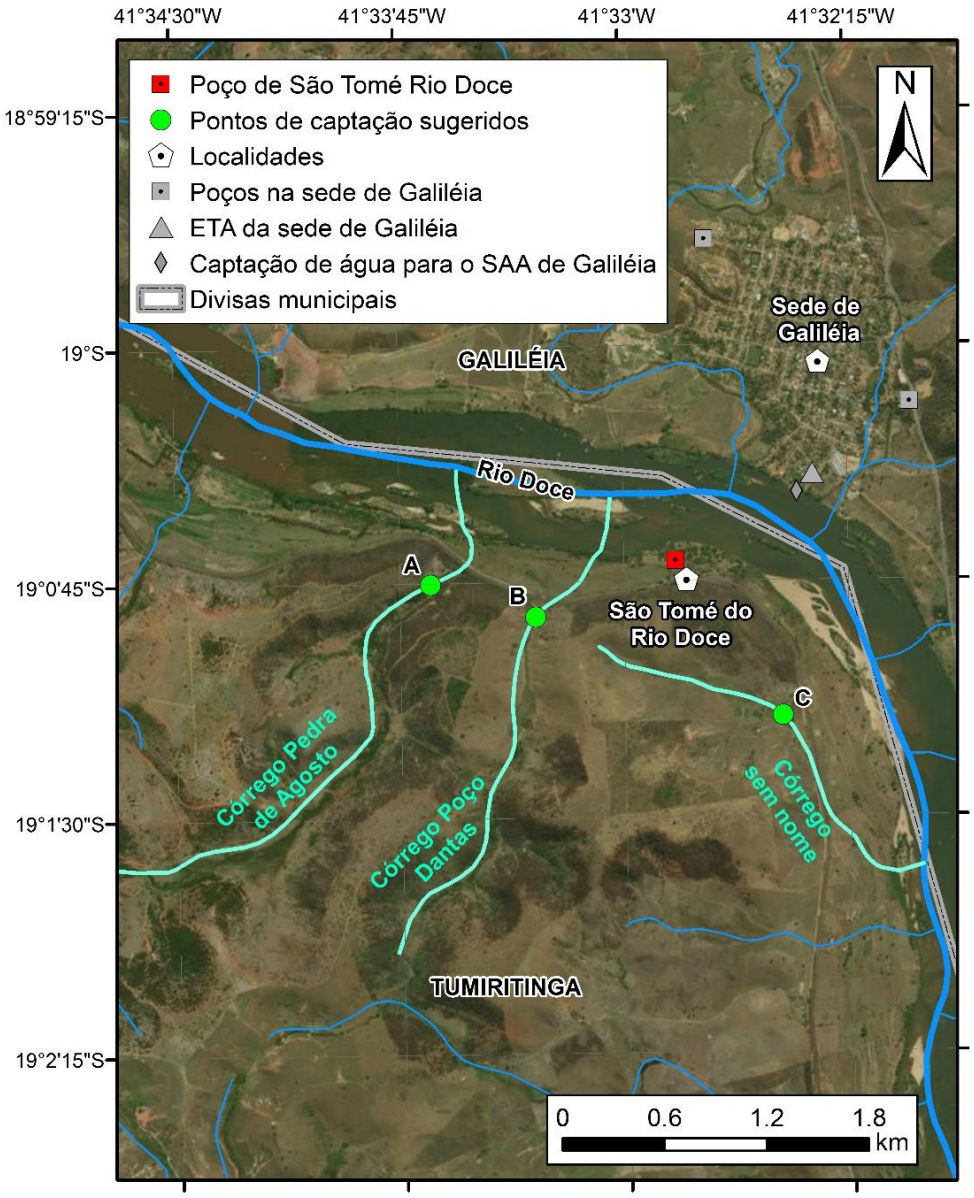


Figura 110. Hidrografia da região e possíveis mananciais para abastecimento da São Tomé do Rio Doce - Tumiritinga.

Tabela 112. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de São Tomé do Rio Doce.

Alternativa	Manancial	Área de drenagem (km²)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível[2] (m)
A	Córrego Pedra de Agosto	7,00	58,68	7,79	-5
B	Córrego Poço Dantas	2,06	17,60	2,21	-6
C	Córrego sem nome	0,97	7,37	1,02	-4

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*

Para a análise comparativa dos mananciais, foram sugeridos traçados das adutoras de água bruta das captações até o local sugerido para a ETA. Serão apresentadas apenas as duas soluções mais próximas do centro urbano, são elas o córrego Pedra de Agosto e o córrego Poço Dantas. A Figura 111 apresenta o traçado das adutoras e a Tabela 113 mostra a extensão de cada uma delas.

Tabela 113. Extensões das adutoras sugeridas para o abastecimento de São Tomé do Rio Doce.

Alternativa	Manancial	Comprimento da adutora (km)
A	Córrego Pedra de Agosto	1,6
B	Córrego Poço Dantas	1,1

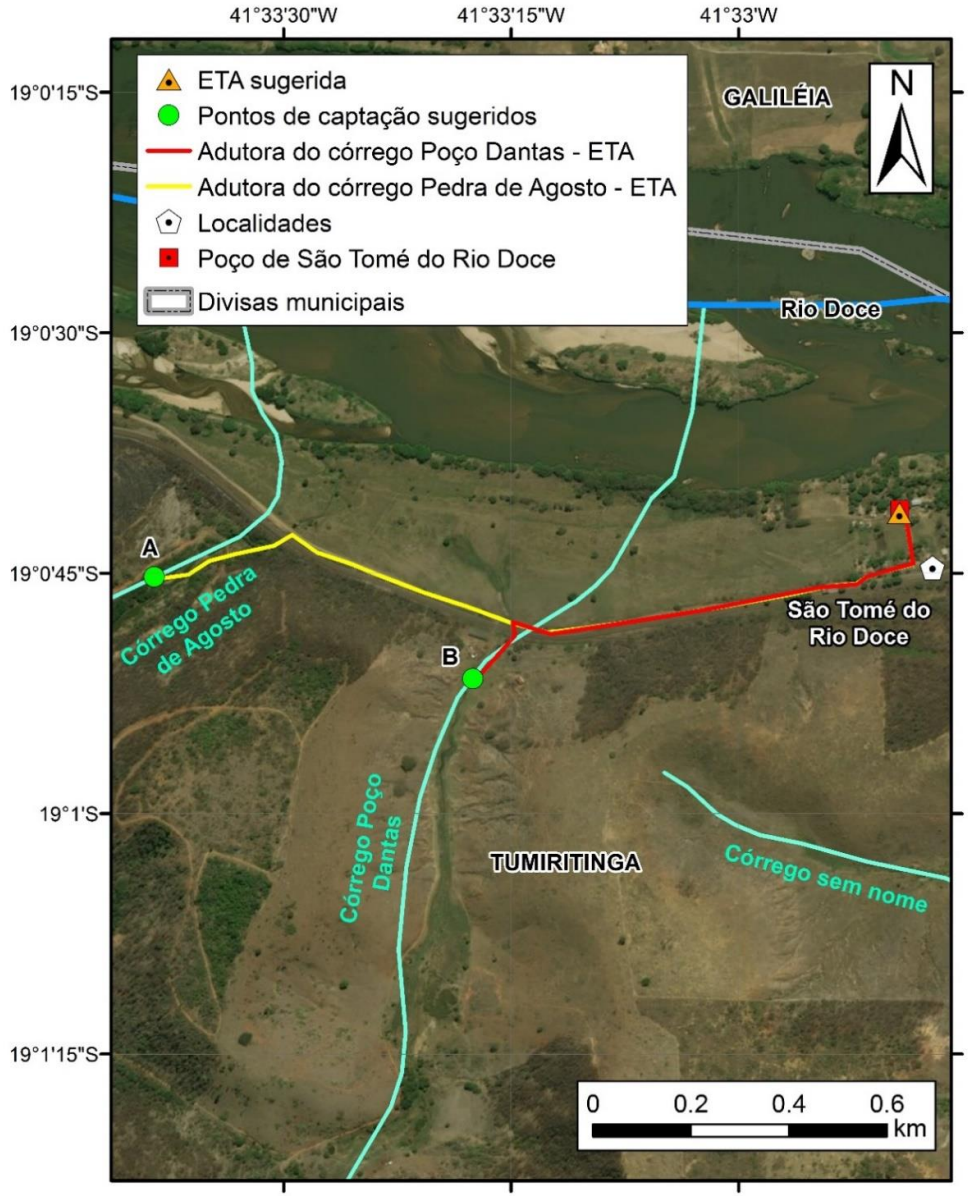


Figura 111. Traçado das adutoras que ligam o córrego Pedra de Agosto e o córrego Poço Dantas até o centro da localidade de São Tomé do Rio Doce.

Manancial Subterrâneo: para a localidade de São Tomé do Rio Doce, a demanda estabelecida como meta pelo TTAC é de 1,5 L/s (5,4 m³/h). Levando em conta a vazão média dos poços (8,44 L/s = 30,4 m³/h) na área do município de Tumiritinga, é necessário ao menos um poço tubular para suprir a demanda. A vazão média é muito alta considerando as rochas fraturadas. Isto se deve ao fato de que a análise foi realizada com apenas quatro poços. Sugere-se que sejam perfurados pelo menos três poços tubulares caso venham a ser utilizados poços para abastecimento. Com base na estimativa regional, considerando uma probabilidade de 80% de sucesso de conseguir a vazão estabelecida pela meta (20,5 m³/h), serão necessários ao menos dois poços tubulares para abastecer a localidade de São Tomé do Rio Doce.

Considerando a precipitação anual na área (posto de São Sebastião da Encruzilhada), e considerando um círculo com raio de 1,5 km, a recarga neste local é de 47 L/s (169,3 m³/h), mostrando que as águas subterrâneas podem abastecer o distrito de São Tomé do Rio Doce, sem afetar as reservas permanentes.

Existe um poço perfurado com vazão de suficiente para atendimento da demanda do TTAC. Considerando a presença de metais observada na água do poço, foi comissionado um sistema de filtros para tratamento. O sistema foi testado e as águas tratadas atendem ao padrão de potabilidade, porém, até março ainda não havia sido iniciada a operação (RENOVA, 2017b).

Avaliação das alternativas

Considerações básicas das alternativas: para as alternativas destacadas anteriormente, foi realizada uma estimativa preliminar de custos e intervenções necessárias para sua construção para fins de comparação. É apresentada a avaliação descritiva das alternativas de uso de manancial subterrâneo, córrego Pedra de Agosto e córrego Poço Dantas e um quadro comparativo quanto à comprimento de adutora, intervenções previstas, pontos críticos, infraestrutura e atividades requeridas.

Alternativa 1 – Poço profundo existente

Atendimento da demanda: como parte das ações emergenciais, foi perfurado um poço na localidade. Este poço possui vazão de 2,63 L/s, que é quase o dobro da demanda da localidade. Devido à presença de metais na água, foi necessária a instalação de sistema de tratamento compatível. De acordo com RENOVA (2017b), as obras de instalação e os testes de eficiência do sistema de tratamento foram concluídas em março de 2017. Segundo o mesmo documento, com data de abril de 2017, é relatado que o sistema, apesar de pronto, ainda não estava em operação, não sendo relatado o motivo.

Adução: o poço já se encontra conectado à ETA local. Não são previstas obras de adução adicionais as já executadas.

Requerimentos: como atividades do processo de licenciamento do poço é previsto somente o requerimento de outorga para poço tubular, junto à SEMAD.

O poço já se encontra perfurado e em condições de operação, não sendo prevista nenhuma aditividade adicional normalmente requerida para perfuração e regularização de novos poços.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados o único custo associado à implementação deste manancial é a assessoria no processo de requerimento de outorga, estimado em R$ 6.000,00.

Alternativa 2 – Córrego Poço Dantas

Atendimento da demanda: o manancial superficial mais próximo do local da ETA sugerida é o córrego Poço Dantas. Sua vazão outorgável sem regularização é estimada em 2,21 L/s, uma vez e meia a demanda local. Não será necessária a construção de reservatório para regularização. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo, soleira em concreto ou de enrocamento. Considerando a provável diferença na qualidade de água de mananciais e subterrâneos, é provável que seja necessária adequação da tecnologia de tratamento. Destaca-se que a avaliação dos investimentos na construção de uma ETA não é objeto de análise do presente estudo.

Adução: o ponto de captação sugerido indica desnível favorável, sendo possível adução por gravidade. O traçado sugerido possui 1,1 km, passando por zona rural. É necessária a travessia de uma ferrovia e de uma estrada rural, as quais sugere-se que sejam feitas nos cruzamentos com o próprio córrego pelo vão das pontes/galerias existentes.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente composta de pastagem, com pouca presença de mata ciliar. Não são observados aglomerados populacionais e atividades que possam indicar potencial contaminação ao manancial.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução. Normas específicas para autorização para travessia da linha férrea devem ser verificadas.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,1 km (distância entre a propriedade rural e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento da rede elétrica de 0,1 km, construção da adutora de 1,1 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo de implantação desta alternativa em R$ 208.000,00.

Alternativa 3 – Córrego Pedra de Agosto

Atendimento da demanda: o córrego Pedra de Agosto está a leste da localidade. Sua vazão outorgável sem regularização é estimada em 7,79 L/s, mais de cinco vezes a demanda local. Não será necessária a construção de reservatório para regularização. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo, soleira em concreto ou de enrocamento. Considerando a provável diferença na qualidade de água de mananciais e subterrâneos, é provável que seja necessária adequação da tecnologia de tratamento, sendo requerida, possivelmente, ETA de ciclo completo. Destaca-se que a avaliação dos investimentos na construção de uma ETA não é objeto de análise do presente estudo.

Adução: o ponto de captação sugerido indica desnível favorável, sendo possível adução por gravidade. O traçado sugerido possui 1,6 km, passando por zona rural. É necessária a travessia de uma ferrovia e de uma estrada rural, as quais sugere-se que sejam feitas nos cruzamentos com o próprio córrego pelo vão das pontes/galerias existentes. A adutora segue acompanhando o traçado da estrada e cruza o córrego Poço do Dantas, sugere-se travessia aérea suportada pela ponte/galeria existente.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação apresenta ocupação semelhante à do córrego do Poço do Dantas: é majoritariamente composta de pastagem, com pouca presença de mata ciliar. Não são observados aglomerados populacionais e atividades que possam indicar potencial contaminação ao manancial.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, travessia em corpo d'água, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação, adução e da travessia. Normas específicas para autorização para travessia da linha férrea devem ser verificadas.

Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,7 km (distância entre a propriedade rural e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, o prolongamento de 0,7 km da rede elétrica, construção de adutora de 1,6 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo de implantação desta alternativa em R$ 278.000,00.

A Tabela 114 apresenta em resumo as características de cada manancial avaliado, bem como uma estimativa de custo de implementação segundo os critérios anteriormente expostos.

Considerações finais

A análise das demais alternativas foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas na fase de projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas nas especificações técnicas a serem produzidas em etapa futura deste estudo.

Dentre as alternativas analisadas, a alternativa 1, uso de poço profundo, se mostra como a alternativa potencialmente mais vantajosa: apresenta o menor custo de implantação, poço já perfurado e em condições de operação, não sendo necessária construção de infraestrutura adicional, somente regularização do poço. Ressalta-se que informações de abril de 2017 (RENOVA, 2017b) apontam que o sistema não se encontrava em operação apesar de apresentar condições para tal. Caso esta situação ainda perdure, sugere-se que sejam feitos programas voltados para comunidade local para conscientização da eficiência do tratamento na promoção da potabilidade de águas subterrâneas e das vantagens do uso desta alternativa.

Caso esta alternativa venha a se tornar inviável, sugere-se, baseando-se no investimento requerido e na complexidade das obras, avaliar as demais alternativas na seguinte ordem: alternativa 2 e 3.

Os resultados obtidos devem ser revistos com dados locais para dirimir as incertezas associadas às estimativas. Caso seja verificado em campo que os mananciais apontados não são adequados, deve-se investigar as outras alternativas expostas na Tabela 112 e outros arranjos de uso conjunto de mananciais.

Tabela 114. Tabela resumo das características das alternativas -Tumiritinga - São Tomé do Rio Doce.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Poço profundo existente	-	-	-	Já existente	Não	1 out. poço	6	1
2	Córrego Poço Dantas	1,1	1-Ferrovia	Boa	Completa sem reservação	0,1 km em localidade rural	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP	208	2
3	Córrego Pedra de Agosto	1,6	1-Ferrovia 1-Córrego	Boa	Completa sem reservação	0,7 km em localidade rural	1 out. captação 1 out. barramento 1 interv. em APP 1 trav. de rio	278	3

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

7.2.24 Tumiritinga – Sede

Caracterização

Localização: o município de Tumiritinga pertence ao estado de Minas Gerais e está situado na margem direita do rio Doce e o abastecimento de água de sua sede foi afetado pelo evento. A Figura 112 apresenta a localização da sede de Tumiritinga.

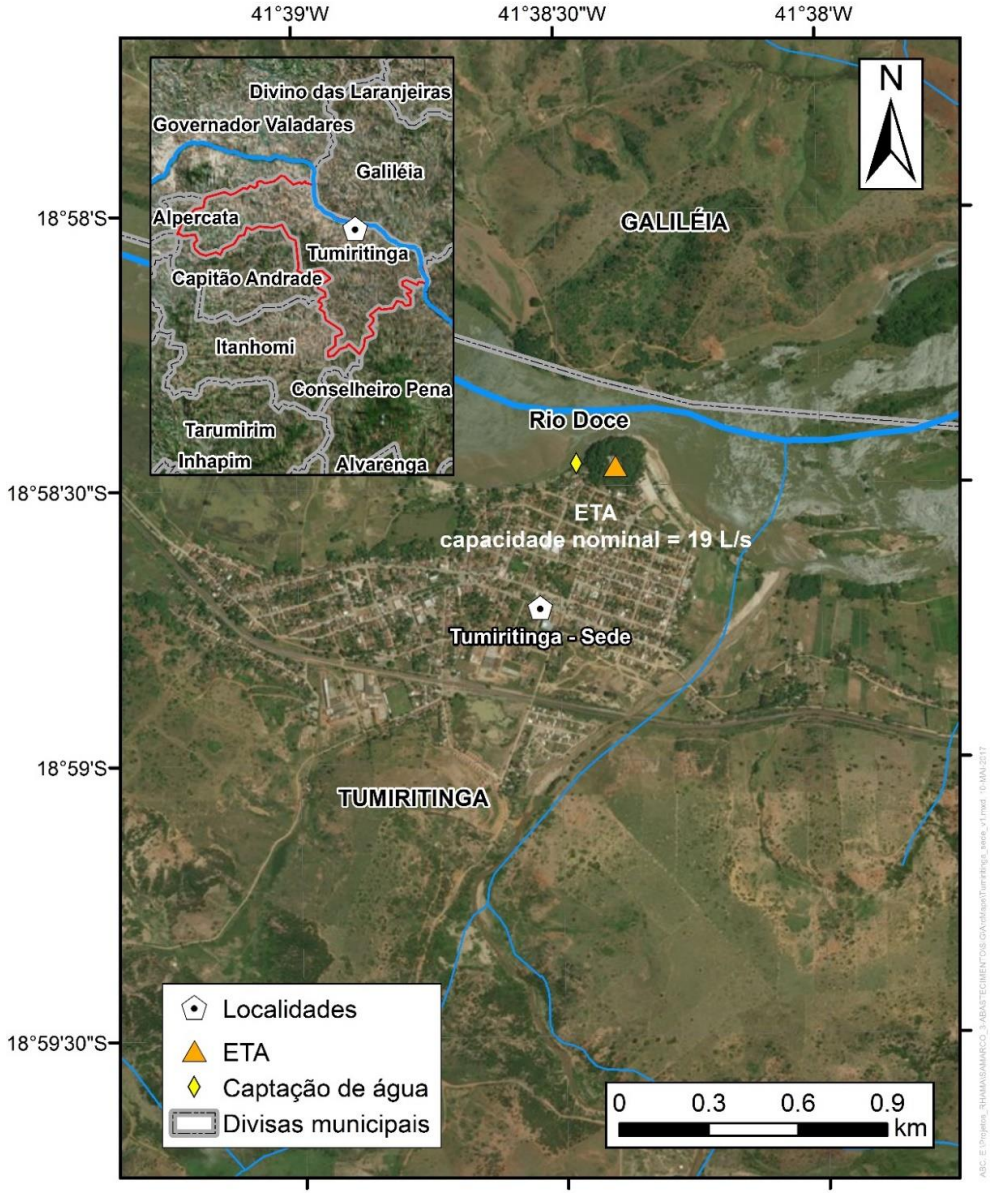


Figura 112. Caracterização do sistema de abastecimento e localização de sede de Tumiritinga.

Sistema de abastecimento de água: o sistema de abastecimento de água da sede municipal é operado pela COPASA e atende a 95% dos cerca de 6.600 habitantes que residem na localidade. Em condições normais, água do rio Doce é captada por sistema de bombeamento e conduzida até a ETA próxima. A Figura 112 apresenta a localização da sede de Tumiritinga e apresenta os componentes do SAA da localidade. A ETA da sede de Tumiritinga está situada na parte alta da localidade. A estação é convencional construída em concreto e possui capacidade nominal e vazão de trabalho de 19 L/s.

Abastecimento emergencial: o abastecimento emergencial foi feito a partir de um poço existente, pertencente à COPASA, que opera com 11 L/s e está localizado junto à ETA. A conexão deste poço à adutora de água bruta foi feita utilizando tubulação flexível que originalmente é conectada às bombas no rio Doce (ESSE, 2015). A captação das águas do rio Doce foi retomada posteriormente. O poço utilizado para abastecimento emergencial já atende à demanda do TTAC e encontra-se disponível para uso.

Atendimento à demanda estabelecida: o TTAC prevê o atendimento a uma vazão de 5,7 L/s, correspondente a 30% da demanda local.

Alternativas

O atendimento à vazão estabelecida no TTAC pode ser feito através de mananciais superficiais ou subterrâneos, empregando um único manancial ou utilizando em conjunto diferentes fontes. Os itens a seguir analisam diferentes alternativas para atendimento da demanda de abastecimento de água.

Manancial superficial: foram determinadas as áreas de drenagem necessárias para atendimento da demanda considerando os cenários com e sem regularização de vazão, utilizando-se das equações da Tabela 3 e Tabela 5. No cenário sem regularização, existem duas situações: (a) usar o limite padrão especificado na lei, que é a vazão outorgável[71]; ou (b) manter uma descarga, equivalente à vazão outorgável, a jusante do ponto de captação, considerando a exceção prevista em lei[72]. Quanto aos mananciais superficiais, a Tabela 115 apresenta as áreas de drenagem necessárias para suprir a demanda de 5,7 L/s.

Tabela 115. Áreas de drenagem requeridas para o abastecimento de sede de Tumiritinga.

Cenário	Área de drenagem necessária (km²)
Sem regularização, vazão outorgável	5,17
Sem regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	3,30
Com regularização, mantendo 50% da $Q_{7,10}$	0,75

Uma vez calculadas as áreas requeridas, identificou-se mananciais que possuem bacias que atendam aos critérios para os cenários definidos. A Figura 113 fornece uma visão geral da hidrografia na região próxima da sede de Tumiritinga. Os possíveis mananciais para o abastecimento da localidade são: córrego do Dezoito, córrego Limoeiro, córrego da Capivara, córrego Capivarinha e córrego Seco. A

[71] A vazão outorgável corresponde à 50% da $Q_{7,10}$ para o estado de Minas Gerais.

[72] Excepcionalmente, para o caso de abastecimento público, podem ser adotados valores superiores à vazão outorgável desde que seja mantido um fluxo residual mínimo correspondente a própria vazão outorgável.

seguir, é apresentada uma análise de cada uma das possibilidades e sua viabilidade conforme a demanda estipulada pelo TTAC. A Tabela 116 apresenta as características dos mananciais que teriam capacidade para suprir a demanda de abastecimento na localidade de sede de Tumiritinga.

A) **Córrego do Dezoito:** afluente do rio Doce, este manancial já havia sido sugerido pelo PMSB como alternativa ao abastecimento da localidade. Possui a menor bacia dentre as alternativas analisadas, com cerca de 4,6 km². A vazão outorgável neste manancial é de 5,05 L/s. Assim, este manancial não possui capacidade para suprir a demanda da localidade individualmente. Porém, o manancial pode ser utilizado para o abastecimento da sede de Tumiritinga no caso da construção de uma pequena barragem para reservação e regularização de vazão. Com a construção de uma barragem, este manancial passa a ter uma capacidade de 33,76 L/s.

B) **Córrego Limoeiro**: este manancial também é um afluente direto do rio Doce e encontra-se a oeste do centro urbano de sede de Tumiritinga. Considerando o ponto de captação sugerido área obtida é de cerca 20 km². O manancial possui vazão outorgável sem considerar regularização de vazão estimada em 22,9 L/s.

C) **Córrego da Capivara:** corresponde à alternativa mais próxima da sede de Tumiritinga. Afluente do rio Doce, este córrego possui a maior bacia entre as alternativas analisadas, com área de 63,83 km² no ponto considerado. Assim, o manancial tem capacidade para atender ambos os cenários apresentados na Tabela 115 com folga considerável. A vazão outorgável sem considerar regularização de vazão deste manancial é igual a 75,8 L/s, suficiente para atender à demanda de 5,3 L/s da localidade. Devido a sua proximidade do centro urbano da localidade, optou-se por um ponto mais a montante para que a qualidade da água não fosse prejudicada por eventuais usos do manancial. Mesmo assim, por se tratar de um manancial muito extenso, há diversos afluentes que podem contribuir negativamente para a qualidade das águas do córrego da Capivara.

D) **Córrego Capivarinha:** também citado pelo PMSB como alternativa ao abastecimento, este manancial é um afluente do córrego da Capivara. Possui uma bacia com área de 11,1 km², suficiente para abastecer a localidade. A vazão outorgável sem regularização de vazão do manancial é de 12,5 L/s, o que corresponde a cerca de 2 vezes mais do que o necessário para abastecer a localidade.

E) **Córrego Seco:** assim como o córrego da Capivarinha, o Córrego Seco é um afluente do Córrego da Capivara e foi citado pelo PMSB como alternativa ao abastecimento da localidade. Com uma bacia de 5,3 km², atende aos cenários citados anteriormente e, portanto, pode ser utilizado para o abastecimento da Sede de Tumiritinga. A vazão outorgável sem regularização de vazão do manancial é estimada em 5,8 L/s.

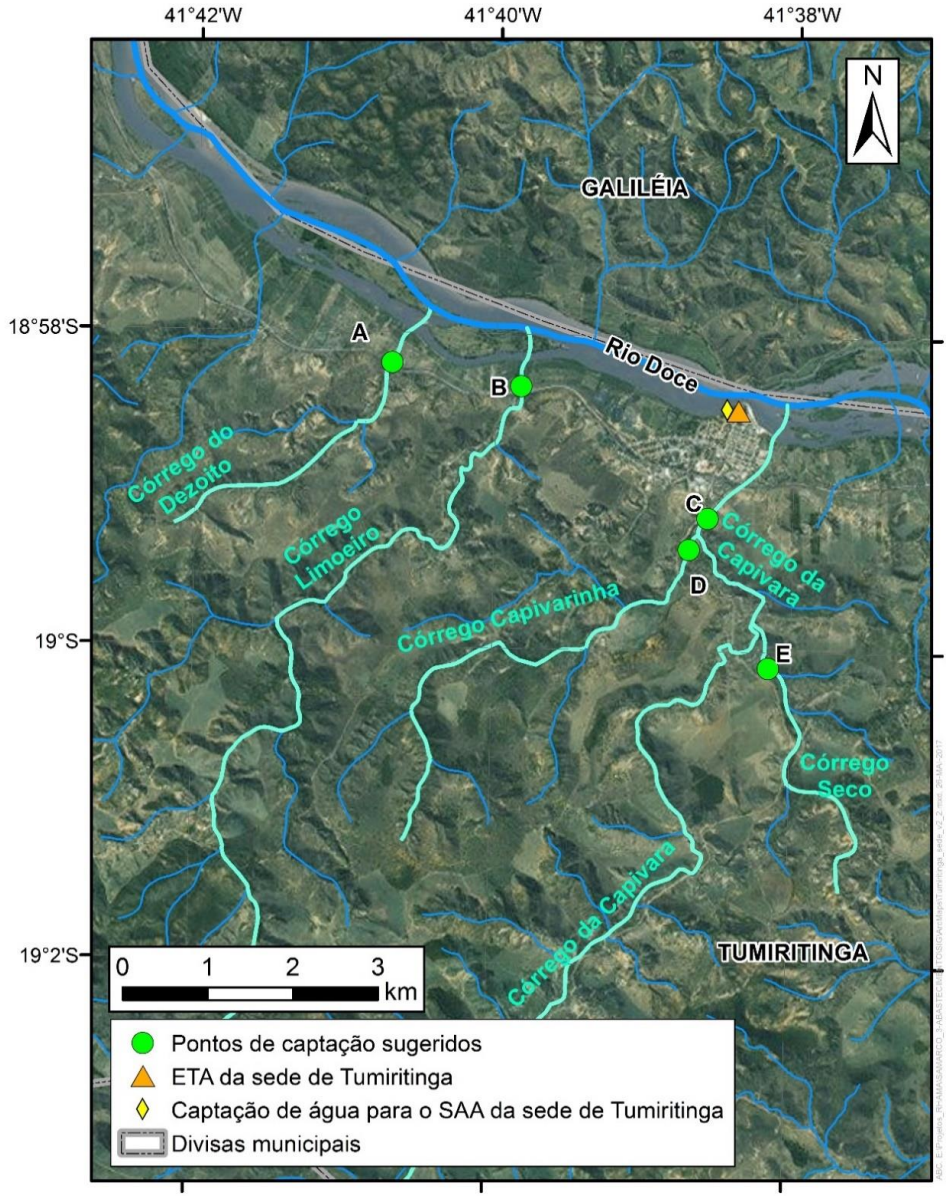


Figura 113. Hidrografia da região e possíveis mananciais para abastecimento da sede de Tumiritinga.

Tabela 116. Características dos mananciais superficiais analisados quanto à capacidade para suprir a demanda para abastecimento de sede de Tumiritinga.

Alternativa	Manancial	Área de drenagem (km²)	Vazão outorgável com regularização (L/s)	Vazão outorgável sem regularização[1] (L/s)	Desnível (m)[2]
A	Córrego do Dezoito	4,6	33,76	5,05	16
B	Córrego Limoeiro	20,03	142,22	22,98	17,0
C	Córrego da Capivara	63,83	441,29	75,80	9,0
D	Córrego Capivarinha	11,11	79,95	12,53	9,0
E	Córrego Seco	5,26	38,49	5,80	-3,0

1. *Corresponde ao pior cenário: sem regularização e podendo utilizar apenas a vazão outorgável.*
2. *Valores positivos indicam que a ETA se situa em um local mais alto que o ponto de captação.*

Dentre as alternativas anteriormente apresentadas, foram selecionados os mananciais córrego Limoeiro (B) e córrego Capivara (C) para avaliação em detalhe. Para a análise comparativa dos possíveis mananciais, foram sugeridos traçados das adutoras de água bruta que ligam os pontos de captação à ETA da sede municipal. A Figura 114 apresenta o traçado sugerido e a Tabela 117 apresenta a extensão das adutoras sugeridas.

Tabela 117. Extensões das adutoras sugeridas para o abastecimento de sede de Tumiritinga.

Alternativa	Manancial	Comprimento da adutora (km)
B	Córrego Limoeiro	3,2
C	Córrego da Capivara	1,9

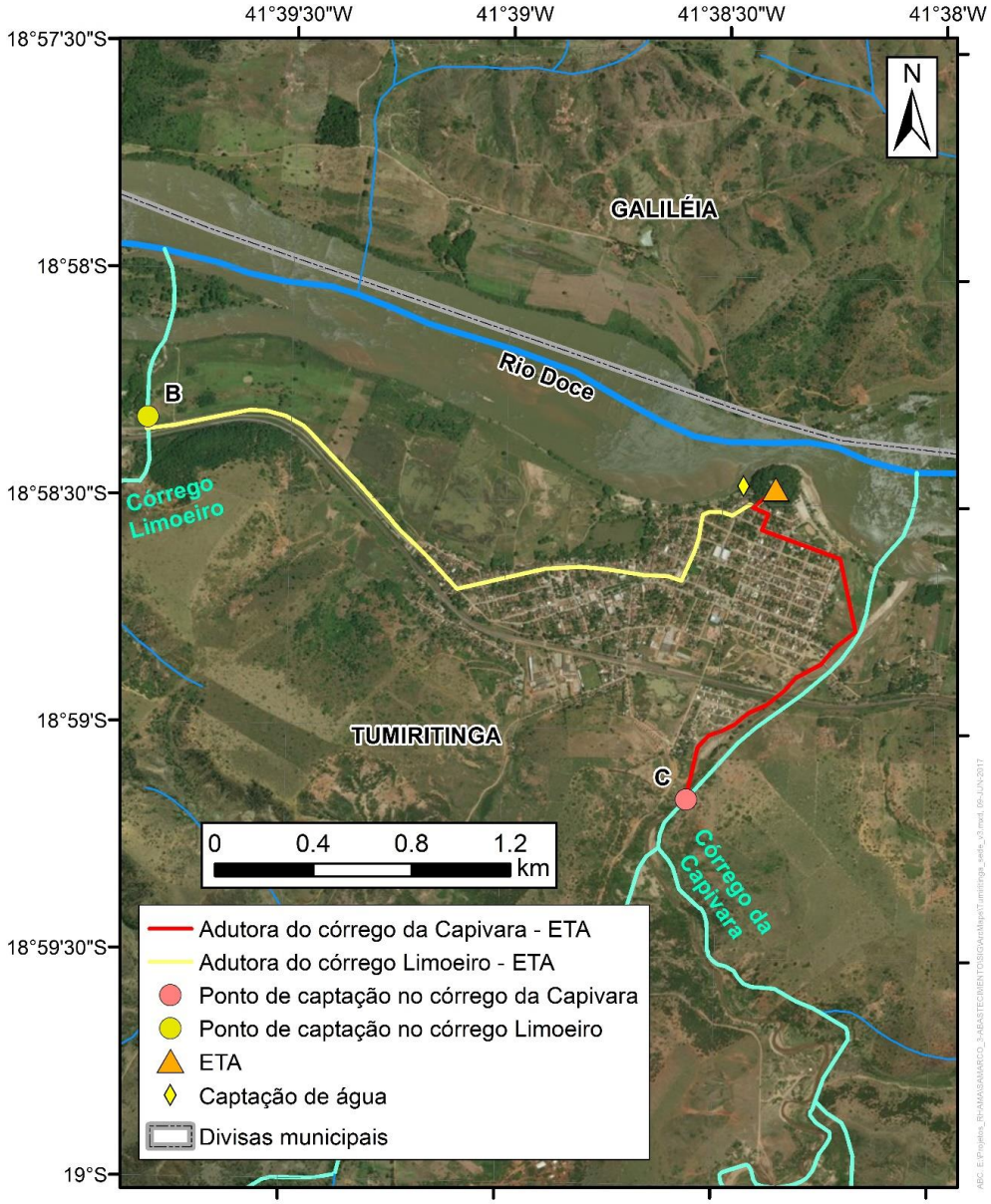


Figura 114. Traçado das adutoras que ligam o Córrego da Capivara e o Córrego Limoeiro até a ETA da sede de Tumiritinga.

Manancial subterrâneo: para a sede do município de Tumiritinga a demanda estabelecida como meta é de 5,7 L/s (20,5 m³/h). Levando em conta a vazão média dos poços (8,44 L/s = 30,4 m³/h) na área do município, é necessário ao menos um poço tubular para suprir a demanda. A vazão média é muito alta considerando as rochas fraturadas. Isto se deve ao fato de que a análise foi realizada com apenas quatro poços. Sugere-se que sejam perfurados pelo menos quatro poços tubulares.

Com base na estimativa regional, considerando uma probabilidade de 80% de sucesso de conseguir a vazão estabelecida pela meta (20,5 m³/h), serão necessários ao menos quatro poços tubulares para abastecer a sede de Tumiritinga.

Considerando a precipitação anual na área (posto de São Sebastião da Encruzilhada), e considerando um círculo com raio de 1,5 km, a recarga neste local é de 47 L/s (169,3 m³/h), indicando que as águas subterrâneas podem abastecer a sede do município de Tumiritinga, sem afetar as reservas permanentes.

Como medida emergencial foi utilizado um poço da COPASA que foi conectado à adutora, fornecendo uma vazão de 11 L/s (39,6 m³/h) (ESSE, 2015). Este poço supriria a demanda.

Avaliação das alternativas

Considerações básicas das alternativas: para as alternativas destacadas anteriormente foi realizada uma estimativa preliminar de custos e intervenções necessárias para sua construção para fins de comparação. É apresentada a avaliação descritiva das alternativas de uso de manancial subterrâneo, córrego da Capivara e córrego Limoeiro e um quadro comparativo quanto à comprimento de adutora, intervenções previstas, pontos críticos, infraestrutura e atividades requeridas.

Alternativa 1 – Poço profundo existente

Atendimento da demanda: existe um de poço da COPASA, o qual foi, e tem sido, utilizado como manancial alternativo para abastecimento emergencial da localidade. O poço foi revitalizado e passou a fornecer vazão de 11 L/s, aproximadamente o dobro da demanda local.

Adução: o poço da COPASA já se encontra conectado à adutora por meio de tubulação flexível.

Requerimentos: trata-se de um poço da COPASA já regularizado e já em operação, não sendo prevista nenhuma aditividade adicional normalmente requerida para perfuração e regularização de novos poços. É comum a presença de ferro e manganês nas águas subterrâneas, fazendo com que sejam necessários testes de qualidade de água e, eventualmente, previsão de alterações no procedimento de tratamento de água.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados não são previstos investimentos adicionais para a instalação deste manancial.

Alternativa 2 – Córrego da Capivara

Atendimento da demanda: o manancial superficial mais próximo do local da ETA da localidade é o córrego da Capivara. A vazão outorgável sem regularização supera a demanda total da localidade, sendo estimada em 75,8 L/s, quase 14 vezes a demanda. Não será necessária a construção de reservatório para regularização. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo, soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: o desnível a ser vencido é de aproximadamente 9 m e o traçado sugerido para adutora possui 1,9 km, passando ao redor do perímetro urbanizado junto ao próprio córrego, cruzando a linha férrea e uma rua local pelo vão das pontes existentes. Após passagem por um terreno de várzea (aparentemente baldio) segue por um trecho urbano de aproximadamente 0,5 km até chegar a ETA.

Potencial impacto devido ao uso da bacia: o ponto de captação sugerido é a montante da malha urbana de Tumiritinga para minimizar riscos de contaminação. A bacia de contribuição do local sugerido para captação é extensa, mas, salvo um pequeno povoado, não são identificados potenciais grandes poluidores. Quase não se observa mata ciliar e, na região de cabeceira, são notados processos erosivos.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução e autorização para travessia da linha férrea. Para construção do trecho urbano devem ser observadas normas municipais para construção sob vias públicas.

É esperada a necessidade de um prolongamento da rede elétrica de aproximadamente 0,1 km (distância as ruas e a captação). Deve ser verificada a capacidade da rede elétrica existente e, se necessário, realizada sua adequação. Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, prolongamento da rede elétrica de 0,1 km, construção da adutora de 1,9 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo de implantação desta alternativa em R$ 348.000,00.

Alternativa 3 – Córrego Limoeiro

Atendimento da demanda: o córrego Limoeiro está ao norte da localidade. Possui vazão outorgável sem regularização estimada em 22,9 L/s, aproximadamente quatro vezes a demanda local, não sendo necessárias obras para regularização de vazão. É prevista a construção de uma pequena estrutura para a manutenção de nível d'água mínimo para instalação de uma bomba, por exemplo, uma soleira em concreto ou de enrocamento.

Adução: o desnível a ser vencido é de aproximadamente 17 metros e o traçado da adutora sugerida possui 3,2 km, passando por zona rural ao longo de estrada local, depois seguindo por um trecho de 1,8 km dentro da malha urbana. O local sugerido para captação deve ser objeto de estudo relativo a interferência do rio Doce (remanso).

Potencial impacto devido a bacia: a bacia de contribuição do local sugerido para captação é majoritariamente composta de pastagens, não havendo indícios de grandes de aglomerados populacionais. Apesar da presença de vegetação de médio porte, no trecho de cabeceira são observados processos erosivos e assoreamento do canal do córrego.

Requerimentos: como processo de licenciamento desta captação, haverá necessidade de requerimento, junto à SEMAD, de outorga para captação em curso d'água e para barramento sem regularização em corpo superficial, bem como intervenção na APP do córrego para construção da infraestrutura de captação e adução.

É prevista a necessidade de adequação da rede elétrica com prolongamento de até 1,4 km (distância entre a malha urbana e a captação). Testes de qualidade e potabilidade da água devem ser realizados, bem como a instalação de estação de monitoramento fluviométrico.

Estimativa de custos: considerando os aspectos apresentados, para uma captação com bomba flutuante e soleira em enrocamento para elevação de nível, o prolongamento de 1,4 km da rede elétrica, construção de adutora de 3,2 km, assessoria nos procedimentos de licenciamento, instalação de estação fluviométrica e testes de qualidade de água, estima-se o custo de implantação desta alternativa em R$ 578.000,00

A Tabela 118 apresenta em resumo as características de cada manancial avaliado, bem como uma estimativa de custo de implementação segundo os critérios anteriormente expostos.

Considerações finais

Esta análise foi realizada com base em dados secundários regionais e deve ser considerada como um conjunto de alternativas viáveis a serem aprimoradas no projeto básico do aproveitamento. As conclusões apresentadas sobre as alternativas se baseiam no conjunto de informações disponíveis que devem ser revisadas e aperfeiçoadas a partir das recomendações apresentadas no capítulo seguinte.

Dentre as alternativas analisadas, a alternativa 1 se mostra como a alternativa potencialmente mais vantajosa. Já se encontra implantada e não é prevista a necessidade de investimentos adicionais aos já realizados. Caso esta alternativa venha a se mostrar inviável, sugere-se, baseando-se no investimento requerido e na complexidade das obras, avaliar as demais alternativas na seguinte ordem: alternativa 2 e 3.

Os resultados obtidos devem ser revistos com dados locais para dirimir as incertezas associadas às estimativas. Caso seja verificado em campo que os mananciais apontados não são adequados, deve-se investigar as outras alternativas expostas na Tabela 116 e outros arranjos de uso conjunto de mananciais. As avaliações necessárias são especificadas no capítulo 8.

7.3 RESUMO DA SITUAÇÃO DAS LOCALIDADES

A Tabela 119 e Tabela 120 apresentam o resumo da situação de cada localidade, incluindo informações das alternativas construídas sob caráter emergencial e mananciais alternativos propostos por estudos anteriores (alternativas sugeridas como as mais indicadas).

Tabela 118. Tabela resumo das características das alternativas Tumiritinga - sede.

Alternativas Estudadas	Manancial	Comp. adutora (km)	Travessias e pontos de atenção	Estado de conservação e usos da bacia	Infraestrutura para a captação	Adequação rede elétrica	Licenciamento e outorgas	Custos estimados (R$ x 1000)	Ordem de avaliação sugerida
1	Poço profundo	-	-	-	Existente	-	-	-	1
2	Córrego da Capivara	1,9	2 travessias (em ferrovia e em rua local)	Regular	Completa sem reservação	0,1 km em localidade rural	1 out. captação 1 out. barramento 2 interv. em APP	394	2
3	Córrego do Limoeiro	3,2	-	Regular	Completa sem reservação	1,4 km em localidade rural	1 out. captação 1 out. barramento 2 interv. em APP	578	3

Legenda: *out. = Outorga; interv. = intervenção; e trav. = travessia.*

Tabela 119. Resumo da situação das localidades, alternativas apontadas por estudos anteriores e alternativa sugerida para atendimento ao TTAC.

MUNICÍPIO	SEDE / LOCALIDADE	Vazão meta (L/s)	Medidas perenes implementadas	Alternativa indicada por estudos anteriores	Alternativa sugerida neste estudo
Aimorés	Santo Antônio do Rio Doce (Mauá)	6,00	Poço profundo Q_{total} = 8,00 L/s	-	Poço profundo
Alpercata	Sede	7,12	2 poços profundos Q_{total} = 2,9 L/s	Cór. Independência Cór. Esgoto	Poço profundo
Baixo Guandu	Sede	42,00	Rio Guandu	Rio Guandu (montante) [2]	Rio Guandu (captação a montante da malha urbana)
Baixo Guandu	Mascarenhas	1,80	-	Rio Guandu [3]	Córrego Olofote
Barra Longa	Gesteira	1,20	-	-	Poço profundo
Barra Longa	Barreto	1,20	-	-	Poço profundo
Belo Oriente	Perpétuo Socorro	12,00	2 poços profundos Q_{total} = 5,4 L/s	-	Uso conjunto dos 2 poços profundos e do Córrego do Café
Colatina	Sede	192,00	Rio Pancas (160 L/s) Rio Santa Maria (80L/s) Q_{total} = 240,00 L/s	-	Construção de reservatórios no rio Santa Maria do Rio Doce (porção sul) e no rio Pancas (porção norte)
Fernandes Tourinho	Senhora da Penha	1,20	-	Cór. Preto	Poço profundo
Galiléia	Sede	7,09	4 poços Profundos Q_{total} = 12,00 L/s	Cór. São Tomé; Cór. Ubá; e Cór. Urucum	Poços profundos
Governador Valadares	Sede	1.008,00	-	Rio Suaçuí Grande	Rio Suaçuí Grande, sendo o abastecimento da porção sul por meio de adutora de água bruta entre a ETA Central e a ETA Vila Isa
Governador Valadares	São Vitor	1,80	Poço profundo Q_{total} = 7,5 L/s	-	Poço profundo

1. *Até o momento da elaboração dos documentos consultados a população local não aceitava a alternativa proposta e exigia o abastecimento de 100% da demanda por manancial superficial.*
2. *Mudança do ponto de captação do Rio Guandu para montante de lançamento de efluente existente.*
3. *Uso do Rio Guandu por meio de adutora de água tratada da ETA da Sede de Baixo Guandu.*

Tabela 120. Continuação da Tabela 119. Resumo da situação das localidades, alternativas apontadas por estudos anteriores e alternativa sugerida para atendimento ao TTAC

MUNICÍPIO	SEDE / LOCALIDADE	Vazão meta (L/s)	Medidas perenes implementadas	Alternativa indicada por estudos anteriores	Alternativa sugerida neste estudo
Itueta	Sede	17,16	-	Rio Manhuaçu	Uso em conjunto do Córrego do Barata, córrego Quatisinho e poços profundos
Linhares	Sede	200,00	Lagoa Nova Q_{total} = 200,00 L/s	-	Lagoa Nova
Linhares	Regência	6,00	-	-	Poço profundo
Mariana	Camargos	1,20	-	-	Poço profundo
Mariana	Pedras	1,20	-	-	Poço profundo
Mariana	Paracatu de Baixo	1,20	-	-	Poço profundo
Marilândia	Boninsegna	1,20	-	-	Poço profundo
Periquito	Pedra Corrida	3,30	-	Cór. Preto; Cór. Cemitério; e Poço Profundo	Poço profundo
Resplendor	Sede	60,00	-	Cór. Vala Grande	Uso em conjunto do cór. Santana e poços profundos ou uso conjunto do cór. Barroso e poços profundos
Santana do Paraíso	Ipaba do Paraíso	1,20	-	-	Poço profundo
Tumiritinga	Sede	5,70	Poço existente da COPASA	Cór. Capivarinha; Cór. Dezoito; Cór. Limeira; e Cór. Seco	Poço profundo
Tumiritinga	São Tomé do Rio Doce	1,50	Poço profundo Qtotal = 2,63 L/s[5]	Cór. Banana; Cór. Capivara; Cór. Limeirinha; Cór. Seco e poço profundo.	Poço profundo

4. *Necessita de estudos para confirmação da vazão explotável e de qualidade de água.*
5. *Não se encontra em funcionamento até a elaboração do presente relatório pois ainda não dispõe de filtro para remoção de metais da água.*

8. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

O objetivo deste capítulo é apresentar as especificações técnicas dos estudos e levantamentos necessários para elaboração do projeto de obtenção de água dos mananciais e adução até a ETA das localidades.

São apresentados os procedimentos técnicos recomendados, para serem usados em nível de projeto, onde serão revisadas as alternativas selecionadas no capítulo anterior e escolhida a melhor alternativa com base nos custos e na segurança de atendimento.

Considera-se que a primeira atividade a ser realizada é a escolha da alternativa a qual deverá ser revisada com base em informações de campo e ser feita em conjunto com o operador do sistema, sendo este tema abordado no primeiro item deste capítulo. Depois são apresentadas as especificações técnicas dos aspectos hidrológicos relacionados com os aproveitamentos dos mananciais superficiais, as especificações técnicas para disponibilidade hídrica subterrânea e projeto de perfuração dos poços para obtenção de água subterrânea, na sequencia são apresentadas as especificações técnicas relacionadas aos projetos de obras hidráulicas (captação e barramentos) e de adução.

8.1 ESCOLHA DO MANANCIAL

Na fase de projeto, as alternativas devem ser analisadas em maior detalhe para responder as seguintes perguntas:

- A demanda é atendida, com base na disponibilidade hídrica, dentro de um risco de atendimento escolhido?
- A qualidade da água do manancial selecionado permite seu uso com ou sem tratamento na ETA para abastecimento?
- Qual a avaliação dos riscos de contaminação atual e futura do manancial?
- Os impactos ambientais, sociais e econômicos permitem a adoção da alternativa escolhida?

Para as alternativas que atendam às condições, deverão ser detalhados os projetos, segundo os itens identificados neste capítulo:

- Determinação da disponibilidade hídrica da alternativa;
- Qualidade das águas do manancial e condições sanitárias da bacia hidrográfica ou entorno e área de influência do local de perfuração do poço;
- Dimensionamento das obras hidráulicas para obtenção da vazão que atenda à demanda e adução até a ETA da localidade;
- Avaliação dos impactos ambientais, sociais e econômicos da alternativa;
- Tratamento da água, se for o caso;
- Estimativa dos custos das obras e operação da alternativa.

A escolha da alternativa recomendada se baseia naquela que apresentar menor custo e o menor risco de atendimento da demanda dentro de padrões sustentáveis. Esta alternativa deve ser referendada pela Fundação Renova e pelos agentes que avaliam este estudo.

8.2 MANANCIAIS SUPERFICIAIS

Neste item, são apresentadas as especificações técnicas para a fase de projeto com relação a avaliação hidrológica, o monitoramento hidrológico e às estimativas das vazões superficiais e disponibilidade hídrica para o manancial selecionado, considerando alternativas a fio d'água e com regularização de vazão.

8.2.1 Avaliação da incerteza das estatísticas das vazões

Extrapolação da regionalização

A metodologia utilizada no estudo de concepção para a estimativa da vazão nos locais sem dados foi a regionalização hidrológica. Esta metodologia apresenta limitações na extrapolação de resultados, principalmente para bacias com área de drenagem menor que as usadas para estabelecer as relações regionais (Silva Jr et. al, 2003).

Na Figura 115 e na Figura 116 são apresentadas as distribuições de frequência do número de postos usados neste estudo, com base na área de drenagem, para as duas regiões consideradas nas funções regionais para a vazão média de longo período (Q_{mlp}), $Q_{7,10}$, Q_{90} e Q_{95}.

Na Figura 117 e na Figura 118 são apresentadas as curvas que permitem determinar o número de postos usados na regionalização de acordo com a área de drenagem. As figuras permitem determinar a quantidade de postos que possuem área de drenagem menor ou igual a desejada.

Pode-se observar que, na região Oeste, existe apenas um posto com área de drenagem menor que 100 km^2 e três com área de drenagem menor que 200 km^2. Nesta região, o posto com menor área possui 48 km^2. Portanto, para pontos em que a área de drenagem é menor que 48 km², há extrapolação das funções da regionalização e incertezas.

Para a região leste, não existe posto com área de drenagem menor que 100 km^2 e há três postos com área de drenagem menor que 200 km². A bacia com a menor área de drenagem tem 162 km^2.

Observa-se que a maioria dos locais identificados como possíveis mananciais superficiais para captação no capítulo 7 possuem áreas de drenagem muito pequenas. Desta forma, suas vazões características foram estimadas com base na extrapolação das curvas regionais, o que representa potenciais incertezas. Silva Jr e colaboradores (2003) mostraram, com dados do Rio Grande do Sul e Minas Gerais, que a extrapolação da regionalização (ou seja, a estimativa de vazões para bacias com área de drenagem menores que as bacias usadas na regionalização) não apresenta grandes erros para a vazão média para bacias de até 5 km^2. Contudo, para a Q_{95} e outras vazões de estiagem, se observam resultados ruins para bacias com menos de 20 km^2 devido aos processos de escala hidrológica. A medida que a área da bacia se reduz, a mesma perde capacidade de regularização natural e fica dependente da geologia local. Assim, incertezas adicionais são observadas quando a área de drenagem da bacia se reduz e o efeito devido à geologia local é pronunciado nas vazões menores.

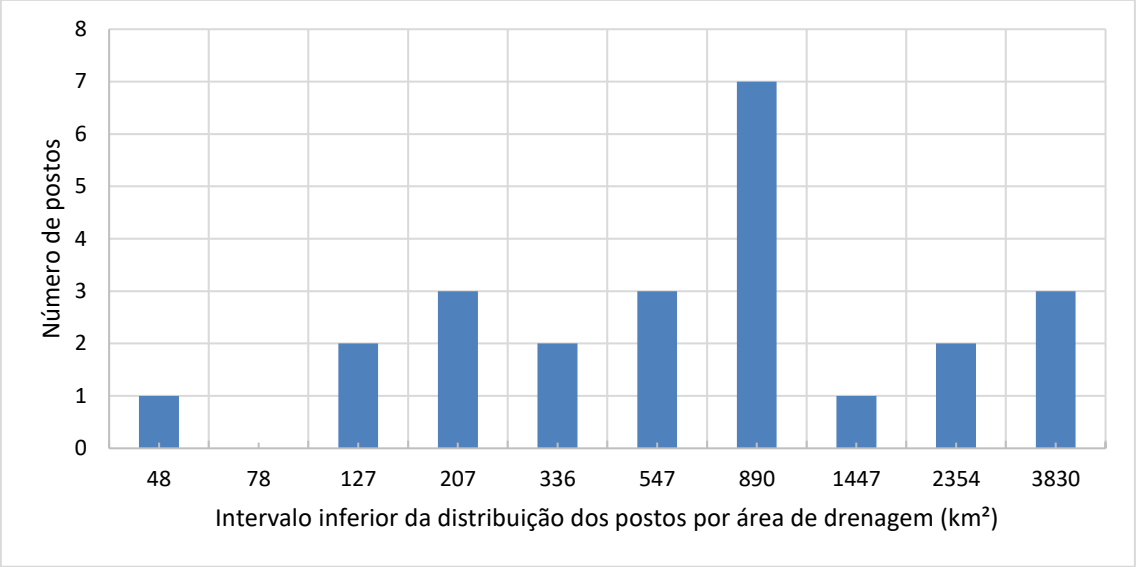


Figura 115. Distribuição dos postos de acordo com a área de drenagem para a região Oeste (24 postos no total).

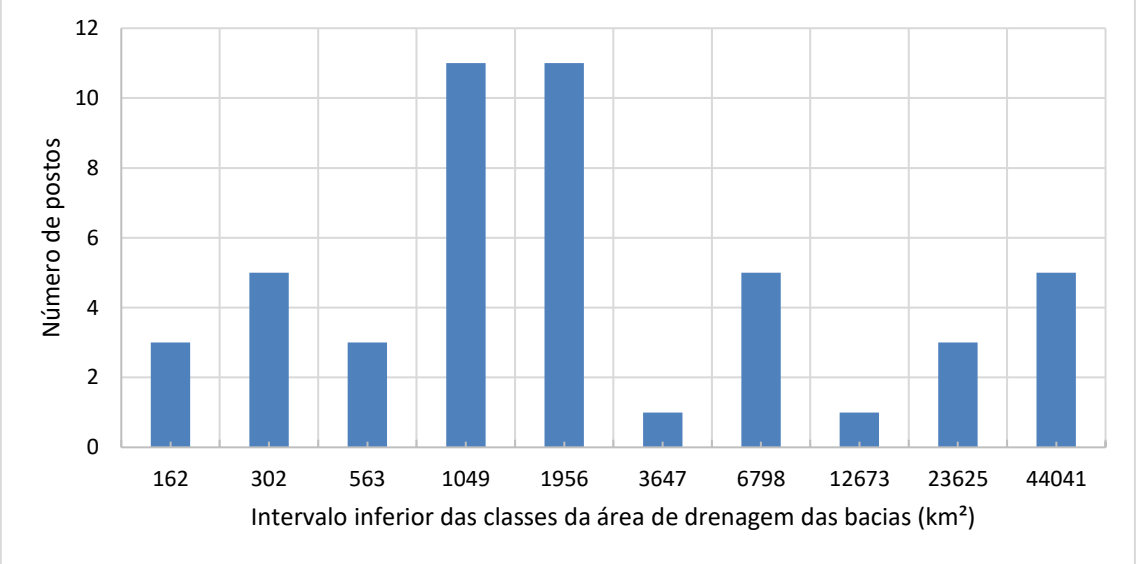


Figura 116. Distribuição dos postos de acordo com a área de drenagem para a região Leste (48 postos no total).

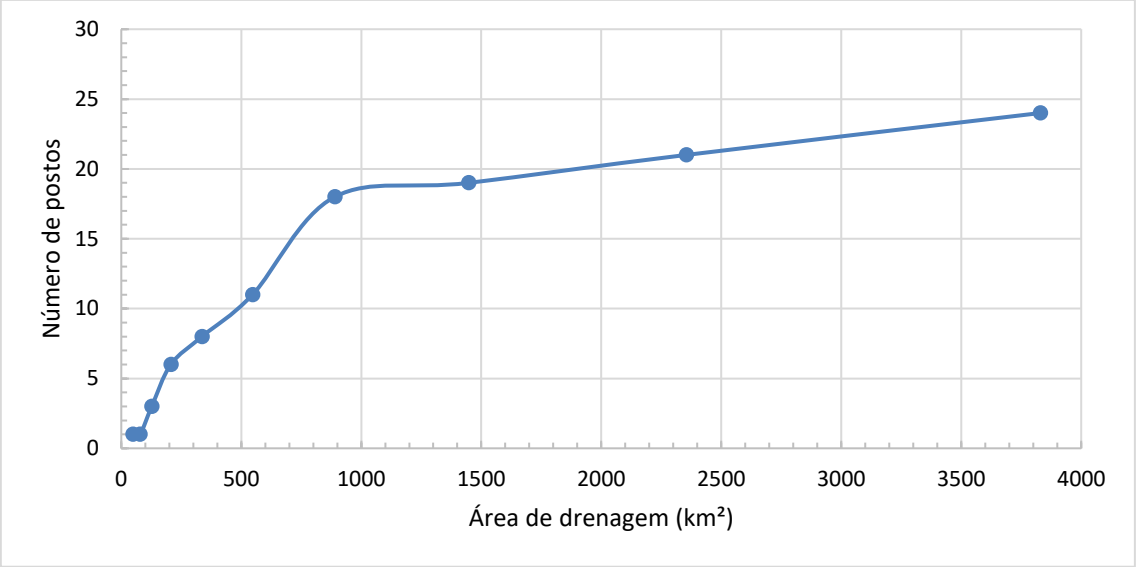


Figura 117. Número de postos com área de drenagem menor ou igual a da escala. Região Oeste.

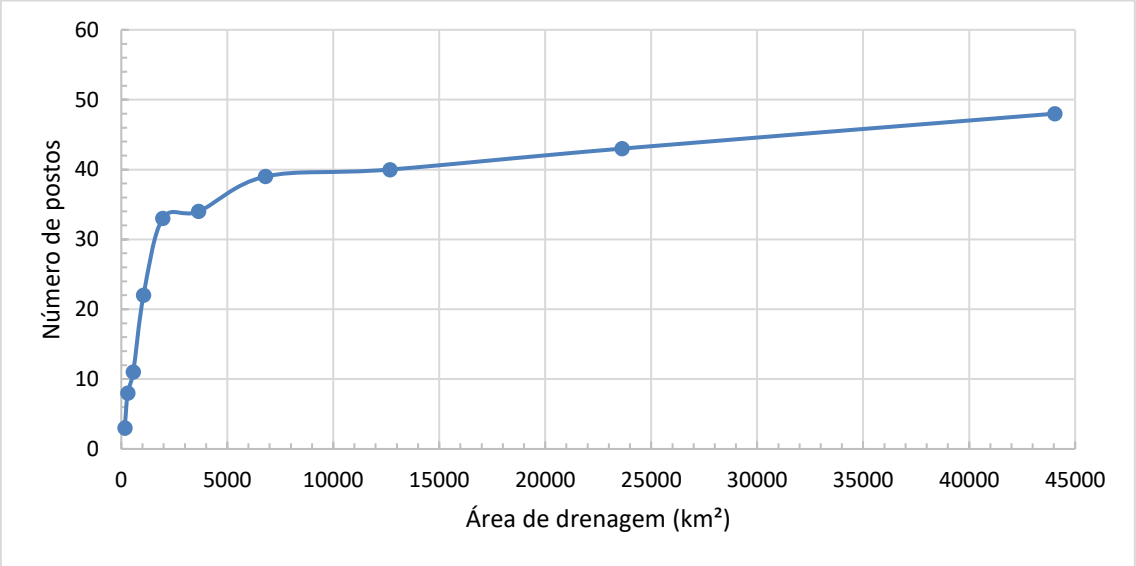


Figura 118. Número de postos com área de drenagem menor ou igual a da escala. Região Leste.

Representatividade da variabilidade temporal

A região apresenta séries de vazões com mais de 70 anos de dados diários. Quanto à variabilidade temporal deste período, na Figura 119, pode-se observar a variabilidade adimensional da vazão média anual[73]. O valor 1 corresponde à média de longo período e valores acima e abaixo de 1 representam a variação acima e abaixo da média de cada ano. Este gráfico permite avaliar a tendência de sequência de anos acima e abaixo da média. Usando a média móvel de n anos é possível observar os períodos acima e abaixo da média.

A Figura 119 mostra os períodos secos: 1958 a 1978, cerca de 20 anos de valores de média móvel de 5 anos abaixo da média; e 1996 a 2014 (os dados mais atuais disponíveis no momento deste estudo são do ano de 2014), 18 anos de valores da média móvel de 5 anos abaixo da média. Os dois valores menores da série foram em 1963 e 2014, quando a vazão média representou 48% da média de longo período. Na referida figura, observa-se que a bacia tem passado por um período seco longo, iniciado ainda na década de 1990, que se observa também no Nordeste brasileiro. De acordo com a tendência observada, é possível que nos próximos anos a bacia entre em um período de vazões acima da média, conforme a oscilação natural do sistema.

Durante o período de desenvolvimento deste projeto, a Fundação RENOVA, através de seus técnicos, visitou vários locais na bacia e observou que, em alguns pontos, é possível que existam vazões inferiores às estimadas para os mananciais. Isto pode ter ocorrido devido ao período seco em que a bacia se encontra, devido às incertezas das estimativas de vazões de bacias pequenas pela regionalização de vazão ou devido à possibilidade de existência de captações irregulares na bacia.

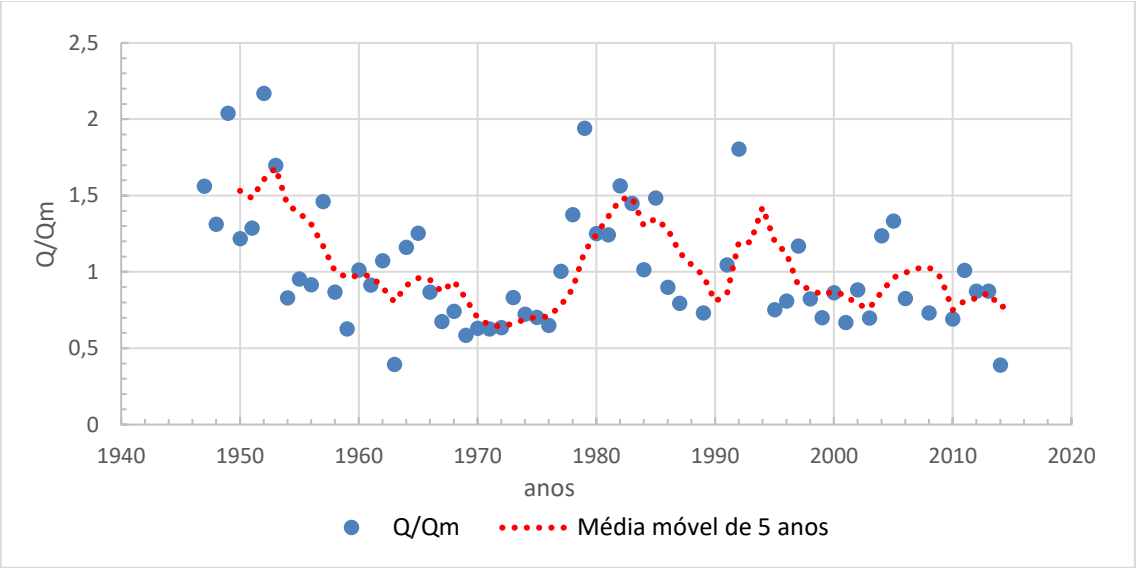


Figura 119. Representação da variabilidade interanual do comportamento de vazões médias na bacia do rio Doce com dados do posto fluviométrico de 56750000 representados por meio da variabilidade adimensional da vazão média anual e da sua média móvel de 5 anos.

[73] Vazão adimensional é a vazão média anual dividida pela sua vazão média de longo período ou a média das médias. Este valor adimensional é chamado de anomalia (variação com relação à média).

8.2.2 Estimativa da disponibilidade hídrica nas localidades

Para a determinação da disponibilidade hídrica superficial[74], numa bacia sem dados registrados, que é o cenário de quase todos os mananciais sugeridos por este estudo[75], procura-se um posto fluviométrico na vizinhança onde as características geológicas são semelhantes. Existem duas incertezas principais neste procedimento: (a) a extrapolação de vazões mínimas para bacias pequenas pode produzir incertezas importantes; (b) a série temporal é curta e pouco representativa. Em resumo, o aprimoramento dos estudos em nível de projeto se baseia no fluxo da Figura 120.

Neste sentido, a metodologia considerada apresenta os seguintes cenários:

- **Caso A - Bacia maior que 20 km² e existência de série próxima com pelo menos 30 anos:** neste caso, é possível utilizar informações de bacias com geologia semelhante e próximas do local de interesse. A série deve possuir pelo menos 30 anos, para que tenha representatividade temporal;
- **Caso B – Bacia maior que 20 km² e série de posto próximo menor que 30 anos:** o posto próximo mais apropriado não tem 30 anos, sendo necessária a extensão da série de vazões;
- **Caso C - Bacia menor que 20 km²**: bacia pequena que necessita de informações locais para determinação das vazões.

A metodologia de trabalho deverá ser estruturada de acordo com as informações disponíveis em cada manancial e nos postos fluviométricos próximos. Entende-se que a escolha de modelos, bem como critérios de seleção mais específicos sejam do conhecimento básico de qualquer profissional especialista na área de hidrologia e recursos hídricos, de modo que a descrição detalhada dos modelos, e demais critérios técnicos para sua escolha, para o desenvolvimento dos estudos na área de hidrologia não são especificados neste relatório. Para o método C, o modelo está descrito na referência apresentada.

Para os casos A e B, é necessário identificar um posto fluviométrico próximo com dados. Foi realizada uma pré-seleção, e o Apêndice I apresenta uma tabela com os postos fluviométricos próximos de cada localidade em que se sugere o uso de manancial superficial. A descrição dos métodos é realizada a seguir.

Ressalta-se que estas análises deverão ser realizadas por profissional habilitado e com experiência comprovada na área de hidrologia em estudos de disponibilidade hídrica.

[74] A estimativa da disponibilidade hídrica neste estudo envolve a determinação das vazões $Q_{7,10}$, Q_{90} e Q_{95}.

[75] Não existem dados fluviométricos nos locais selecionados como mananciais. Este é um cenário comum, mas quando se prevê usar um manancial usualmente se instala um posto no local.

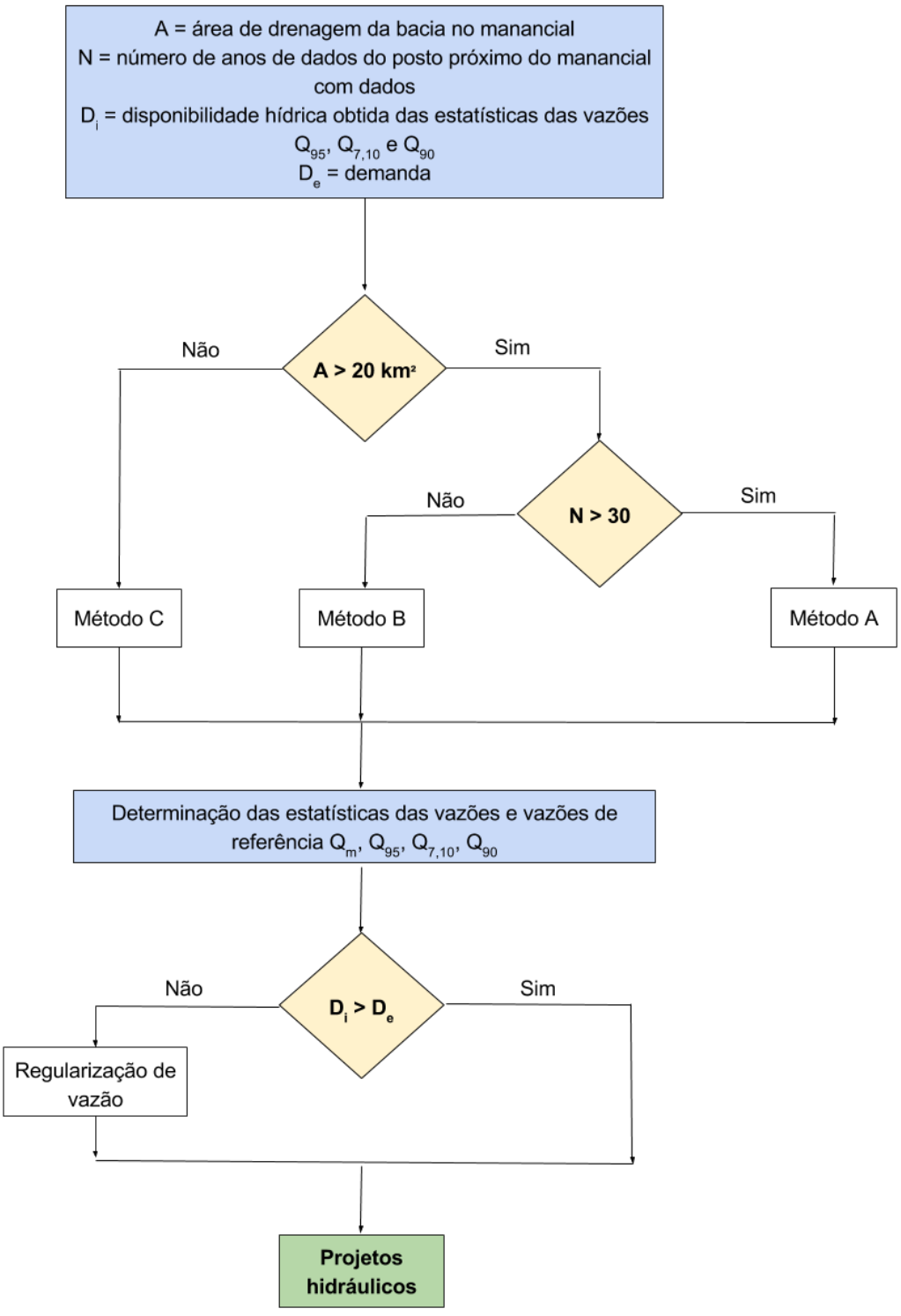


Figura 120. Estrutura metodológica para determinação da disponibilidade hídrica num manancial.

Métodos

Método A: considerando que existe uma série de vazões Q_t, para t= 1, 2, ..., n, onde n é o número de dias de uma série com pelo menos 30 anos de dados em um posto fluviométrico na região com geologia semelhante à da bacia do manancial. Entende-se aqui como geologia semelhante a presença predominante de formações geológicas com características que possam gerar vazões de estiagem semelhantes, devido ao tipo de aquífero.

Neste método as etapas são:

1. Identificar o posto próximo (ver tabela no Apêndice I deste relatório, com uma lista de estações fluviométricas sugeridas) e verificar a geologia;
2. Determinar as áreas de drenagem do posto fluviométrico e do ponto de captação no manancial selecionado;
3. Calcular a série de vazões para o local do ponto de captação no manancial.

Para determinar as vazões no local do manancial [$Q_m(t)$] pode-se usar a proporção de áreas de drenagem, considerando que a diferença de precipitação média total anual (DP) entre a bacia do posto com dados e do manancial não sejam significativas (para DP anual < 200 mm). A vazão na bacia do manancial passa a ser:

$$Q_m(t) = Q_t \cdot \frac{A_m}{A_b} \quad (20)$$

Onde: A_m é a área da bacia do manancial para o local estudado (km²); e A_b é a área de drenagem da bacia do posto fluviométrico com dados em km².

Considerando as incertezas nas estimativas de vazão decorrentes do fator de escala hidrológica deve-se buscar utilizar dados de postos fluviométricos que apresentem a menor relação entre áreas de drenagem. Adicionalmente, deve ser verificado se as estatísticas das séries de vazões geradas são consistentes com as estatísticas das vazões regionais.

Com a série de vazões $Q_m(t)$ para o local da captação, são determinadas as vazões de referência e outros parâmetros estatísticos de interesse.

Na bacia do rio Doce não existe grande variabilidade espacial na precipitação total anual, mas caso ocorra, é necessário ajustar um modelo hidrológico (precipitação-vazão) com os dados do posto e, com os parâmetros do modelo ajustado, utilizar as chuvas da bacia do manancial (ver método B).

Método B: as etapas deste método são as seguintes:

1. Verificar o período de dados disponíveis no posto fluviométrico próximo ao local do manancial e se a geologia é semelhante;
2. Verificar se existe posto pluviométrico na bacia do posto fluviométrico com dados que permitam estender a série de vazões até que a série completa tenha no mínimo 30 anos;
3. Com base nestes dados, deve-se ajustar um modelo hidrológico precipitação-vazão;
4. Com o modelo ajustado, utiliza-se o período disponível de precipitação (maior que o período de vazão) e utiliza-se o modelo para estender a série de vazões para se obter pelo menos 30 anos de série;

5. Deve ser verificado se as estatísticas das séries de vazões geradas são consistentes com as estatísticas das vazões regionais;
6. Com a série calculada, utiliza-se o mesmo critério do método A para obter as vazões no local de captação no manancial.

Método C: esta metodologia se baseia no estudo de Silveira e colaboradores (1998) e envolve a contratação de serviço de medição de vazões no local do manancial.

1. Medir vazões em pelo menos três períodos sem chuva durante as medições.
2. Para cada período, deve-se medir a vazão 3 vezes no local, espaçada por dois dias, representando 3 amostras da recessão do escoamento do local do manancial;
3. Com base nestas amostras, deve-se ajustar o modelo descrito em Silveira e colaboradores (1998) apresentado, também, no Apêndice J;
4. Com o modelo ajustado e dispondo-se de dados de precipitação diária de um posto pluviométrico próximo, deve-se usar o modelo hidrológico para gerar a vazão diária na bacia do manancial para o período de pelo menos 30 anos;
5. Com a série calculada, utiliza-se o mesmo critério do método A para obter as vazões no local de captação no manancial.

8.2.3 Regularização de vazão

A variabilidade temporal da vazão dos rios ocorre devido às condições climáticas. Para aumentar a disponibilidade de vazão para usos da água é possível regularizar a vazão com o uso de reservatórios, os quais armazenas a água do período de cheias para serem utilizadas no período de estiagem.

A maior vazão que pode ser regularizada é a vazão média de longo período (Q_{mlp}). No entanto, dificilmente esta vazão pode ser regularizada devido à evaporação do lago que é criada e devido à existência do barramento e das condições topográficas para acomodar o volume. Tucci (2002a) mostra que pode ser regularizada de 60 a 80% da vazão média, dependendo da topografia do local a ser construído o reservatório.

Quando a alternativa escolhida for a regularização da vazão do manancial, recomenda-se o seguinte procedimento:

- **Identificação dos locais potenciais para regularização (alternativas):** Esta identificação depende da avaliação dos seguintes itens:
  (a) Qualidade da água, ou seja, locais onde a água tem o menor potencial de contaminação;
  (b) Condições de topografia que proporcionem volume de armazenamento com capacidade de regularização suficiente para atendimento da demanda. Este volume é determinado em função da demanda simulando o funcionamento do reservatório (metodologia apresentada no Apêndice K);
  (c) Condições geotécnicas para construção do barramento;

(d) Evitar influências a montante e jusante relacionadas com ocupação e potenciais impactos como: inundação de ocupação urbana, rodovias, pontes, linhas de transmissão, habitações, etc.

- **Determinação da série de vazões para o local:** utilizar os critérios e a metodologia apresentada no item anterior para uso das séries de vazão. Para a série de evaporação, utilizar os dados de um posto climático da região. Verificar se os dados são confiáveis, já que determinadas metodologias tendem a subestimar a evaporação, tais como Thorthwaite, registradores de Piché, entre outros. Recomenda-se utilizar os dados de um posto climatológico e determinar a evaporação por Penman (Penman, 1948) (vide Allen et al., 1998).
- **Simular o funcionamento do reservatório e determinar o volume:** A metodologia de simulação de reservatório pode ser obtida na literatura básica de hidrologia (Tucci, 2002b), e no Apêndice K de forma resumida. O volume morto do reservatório é determinado com base na estimativa da produção de sedimentos da bacia hidrográfica. Este item faz parte do padrão de projeto de reservatórios e não é analisado nesta especificação técnica.

O dimensionamento das características hidráulicas da barragem é destacado no subitem “Barragem de acumulação e regularização de vazão” do item 8.4.1.

8.2.4 Monitoramento hidrológico

O monitoramento hidrológico é essencial para garantir a sustentabilidade do aproveitamento para abastecimento de água. Os estudos apresentados no capítulo 7 são realizados com dados limitados ou sem dados. O monitoramento permitirá obter uma série de precipitações e vazões no local do aproveitamento e verificar a disponibilidade hídrica ou aprimorar os estudos anteriores. Para cada manancial deverá ser instalado uma estação de monitoramento hidrológico completa para medidas de vazão e índices de chuva.

Recomenda-se que, na primeira etapa do projeto, seja realizada a instalação de estação pluviométrica e fluviométrica no mesmo local para garantir uma série hidrológica longa. Deve-se verificar a possibilidade de usar estes dados ao longo do projeto básico, mas eles devem obrigatoriamente ser utilizados no projeto executivo, para verificação da disponibilidade hídrica. Caso seja desenvolvido diretamente o projeto básico e executivo, estes dados devem ser utilizados para revisar a disponibilidade hídrica depois de 5 anos.

Para instalação dos postos pluviométricos e fluviométricos, existem padrões a serem seguidos. Orientações gerais são encontradas nas publicações da ANA para instalação de postos hidrométricos e do relatório correspondente destes serviços (ANA, 2014), para operação da estação hidrométrica instalada (ANA, 2012a) e para análise de consistência dos dados coletados (ANA, 2012b,c). As orientações citadas abordam todos os aspectos envolvidos no processo instalação, operação e análise dos dados coletados, incluindo: procedimentos para escolha do local de instalação; estrutura mínima dos postos de monitoramento; especificações mínimas dos equipamentos a serem instalados (i.e. resolução das medidas, nível máximo de incertezas, condições ambientais de operação dos dispositivos automáticos, especificação do padrão das réguas linimétrica, e etc.); procedimentos para instalação da das réguas e referências de nível (incluindo procedimento para determinação das coordenadas planialtimétricas das estações de monitoramento); modelo de ficha descritiva da estação hidrológica (incluindo instruções para preenchimento); detalhando os procedimentos a que devem ser executados nas atividades de manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos instalados nos pontos de monitoramento; técnicas e procedimento para a realização de medições de vazão e de descarga sólida, incluindo periodicidade das medições, especificações mínimas dos equipamentos de medição, requisitos de qualificação dos profissionais para atividades de campo e de escritório, recomendação para elaboração do plano de trabalho das atividades, procedimentos de recolhimento dos dados, manutenção e limpeza das estações, e para elaboração relatório de atividades; e também os procedimentos para análise de dados e análise de consistência dos dados coletados nas estações.

Destaca-se que apesar de apresentarem recomendações e padrões aplicáveis ao monitoramento hidrológico para qualquer finalidade, tais orientações elaboradas pela ANA foram concebidas com o propósito inicial de monitoramento de empreendimentos hidrelétricos, de modo que peculiaridades quanto ao monitoramento para esta finalidade são apresentados, como por exemplo padrão de nomenclatura com o nome do empreendimento hidrelétrico, especificação de quantidade de postos de monitoramento em função da área de drenagem, padrões taxa de aquisição e de transmissão de dados para ANA/ANEEL, entre outros. Considerando o exposto, no que tange a forma de coleta de dados, periodicidade de amostragem, tipo de armazenamento e de transmissão dos dados deverá ser verificado e seguido os padrões apresentados pelo “Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistema de Água e Sedimentos” (Golder, 2017), desenvolvido pela Fundação RENOVA e aprovado pela CT-SHQA formada por técnicos da ANA, IGAM/MG, SEMAD/MG, AGERH/ES, IEMA/ES, SEDURB/ES, representantes de prefeituras, operadores de SAA e comitês de bacia.

Independente do exposto neste documento, as obras de instalação das estações hidrológicas deverão atender a todos os requisitos mínimos e exigências dos órgãos públicos para seu licenciamento e operação, incluindo órgãos de meio ambiente, prefeituras municipais, corpo de bombeiros, e outros.

8.3 Mananciais Subterrâneos

Ao longo do capítulo 7 foi apresentado uma estimativa da disponibilidade hídrica e do número de poços requeridos para atendimento da demanda para cada localidade, o presente capítulo expõe as especificações técnicas para perfuração de poços e uso de manancial subterrâneo, bem como para o aprimoramento da estimativa da disponibilidade hídrica.

Em 16 das 24 localidades o uso exclusivo de manancial subterrâneo foi considerado a alternativa principal para atendimento da demanda, geralmente associados a pequenas demandas. Houve ainda 3 localidades onde é considerado o uso de poços em conjunto com mananciais superficiais, geralmente estes poços já se encontram perfurados, mas não atendem em plenitude a demanda local.

As localidades em que é sugerido o uso exclusivamente de poços são:

- Aimorés – Sto. Antônio do Rio Doce;
- Alpercata – Sede;
- Barra Longa – Barreto;
- Barra Longa – Gesteira;
- Fernandes Tourinho – Senhora da Penha;
- Galiléia – Sede;
- Governador Valadares – São Vitor;
- Linhares – Regência;
- Mariana – Camargos;
- Mariana – Paracatu de Baixo;
- Mariana – Pedras;
- Marilândia – Boninsegna;
- Periquito – Pedra Corrida;
- Santana do Paraíso – Ipaba do Paraíso;
- Tumiritinga – São Tomé do Rio Doce; e
- Tumiritinga – Sede.

As localidades em que é sugerido o uso de poços em conjunto com mananciais superficiais são:

- Belo Oriente – Perpétuo Socorro;
- Itueta – Sede; e
- Resplendor – Sede.

No Apêndice L, são apresentadas sugestões de áreas para investigação e perfuração dos poços.

8.3.1 Incertezas das estimativas

Neste estudo, foram utilizadas informações disponíveis no banco de dados SIAGAS da CPRM. As informações foram triadas e os poços classificados de acordo com dois tipos principais de unidades hidrogeológicas. Também foram analisados os poços que foram perfurados e revitalizados em cada município segundo as informações fornecidas pela RENOVA. Para a determinação do número de poços a serem perfurados para obtenção da demanda utilizou-se dois procedimentos comparativos: (a) média da vazão dos poços de cada município onde está a localidade e; (b) A curva de probabilidade de vazões de águas subterrânea para cada domínio hidrogeológico de um aquífero.

O primeiro método possui uma abrangência mais focada na cidade, mas uma representatividade estatística muito pobre devido ao número baixo de poços de cada localidade. O segundo método possui maior robustez metodológica porque possui uma amostra abrangente de dados sobre a unidade hidrogeológica. No entanto, tem a limitação de agregar variações hidrogeológicas dentro desta formação e englobar áreas extensas.

Na região de estudo, é provável que existam poços tubulares não outorgados (em situação irregular) e também poços que são outorgados (situação regular), mas não cadastrados no banco de dados consultado. Não existe um cadastro completo, portanto, a estimativa da disponibilidade hídrica de água subterrânea em função dos poços existentes sempre terá esta fonte de incertezas.

Atualização das estimativas da quantidade de poços necessários

Para atualizar a base de dados para estimativa da disponibilidade hídrica local, recomenda-se inicialmente o seguinte:

- Consulta às principais empresas de perfuração de poços tubulares atuantes na região e às empresas de saneamento que prestam serviços nos municípios estudados para obtenção de dados de poços existentes. Além disso, deve ser realizado um inventário de poços em campo, percorrendo as áreas das localidades visando ao cadastro de novos poços. O modelo de ficha e os dados a serem levantados pelo trabalho deverão ser compatíveis com as informações exigidas pelo SIAGAS, permitindo assim, a inclusão desses novos poços dentro do banco;
- Com base nestes novos dados, deve-se revisar a estimativa das vazões médias dos poços na localidade. O estudo de probabilidade dificilmente se alterará se a amostra adicional for inferior a 5 postos na região fraturada, mas pode se alterar com uma amostra pequena de poços na formação barreiras. Neste caso, se houver mais que dois novos poços, deve-se atualizar o estudo de probabilidade;
- Depois de atualizados os dados de entrada de ambas as metodologias, deve-se revisar a estimativa da disponibilidade hídrica subterrânea, determinando o número de poços a serem perfurados para obtenção da vazão necessária ao atendimento da demanda.

Deve ser ressaltado que a taxa de recarga do aquífero estimada como vazão limite de exploração não será alterada com a atualização dos cálculos. A atualização proposta afeta somente a estimativa do número de poços necessários para obtenção da vazão demandada. Caso não seja feita a atualização dos cálculos e sendo considerado um cenário pessimista (onde a estimativa atual de disponibilidade hídrica esteja superestimada) serão necessários, em algumas localidades, mais poços que o previsto, mas não é esperado que isto afete as reservas permanentes dos aquíferos. Ou seja, pode ser necessário investimento e trabalho um pouco superior ao previsto inicialmente (o que é esperado em estudo de caráter conceitual), mas não se espera prejuízos ou impactos adicionais aos aquíferos.

8.3.2 Etapas de seleção e perfuração dos poços

A perfuração de poços é uma atividade regulamentada por normas de âmbito nacional as quais deverão ser estritamente seguidas, nelas são apresentados os aspectos gerais dos estudos hidrogeológicos anteriores a fase de perfuração (estimativa de disponibilidade hídrica e número de poços), especificação para perfuração do poço (preparação do canteiro de obras, perfuração propriamente dita, cimentação, desinfecção, etc.), características dos elementos dos poços (filtro, pré-filtro, tubo de revestimento, profundidade de captação, laje de proteção, e etc.), características do testes vazão e análise de águas, e operação do sistema de bombeamento. As normas que devem ser seguidas para o planejamento e perfuração de poços são:

- NBR 12212 – Projeto de poço tubular profundo para captação de água subterrânea; e
- NBR 12244 – Construção de poço tubular profundo para captação de água subterrânea.

Além do descrito e especificado nas normas NBR citadas, o projeto do poço deve ter pelo menos o seguinte:

1. **Escolha do local de perfuração do(s) poço(s):** Deve ser precedida de um estudo a ser realizado por hidrogeólogo com experiência comprovada em estudos de avaliação hidrogeológica e locação de poços. A escolha deve se basear nos seguintes critérios: (a) interpretação de fotos aéreas e imagens de satélite, identificando os locais propícios; (b) proximidade da localidade e da sua ETA ou adução existente; (c) visita de campo para confirmação das características hidrogeológicas observadas na etapa de interpretação de imagens; (d) investigações geofísica para locação mais precisa do(s) poço(s), destacando-se os métodos de eletrorresistividade, como a sondagem elétrica vertical e o caminhamento elétrico;
2. **Licença de Execução:** Esta etapa deverá ser cumprida seguindo a legislação vigente no estado de Minas Gerais e Espírito Santo, com a solicitação de autorização de perfuração seguida do pedido de Outorga de Direito de Uso dos Recursos Hídricos nos casos onde os resultados dos testes de bombeamento e análise de qualidade de água apontem viabilidade do uso do poço, além do cadastro dos poços;
3. **Estimativa de custo:** Estimativa de custo para perfuração do(s) poço(s) com base em orçamentos tomados;
4. **Termo de referência:** Elaboração de termo de referência para execução do(s) poço(s).

A contração da perfuração e operação dos poços seguem o seguinte roteiro:

- **Contratação do poço:** Recomenda-se a contratação de empresa idônea e capacitada a atender os requisitos de ordem legal, jurídica, financeira e técnica;
- **Construção do poço:** A construção deve ser executada dentro das normas da ABNT, por empresa registrada no CREA, que possua responsável técnico e de preferência credenciada junto a ABAS (Associação Brasileira de Águas Subterrânea);
- **Testes de bombeamento:** Após a construção e completação do poço, a empresa executora deverá realizar o ensaio de bombeamento de 24 horas, atendendo aos requisitos para obtenção de outorga.
- **Relatório Final do poço:** A ser fornecido pela empresa executora do poço, devendo conter dados construtivos, geologia, teste de vazão, completação, análise da água e dados de dimensionamento do equipamento de bombeamento.

No Apêndice L são apresentados os resultados de avaliações de interpretação de imagens de satélite e avaliação da proximidade dos locais propícios a perfuração de poços com a ETA ou adução existente (itens descritos como “a” e “b” do primeiro passo para locação dos poços “1. Escolha do local de perfuração do(s) poço(s)”). Aconselha-se o uso desta pré-seleção de locais sugeridos para perfuração de poços como ponto de partida para as etapas futuras.

Independente do exposto neste documento, as obras do projeto de perfuração dos poços deverão atender a todos os requisitos mínimos e exigências dos órgãos públicos para seu licenciamento e funcionamento, incluindo órgãos de meio ambiente, prefeituras municipais, corpo de bombeiros, empresas distribuidoras de energia, e outros.

Estudos Geofísicos

A realização de estudos geofísicos não é uma etapa obrigatória para a perfuração de poços, mas é uma atividade que pode auxiliar na definição do local de perfuração. Tais estudos auxiliam a determinar a profundidade de lineamentos e fraturas, permitindo a locação dos poços de maneira mais confiável. Deve ser lembrado que a geofísica é uma ferramenta que caracteriza de maneira indireta o comportamento do perfil geológico, mas ela não mede o potencial de exploração do aquífero, ou seja, ela não garante que a perfuração de um poço será bem-sucedida e que atenderá a vazão necessária/prevista. É inclusive relatado no relatório de acompanhamento das ações de melhoria nos sistemas de abastecimento e captações alternativas da Fundação RENOVA do mês de abril de 2017 (RENOVA, 2017b) que algumas perfurações de poços realizadas em locais determinados por estudos geofísicos não foram bem-sucedidas, sendo os poços perfurados secos ou com vazões muito pequenas, não sendo avaliada como viável sua utilização para abastecimento.

A investigação geofísica deve ser precedida de um estudo de interpretação de fotografias aéreas e imagens de satélite que indicarão locais mais propícios para a perfuração dos poços (por exemplo os locais apresentados no Apêndice L). Nestes locais selecionados é que deverá ser utilizada a geofísica. Especialmente nos locais onde as rochas fraturadas apresentam uma cobertura de sedimentos que não permite a identificação de fraturas por meio da interpretação de fotos aéreas ou imagens de satélite a aplicação da geofísica se mostra como ferramenta auxiliar eficiente para a locação dos poços. Atuar como ferramenta decisiva na escolha de locais mais propícios para a perfuração.

A utilização do método geofísico por eletrorresistividade é mais eficiente por permitir, através do caminhamento elétrico com a variação das distâncias entre os eletrodos, a prospecção em maior profundidade. Destaca-se também que, em geral, a prospecção geofísica tem um custo relativamente baixo em relação a perfuração do poço.

8.3.3 Avaliação dos poços existentes e selecionados

Para os casos onde é aconselhado o uso dos poços já existentes é necessária avaliação das condições atuais do poço quanto a: utilização, vazão e qualidade da água. Deverá ser verificada as condições dos equipamentos eletromecânicos (em especial a rede elétrica, quadro elétrico de comando e proteção, e conjunto moto-bomba) e condições de infraestrutura (de acesso e cercamento do local do poço, das condições sanitárias do local, e da cimentação e laje de proteção sanitária). Caso não estiverem disponíveis dados confiáveis de vazão deverá ser feito novo teste de bombeamento. O mesmo se aplica à avaliação e caracterização da qualidade das águas do poço.

Com base nos aspectos citados deve-se preparar um laudo sobre a viabilidade de uso destes poços para atendimento da demanda, incluindo eventuais melhorias e reformas necessárias para adequação ao uso. Destaca-se que os parâmetros aqui expressos referem-se à um conteúdo mínimo a ser abordado pelo laudo, podendo ser incluídas avaliações adicionais.

8.3.4 Plano de monitoramento e manutenção dos poços

Os poços que serão utilizados para o abastecimento das localidades selecionadas deverão ser monitorados. O monitoramento deverá ser quantitativo, qualitativo e executado tanto nos poços novos quanto nos poços existentes que venham a ser cedidos como mananciais alternativos.

Em relação ao aspecto quantitativo o monitoramento deverá ser executado com o uso de sistema de medição de vazão, de nível do aquífero (estático e dinâmico) e de operação da bomba (horimetro). Deverão ser instalados medidores de níveis automáticos do tipo "*levelogger*" com capacidade de monitoramento de maneira contínua, sendo sugerido intervalo de 15 minutos para aquisição de dados. É sugerida a transmissão dos dados por telemetria em tempo real, permitindo ao operador e aos agentes competentes a fiscalização do uso deste manancial, possibilitando um controle maior sobre a operação e o comportamento do poço e do aquífero. Normas específicas dos estados ou operadores dos sistemas para macromedição da vazão nas captações deverão obedecidas.

Em relação ao aspecto qualitativo, antes de iniciar sua operação para consumo humano, deverá ser coletada uma amostra de água em cada poço e realizada uma análise físico-química completa. Esta análise servirá para caracterizar as águas subterrâneas no local de captação e, determinar os parâmetros (cátions e ânions) que deverão ser analisados durante o monitoramento. Deverão ser coletadas amostras de água em cada poço, mensalmente, durante o primeiro ano de captação. Após, este período deverá ser feito uma análise dos resultados da qualidade química das águas subterrâneas, podendo ser alterado o período de amostragem. As coletas e análises físico-químicas das águas subterrâneas deverão seguir a legislação, padrões e normas vigentes e serem realizadas por laboratórios credenciados.

Os dados obtidos no monitoramento quantitativo e qualitativo deverão ser analisados por hidrogeólogo ou empresa capacitada para tal, devendo ser comprovada a experiência em estudos/análises semelhantes. Esta análise deverá ser feita a cada três meses no primeiro ano após a perfuração do poço, independentemente da utilização deste manancial (possibilidade de o operador preferir captar na totalidade as águas do rio Doce e somente utilizar o manancial alternativo quando necessário). Deverá ser emitido um Laudo Técnico informando as condições de utilização de cada poço. Após um ano de monitoramento, o último laudo deverá indicar se o cronograma permanece o mesmo ou se é aconselhado a alteração, devendo as alterações sugeridas serem embasadas em justificativas técnicas.

Manutenção dos poços

É comum a operação de poços a execução de manutenção periódica, sendo a periodicidade destas atividades função das caraterísticas do local e do poço. O monitoramento de vazão e nível é de fundamental importância, pois permitirá acompanhar o comportamento do poço, principalmente, relacionado às condições de vazão de explotação. Ao longo do tempo os poços poderão apresentar diminuição da vazão de captação, podendo ser problema decorrente de desgaste da bomba ou, caso os poços tenham filtro e pré-filtro, podendo estar ocorrendo devido à problemas de colmatação nos filtros. Destaca-se que o ferro (elemento naturalmente encontrado nos aquíferos em alguns locais da área de estudo) é um agente que pode causar colmatação dos filtros e afetar o funcionamento das bombas submersas.

Caso o problema detectado seja na bomba submersa, a mesma deverá passar por manutenção e/ou ser trocada. Caso o problema tenha sido causado por incrustações de ferro nos filtros (ou outro elemento que cause colmatação), a manutenção deverá ser feita através do uso de produtos químicos que permitam a limpeza dos mesmos. Saliente-se a importância do registro adequado dos dados construtivos dos poços durante a fase de construção, pois estes dados são fundamentais para a determinação do tipo de manutenção a ser adotada e o tipo de produto químico a ser aplicado. A manutenção deverá ser feita por empresa especializada, seguindo os mesmos critérios de seleção de empresas para a perfuração dos poços, deve ser registrada no CREA, possuir responsável técnico e de preferência credenciada junto a ABAS, além de experiência comprovada na execução deste tipo de atividade.

Nos casos onde o operador opte por não utilizar continuamente este manancial aconselha-se que seja realizado o acionamento periódico das bombas, além da inspeção, manutenção e limpeza da área do poço.

Efeitos do uso de manancial subterrâneo sobre o escoamento superficial na área limítrofe dos poços

A perfuração de poços e o uso da água pode afetar as condições de escoamento das áreas da proximidade, na medida em que uma parte da vazão que iria para os rios é retirada para pelos poços, sendo este um efeito que tende a afetar áreas muito pequenas. Os limites do uso da água subterrânea envolvem o seguinte: recarga do aquífero e limite de exploração e; efeito sobre o escoamento de estiagem.

Recarga do aquífero e Limite de exploração: a taxa de recarga do aquífero define o limite sustentável de exploração do manancial subterrâneo. A exploração de águas subterrâneas acima da sua taxa de recarga leva ao uso das reservas permanentes do aquífero, tendendo a rebaixar o lençol freático e tornar a exploração deste manancial insustentável. No âmbito do presente estudo foi estimada a taxa de recarga dos aquíferos de cada localidade e somente foi aconselhado o uso de poços nos casos onde a taxa de exploração eram inferiores ao limite de recarga.

Efeitos sobre o escoamento de estiagem: os efeitos no escoamento de estiagem (subterrâneo) podem ocorrer em nascentes próximas ao local de exploração e o efeito potencial é relacionado com a área de abrangência e a vazão do poço. Usualmente este efeito é representado por uma área muito pequena, dependendo da vazão envolvida.

De maneira geral, o uso de manancial subterrâneo foi indicado para localidades com pequena demanda, sendo as maiores demandas a serem atendidas as de Alpercata – Sede com 7,12 L/s, Galileia – Sede como 7,09 L/s, Linhares – Regência com 6,00 L/s, Tumiritinga – Sede com 5,70 L/s e Periquito – Pedra Corrida com 3,30 L/s. Nas demais localidades as demandas são iguais ou inferiores a 1,80 L/s.

Considerando que a representatividade percentual da influência da captação de mananciais subterrâneos no escoamento de base dos rios é função da vazão captada e da área de drenagem da bacia hidrogeológica esta será desprezível em corpos d'água de maior porte. Caso ocorra, sua influência será de caráter pontual e em locais onde os poços estejam localizados na bacia hidrogeológica de contribuição para uma nascente, e a bacia seja de pequenas proporções. Deve ser ressaltado que é provável que a operação dos poços não seja feita de maneira contínua, pois trata-se de mananciais alternativos ao rio Doce e considera-se que o operador pode optar pela captação deste manancial somente quando necessário. Deste modo é provável que a influência no escoamento de base seja ainda menor.

Analisando os casos de maior demanda, com exceção de Alpercata – Sede, todos as localidades citadas anteriormente já possuem poços perfurados nas proximidades do rio Doce, sendo desprezível sua influência no escoamento de base deste rio. Em Alpercata – Sede existe um poço junto ao rio Doce e diversos poços junto a sede municipal (aproximadamente 6,0 km de distância do rio Doce) dos quais serão necessários a exploração de 4,22 L/s. Neste caso estima-se que se o poço estiver localizado na bacia hidrogeológica de uma nascente e que sua área de contribuição seja de até 13 km², o escoamento de base pode ser reduzido em aproximadamente 5%. Nas cinco localidades dos municípios de Mariana e Barra Longa, todas com demanda de 1,20 L/s e localizadas na região Oeste, estima-se que bacias hidrogeológicas de área de contribuição maiores que 1,7 km² terão influência menor que 5%. Nas demais localidades (região Leste), os limites de áreas onde a influência será menor que 5% são de 5,4 km² para vazão de 1,8 L/s, 4,5 km² para vazão de 1,5 L/s e 3,6 km² para vazão de 1,2 L/s.

Caso seja observado que existam nascentes próximas ao local de perfuração do poço considerando um raio de distância equivalente às áreas de influência estimadas, além do monitoramento do nível do aquífero é aconselhado o mapeamento e monitoramento da nascente, incluindo instalação de dispositivo para medição e monitoramento de vazão (por exemplo vertedor).

8.4 ESPECIFICAÇÕES DAS OBRAS HIDRÁULICAS

De maneira geral, as especificações das obras hidráulicas obedecem às normas pertinentes, das quais se destacam:

- NBR 10844/89 – Instalações prediais de águas pluviais;
- NBR 12211/92 – Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água;
- NBR 12213/92 – Projeto de captação de água de superfície para abastecimento público;
- NBR 12214/92 – Projeto de sistema de bombeamento de água para abastecimento público;
- NBR 12215/91 – Projeto de adutora de água para abastecimento público;

Os projetos deverão satisfazer às exigências da ABNT e, no que ela for omissa, deverá ser verificado primeiramente junto ao operador do sistema se há normas pertinentes específicas. Caso o operador não possua normas próprias, deverá ser verificada a utilização de normas estrangeiras ou métodos consagrados pelo uso. Neste caso, a norma/método deverá ser aprovada junto ao operador do sistema.

Independente do exposto neste documento, as obras do projeto deverão atender a todos os requisitos mínimos e exigências dos órgãos públicos para seu licenciamento e funcionamento, incluindo órgãos de meio ambiente, prefeituras municipais, corpo de bombeiros, empresas distribuidoras de energia, e outros. As travessias de rodovias, ferrovias, avenidas, etc. devem ser detalhadas e apresentadas à parte, com a estrita observância das normas das entidades envolvidas.

8.4.1 Locação da captação

A escolha do uso de manancial superficial deve ser pautada em uma avaliação prévia da qualidade de água do manancial. Sugere-se a realização de uma visita de campo para inspeção sanitária da bacia hidrográfica pré-selecionada, sendo identificados e mapeados os principais potenciais poluidores, como núcleos populacionais, indústrias, atividades agropecuárias intensivas, mineração, entre outras. Adicionalmente à inspeção, deverá ser feita amostragem e análise da qualidade das águas em relação à sua conformidade com o estabelecido na Resolução 357/2005-CONAMA e Portaria 518/2004-MS. Caso a qualidade de água não seja compatível com os padrões para consumo humano deverá ser avaliado outro manancial dentre os pré-selecionados pelo estudo.

De acordo com o aconselhado pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental do Ministério da Cidades (Ministério das Cidades, 2011) e pela Fundação Nacional da Saúde (FUNASA, 2013), as informações mínimas a serem compiladas são: nome do manancial e da bacia hidrográfica, planta com indicação do ponto de captação, estimativa da área da bacia, obras de regularização de vazão ou manutenção de nível, cotas dos níveis d'água, cotas representativas do leito e dos trechos circunjacentes, uso da água a montante e jusante da captação (a montante, indicar captações para fins de abastecimento público e industrial, informando a respectiva distância).

A locação das estruturas de captação deve ser definida caso a caso de acordo com a inspeção sanitária, sendo, posteriormente, verificada a disponibilidade hídrica para o local definido. Os métodos para avaliação da disponibilidade hídrica devem seguir o exposto nos itens 8.2.2 e 8.2.3 e devem levar em conta os usos já outorgados do manancial. Quando a disponibilidade hídrica natural for menor que a demanda, será necessária a construção de reservatório de acumulação para a regularização de nível. Caso seja maior, a captação poderá ser feita a fio d'água. Destaca-se que, apesar de ser sugerido o uso de sistemas de bombeamento flutuantes durante a fase de avaliação conceitual, a forma de captação deverá ser definida caso a caso.

Captação a fio d'água

Localização: no caso de captações a fio d'água, o local da captação deve ser em um trecho retilíneo ou do lado de fora da curva do corpo d'água, visando evitar a deposição de sedimentos junto à tomada d'água e se realizar a captação no trecho mais profundo da seção. No caso de captação do lado de fora da curva deverá ser feita a avaliação do potencial erosivo junto à margem onde serão locadas as estruturas de captação e, se necessária, a construção de obras de contenção de erosão e estabilização das margens. De acordo com Tsutiya (2013), os principais cuidados na escolha do local da captação são:

- Evitar locais sujeitos a formação de bancos de areia;
- Evitar locais com margens instáveis;
- Local à salvo de inundações e com garantia de acesso o tempo todo; e
- Condições topográficas e geotécnicas favoráveis.

Projeto do sistema de captação: para captação por sistema de bombeamento em estrutura flutuante, deve-se analisar: (a) a variação natural do nível das águas do corpo d'água; (b) manutenção de profundidade mínima para a operação das bombas.

No caso de captação por meio de canal de derivação (seja para direcionamento a um poço de sucção ou para adução por gravidade), também deve-se observar a manutenção de nível mínimo operacional.

Nos casos de corpos d'água de pequena profundidade e/ou com grande variação de nível, se faz necessária a construção de um pequeno barramento para a elevação de nível e manutenção de profundidade mínima para operação das bombas e/ou promover a entrada de água na tomada d'água.

Estas estruturas são galgáveis, podendo ser de enrocamento ou de concreto. Em ambos casos, seu dimensionamento deve seguir as normas aplicáveis e métodos de dimensionamento amplamente difundidos na engenharia. O projeto do barramento e das estruturas da captação deverá ser apoiado por levantamento planialtimétrico com escala de desenho 1:1.000 e com curvas de nível de 1 m, ou levantamento de maior nível de detalhamento. Deverão ser seguidas as especificações da NBR 13133/94.

Considerando que estes barramentos terão menos que 5 m de altura, seu dimensionamento hidráulico de vertimento deverá ser feito para período de retorno de 100 anos[76]. Deverá ser apresentado estudo hidráulico por meio de modelagem numérica do remanso e da mancha de inundação para os níveis mínimo, normal operacional e máximo, devendo todas as estruturas da captação, bem como os acessos, estarem mais elevados que a cota máxima de enchente de projeto.

Estudo de potencial erosivo junto ao sopé da barragem e nas margens em trecho a jusante do barramento deverão ser conduzidos e, caso necessário, deverá ser prevista estrutura dissipadora de energia e de proteção nas margens.

A apresentação do projeto deverá ser feita em uma planta geral de todo o arranjo, plantas específicas para o barramento e demais obras (escala recomenda de 1:500 ou mais detalhada) e perfis, tantos quantos necessários para boa representação das variações do barramento ao longo da seção transversal do corpo d'água ou da margem (no caso de obras de proteção). No caso de barragem galgável de concreto, o vertedor deverá estar claramente representado no desenho ou ter um desenho específico para sua representação. Deverão estar indicados nos desenhos os níveis: mínimo, normal de operação e máximo (indicando tempo de retorno).

Deverá ser apresentado o desnível do provável ponto de captação até a próxima unidade do sistema, incluindo identificação da pre-sedimentação e justificativa da necessidade em função da qualidade de água bruta. Também deverão ser apresentados relatórios técnicos e memória de cálculo do estudo hidrológico, hidráulico, hidrossedimentológico e estrutural para barragem e obras complementares de proteção

Os desenhos deverão seguir as normas NBR pertinentes a desenhos técnicos, destacando-se (mas não se restringindo) às normas NBR 5984, NBR 8196, NBR 8403 e NBR 10647. No caso de o operador do SAA possuir normas internas próprias para apresentação dos desenhos, estas deverão ser seguidas. Destaca-se que os desenhos deverão estar de acordo com as normas dos órgãos competentes para requerimento de outorga.

Barragem de acumulação e regularização de vazão

Quando a vazão demandada for maior que a disponibilidade hídrica sem regularização no manancial, haverá a necessidade de construção reservatório para acumulação e regularização de vazão, para aumentar a disponibilidade.

[76] Critério estabelecido pelo DAEE do Estado de São Paulo para este tipo de estrutura.

Localização: a locação da captação deverá levar em conta aspectos geotécnicos para a construção do barramento, aspectos topográficos para o cálculo do volume do reservatório e aspectos de uso e ocupação do solo a montante do barramento que pode ser afetado pelo reservatório, para avaliação de eventual restrição à construção do reservatório e desapropriações.

Tipo de barragem: a especificação técnica para a construção de uma barragem é dependente do material escolhido para a sua construção, que por sua vez é função das características topográficas, geológicas e geotécnicas locais.

Levantamentos: os levantamentos geotécnicos deverão seguir as normas NBR aplicáveis e serem planejados por profissional habilitado com comprovada experiência em estudos geotécnicos de barramentos.

Deverão produzir dados suficientes para caracterização das condições das fundações e ombreiras do local do barramento e encostas vizinhas (riscos de deslizamentos sobre a obra), caracterizar áreas de empréstimo, de bota-fora, do canteiro de obras e de qualquer outro local diretamente afetado por obras/estruturas de apoio na fase de construção e/ou operação do barramento. A definição do tipo de barragem e da técnica construtiva deverá ser definida caso a caso e por especialista com comprovada experiência na construção de barramentos.

Volume útil e dimensionamento da barragem: o método para dimensionamento do volume útil do reservatório deverá ser feito por meio de técnicas de simulação, tal como discutido no item 8.2.3 e Apêndice K.

Após investigação de campo, deverá ser realizado levantamento topográfico em escala de desenho 1:1.000 e curvas de nível de 1 m, seguindo as especificações da NBR 13133. Com base no relevo, deverá ser calculado o volume do reservatório considerando um nível mínimo operacional (definição do volume útil) correspondente à cota mínima para operação da tomada d'água e/ou sistema de bombeamento.

O barramento deverá conter, no mínimo, comporta para passagem da vazão ecológica, descarregador de fundo para descarga periódica de sedimentos e vertedor extravasor. Pode ser considerada a tomada d'água fora do barramento, seja ela flutuante ou junto à margem. Aconselha-se a análise da construção da comporta para passagem da vazão ecológica para trecho de jusante em cotas inferiores visando promover maior passagem pela barragem dos sedimentos transportados junto ao leito. Deverá ser conduzido estudo de assoreamento e previsão de vida útil do reservatório por meio de modelagem hidráulica, incluindo a remoção periódica dos sedimentos por meio de descarga de fundo. Deverá ser conduzido estudo hidráulico do potencial erosivo no sopé da barragem e por trecho a jusante do barramento e, caso necessário, deverá ser prevista estrutura dissipadora de energia e de proteção nas margens.

Área de influência a montante e dimensionamento do vertedor: deverão ser conduzidos estudos hidráulicos do remanso, identificando a área alagável, bem como estudo hidráulico da capacidade do vertedor. Em ambos os casos deverão ser empregadas técnicas de modelagem hidráulica (modelagem computacional ou modelos de escala reduzida). Baseado nas diretrizes da Eletrobrás para a construção de barramentos de pequenas centrais hidrelétricas (ELETROBRAS, 2000), o dimensionamento do vertedor deverá ser feito para período de retorno mínimo de 1.000 anos caso seja avaliado perigo de sérios dados materiais a jusante e/ou seja utilizado barramento de terra ou enrocamento; tempo de retorno de 10.000 anos quando for identificado risco à vida humana, e de 500 anos no caso de barramentos de concreto onde não forem identificados potenciais riscos de vida ou materiais. Adicionalmente, conforme recomendado pelo DAEE (DAEE, 2005), para barramentos maiores que 15,0 metros de altura, o tempo de retorno mínimo para dimensionamento do vertedor deverá ser de 10.000 anos ou equivalente a PMP (Precipitação Máxima Provável). A literatura é extensa sobre os métodos para determinação da vazão máxima de projeto de vertedor de barragem (Eletrobrás, 2000; Tucci, 2002b).

Destaca-se que as barragens deverão atender às deliberações no âmbito estadual (deliberação da AGERH e Resolução Conjunta SEMAD/IGAM n° 2257 de 2014) da aplicação da Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB), procedendo com o cadastramento junto aos órgãos competentes e demais estudos que estes órgãos venham a requerer (por exemplo avaliação de Dano Potencial Associado, Plano de Segurança de Barragem, Plano de Ação Emergencial, entre outros).

Enchimento: antes do enchimento do reservatório deverá ser feita a total remoção de vegetação remanescente e limpeza do local a ser alagado. A regra de operação do enchimento do reservatório deverá ser fruto de estudo específico, de maneira a evitar rebaixamento repentino da lâmina d'água no trecho de jusante e a mortandade de peixes que venham a ficar presos em poças nas zonas marginais, além da garantia da vazão necessária para os usos de jusante.

Apresentação do projeto: deverá ser feita em planta de situação apresentando todo arranjo do sistema de captação, plantas específicas para o barramento e demais obras (escala recomendada de 1:500 ou mais detalhada) e perfis, tantos quantos necessários para boa representação das variações do barramento ao longo da seção transversal do corpo d'água ou da margem (no caso de obras de proteção). Deverão estar indicados nos desenhos os níveis: mínimo, normal de operação e máximo (indicando tempo de retorno). Vertedores, comportas, tomada d'água e outros dispositivos especiais deverão ser representados em desenhos separados. Para facilidade de interpretação dos desenhos, todos os dispositivos devem estar numerados e apresentados em listagem em anexo ou no próprio desenho.

Deverá ser apresentado o desnível do provável ponto de captação até a próxima unidade do sistema, incluindo identificação da pre-sedimentação e justificativa da necessidade em função da qualidade de água bruta. Relatórios técnicos e memória de cálculo do estudo hidrológico, hidráulico, hidrossedimentológico e estrutural para barragem e das obras complementares de proteção deverão ser apresentados.

Os desenhos deverão seguir as normas NBR pertinentes a desenhos técnicos, destacando-se (mas não se restringindo) às normas NBR 5984, NBR 8196, NBR 8403 e NBR 10647. No caso de o operador do SAA possuir normas internas próprias para apresentação dos desenhos, estas deverão ser seguidas. Destaca-se que os desenhos deverão estar de acordo com as normas dos órgãos competentes para requerimento de outorga e de cadastramento das barragens no âmbito da PNSB.

8.4.2 Sistemas de bombeamento e estações elevatórias

Os sistemas de bombeamento e estações elevatórios se fazem necessários para promover o recalque da água para cotas mais elevadas. Seu dimensionamento e especificações de dispositivos especiais como ventosas, registros, válvulas de alívio, dispositivos para evitar golpe de aríete, entre outros, deverão seguir as especificações da norma NBR 12214 que dispõe sobre "Projeto de Sistema de Bombeamento de Água para Abastecimento Público".

Os sistemas deverão sempre contar com, no mínimo, duas bombas, sendo elas idênticas e cada uma com capacidade de atendimento pleno da vazão de projeto. No caso de se optar por três bombas, duas delas devem ser capazes de atender à vazão de projeto com a terceira em espera ou, no caso de mais bombas, devem ser previstas bombas em espera com capacidade igual ou superior a 25 % da vazão de projeto.

São observados casos onde a ETA das localidades opera de maneira intermitente e, para minimização das obras de reservação de água bruta, pode optar-se que o sistema de captação opere da mesma maneira. Nestes casos, a vazão de trabalho dos sistemas de bombeamento será maior do que a vazão demandada, devendo o dimensionamento do sistema levar em conta este fator.

Como estruturas acessórias às bombas, tem-se a casa de bombas onde é abrigado todo o sistema elétrico e de controle das bombas, bem como eventuais instalações de apoio a operação (instalações hidráulico-sanitárias, almoxarifado, etc.). O projeto destas instalações deverá atender às normas NBR pertinentes e às normas municipais, do corpo de bombeiros, e outras normas pertinentes. Adicionalmente, foi observado que, na maioria das alternativas apontadas no estudo conceitual, deverá ser realizado prolongamento da rede elétrica. Exigências da concessionária dos serviços de distribuição de energia deverão ser considerados na fase de projeto.

No caso de uso de bombas não afogadas, deverá ser previsto sistema de escorva considerando a menor operação ou a critério do operador do sistema. Todo o sistema deverá ser instrumentado de modo a permitir o registro de operação, em especial dos horários de funcionamento e vazão bombeada. Normas específicas dos estados ou operadores dos sistemas para macromedição da vazão nas captações deverão obedecidas.

Deverão ser estabelecidos em nota de projeto, procedimentos para partida e desligamento do sistema de bombeamento, bem como para operação das válvulas, visando à minimização de risco de golpe de aríete. A memória de cálculo dos estudos de transiente hidráulico deverá ser apresentada no projeto, bem como a memória de cálculo da definição dos equipamentos de proteção a serem utilizados. Apesar de no presente relatório ser apresentado o sistema de bombeamento e de adução de maneira separada, os estudos de transientes hidráulicos devem contemplar o sistema como um todo.

A apresentação do projeto do sistema de bombeamento deve conter a memória de cálculo do dimensionamento do sistema moto-bomba e dos componentes hidráulicos, dimensionamento do poço de sucção e barriletes de sucção (quando aplicável). A memória de cálculo deve ser acompanhada de perfil reduzido da linha de recalque.

Quando o sistema de bombeamento estiver próximo à captação, ele deverá estar representado na planta de situação apresentando visão geral da captação. Caso a estação elevatória esteja longe da captação, esta deverá apresentar planta de situação específica. Deverão ser apresentadas plantas e cortes, quantos forem necessários, para o perfeito entendimento do projeto, sendo indicadas dimensões e cotas. Para facilidade de interpretação dos desenhos, todos os dispositivos (comportas, válvulas, tubos, etc.) devem estar numerados e apresentados em listagem em anexo ou no próprio desenho.

A projeto geral também deverá conter as instalações civis, hidráulico-sanitárias, urbanística e de acesso ao local, bem como o projeto elétrico.

Os desenhos deverão seguir as normas NBR pertinentes a desenhos técnicos, destacando-se (mas não se restringindo) às normas NBR 5984, NBR 8196, NBR 8403 e NBR 10647. No caso de o operador do SAA possuir normas internas próprias para apresentação dos desenhos estas deverão ser seguidas.

8.4.3 Adutoras

O projeto das adutoras deverá seguir a NBR 12215 “Projeto de adutora de água para abastecimento público”, normas específicas de acordo com o material escolhido (por exemplo, a NBR 9822, para tubulações em PVC, a NBR 15561 e NBR 15802 para tubulação em PEAD, a NBR 9797 para tubulação em aço carbono, entre outras normas aplicáveis. Destaca-se que as normas aplicáveis não se restringem as aqui exemplificadas) e normas dos operadores do SAA (quando existentes).

Os traçados de adutoras sugeridos foram baseados em dados topográficos de escala grosseira e no uso e ocupação estimado com base em imagens de satélite. O traçado, tanto em planta quanto em perfil, deve ser revisto com dados de topografia de melhor escala, dados geológicos e inspeções de campo, incluindo mapeamento das propriedades a serem desapropriadas. Em um segundo momento, deverá ser feita a confirmação do traçado com levantamento topográfico planialtimétrico numa faixa de 30 a 60 metros, sondagens geotécnicas, bem como mapeamento das estruturas afetadas, travessias necessárias e propriedades a serem desapropriadas. O traçado final deverá evitar ou minimizar obras de travessia dos fundos de vale e topos de montanha, terrenos rochosos, alagadiços e de pouca resistência, e a necessidade de desapropriações.

São observados casos onde a ETA das localidades opera de maneira intermitente e, para minimização das obras de reservação de água bruta, pode optar-se que a adução opere da mesma maneira. Nestes casos, a vazão de trabalho da adutora será maior do que a vazão demandada, devendo o dimensionamento da tubulação levar em conta este fator. Destaca-se ainda que, nestes casos, sólidos sedimentáveis podem se acumular nas tubulações, devendo ser prevista em projeto a limpeza periódica dos dutos, bem como sua periodicidade.

Tsutyia (2013) recomenda que a tubulação seja dimensionada para garantia de velocidade mínima de escoamento igual a 0,50 m/s e, conforme o trabalho de Rey e colaboradores (1996), velocidade máxima igual a 1,50 m/s. Estes limites são sugeridos para a minimização de problemas de deposição de sedimentos na tubulação, das perdas de carga e riscos de ocorrência de efeitos dinâmicos nocivos (golpe de aríete).

A escolha do material da tubulação, bem como especificações quanto à espessura da parede da tubulação, deverá ser definida com base nos efeitos da pressão estática e dinâmica, critérios econômicos e da praticidade da técnica construtiva (considera-se que o tempo de construção seja fator de grande importância). De acordo com o material escolhido, deverá ser avaliada a necessidade de proteção contra corrosão.

Deverá ser estudada a necessidade de acessórios como blocos de ancoragem, válvulas de descarga (em especial para trechos de fundo de vale), ventosas e/ou válvulas de admissão e de saída de ar, e outros dispositivos para proteção contra transientes hidráulicos que se mostrem necessários. Adicionalmente, tal qual descrito no item de sistemas de bombeamento, deverão ser especificadas em projeto as regras para abertura e fechamento de válvulas e comportas para minimização de riscos de golpe de aríete.

As travessias em corpos d'água, rodovias e vias férreas deverão preferencialmente ser realizadas utilizando estruturas existentes, como pontes e galerias. Nos casos onde não existam tais estruturas, deverão ser estudadas as alternativas de travessia aérea ou enterrada, sendo destacado que, no primeiro caso, deve ser considerado o risco de depredação como um dos fatores de decisão. Nas travessias em rodovias e vias férreas, deverão ser observadas as normas específicas dos órgãos concessionários. No caso de travessia em corpos d'água, deverá ser avaliado o potencial de rebaixamento e potencial de migração lateral do leito do curso d'água para definição da profundidade da travessia. Adicionalmente, normas específicas dos órgãos competentes (IGAM e AGERH) devem ser observadas para o requerimento de outorga.

A apresentação do projeto da adutora deve ser feita por meio de plantas de caminhamento com os respectivos perfis longitudinais com indicação de dispositivos especiais como ventosas, registros, medidores de vazão, dispositivos de proteção para evitar golpe de aríete, descargas, entre outros. Deverão ser apresentados pelo menos os elementos: estaqueamento; cotas do terreno e da geratriz inferior da tubulação; diâmetro e tipo de material das tubulações projetadas; declividade; profundidade; tipos de terrenos; tipos de pavimentação, quando em área urbanizada; travessias especiais (vias e outros) e lista de materiais e equipamentos. As travessias deverão ser apresentadas em desenho exclusivo em planta e em perfil. Para otimização deste trabalho, sugere-se que a apresentação das travessias esteja de acordo com os requerimentos de outorga ou licença junto aos órgãos competentes (SEMAD/IGAM, AGERH, concessionárias das rodovias, prefeituras municipais, concessionárias das linhas férreas e outras entidades competentes). Os desenhos deverão seguir as normas NBR pertinentes à desenhos técnicos, destacando-se (mas não se restringindo) às normas NBR 5984, NBR 8196, NBR 8403 e NBR 10647. No caso de o operador do SAA possuir normas internas próprias para apresentação dos desenhos, estas deverão ser seguidas.

8.4.4 Desapropriações

De modo geral, em todas as obras hidráulicas a serem construídas, existe a possibilidade da necessidade de desapropriação de terras. Nestes casos, deverá ser realizada inspeção de campo para mapeamento e cadastramento das áreas a serem desapropriadas.

Para a avaliação comparativa em nível de projeto, deverá ser apresentada listagem da relação das desapropriações necessárias à implantação de cada alternativa individualmente. Deverão estas incluir os seguintes dados:

- Nome da propriedade;

- Coordenadas geográficas ou UTM;
- Área correspondente a desapropriar;
- Croquis e planta da área em escala conveniente;
- Memorial descritivo da área, incluindo as benfeitorias;
- Nome do proprietário e seu endereço;
- Valor das terras e das benfeitorias.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um estudo para identificação de mananciais alternativos ao rio Doce para o abastecimento público de 24 diferentes localidades, e o detalhamento do uso destes mananciais (captação e adução até as localidades) em nível conceitual. A abrangência do estudo, as localidades a serem atendidas, bem como as metas de redução de dependência das águas do rio Doce foram estabelecidas pelo TTAC. Os resultados apresentados visam dar subsídios para o operador e para a Fundação RENOVA na escolha das alternativas potenciais que devem ser revistas em nível de projeto básico e executivo. Espera-se que com a implantação destas alternativas seja aumentada a resiliência dos SAA das localidades promovendo segurança hídrica.

A população a ser atendida variou de localidades com menos de 100 habitantes, como os casos do distrito de Barreto no município de Barra Longa (MG) e distrito de Camargos em Mariana (MG), até grandes centros urbanos com mais de 100 mil habitantes, como o caso das sedes municipais de Governador Valadares (MG) com 282 mil habitantes, Linhares (ES) com 137 mil habitantes e Colatina (ES) com 102 mil habitantes. Do mesmo modo as demandas a serem atendidas apresentam grande amplitude, variando de 1,2 L/s para as menores localidades até 1.008,0 L/s para o caso de Governador Valadares (MG).

Um abrangente estudo de disponibilidade hídrica, tanto superficial quanto subterrânea, foi conduzido para toda a bacia, com enfoque principal nos municípios e localidades contempladas no TTAC. Por se tratar de uma avaliação de disponibilidade hídrica em nível conceitual, simplificações foram adotadas (como por exemplo a testes de qualidade das águas e a identificação dos demais usos da bacia) as quais deverão ser revisadas na fase de projeto básico e executivo.

Para cada localidade foi verificado se já existiam benfeitorias e infraestrutura criada pela Fundação RENOVA (especialmente poços perfurados e infraestrutura para captação e adução de água de mananciais superficiais) ou infraestrutura já existente para captação em manancial alternativo (poços sob domínio dos operadores do SAA), sendo estas consideradas como alternativas em potencial para o abastecimento.

Para todas as localidades foi avaliado o uso de manancial superficial e subterrâneo, sendo selecionadas e avaliados em nível conceitual de 2 a 5 alternativas. Para cada alternativa foram avaliadas a disponibilidade hídrica e capacidade de atendimento a demanda local, condições de conservação da bacia hidrográfica, infraestrutura necessária para captação e adução até a ETA ou outra unidade do SAA, incluindo construção de barragem, sistemas de bombeamento, adução, necessidade de prolongamento de rede elétrica, além de se identificar pontos de atenção como travessias e procedimentos de licenciamento, e se estimou o custo de implantação. Baseado nestas características foi feita comparação entre as alternativas e sugerida uma ordem de classificação para avaliação.

Das 24 localidades têm-se a vazão combinada de abastecimento de 1.533 L/s, e a uma população total de 618.927 habitantes. Considerando somente as alternativas elencadas como primeira e segunda na ordem de avaliação, estima-se que os investimentos necessários para a implantação dos sistemas alternativos podem variar da ordem de grandeza de R$ 110 a 190 milhões de reais, com a implantação de todas as alternativas 1 e todas alternativas 2, respectivamente.

De maneira geral, as localidades com menor população o uso de manancial subterrâneo se mostra como alternativa mais atraente, enquanto que para as localidades com maior população, e maior demanda, o uso de manancial superficial é apontado como mais atrativo. Das 24 localidades, as fontes dos mananciais preferenciais são: 16 (66,7%) para água subterrânea, 5 (20,8%) com água superficial e 3 (12,5%) usam a combinação de água subterrânea e superficial.

A Tabela 121 e a Tabela 122 apresentam um resumo de todas as localidades, com a população, demanda de água acordado no TTAC, as principais alternativas selecionadas (duas primeiras na ordem de classificação indicadas com a numeração 1 e 2) e o custo estimado correspondente.

Tabela 121. Tabela resumo dos resultados para as 24 localidades com relação às fontes alternativas para abastecimento.

Município	Localidade	Demanda (L/s)	Alternativas	Tipo	Custos estimados (R$ x 1000)	População
Aimorés	Santo Antônio do rio Doce	1,80	1 – Poços 2 – Rio Manhuaçu (adut. Água tratada)	Subterrâneo Superficial	28 832	1.500[1]
Alpercata	Sede	7,12	1 – Poços 2 – R. Traíra	Subterrâneo Superficial	230 909	9.400[1]
Baixo Guandu	Mascarenhas	1,80	1 – C. Olofote 2 – Poços	Superficial Subterrâneo	255 384	990[1]
Baixo Guandu	Sede	42,00	1 – Rio Guandu 2 – C. Água Limpa	Superficial Superficial	1.908 5.413	30.070[1]
Barra Longa	Barreto	1,20	1 – Poços 2 – C. Barreto	Subterrâneo Superficial	150 205	90[1]
Barra Longa	Gesteira	1,20	1 – Poços 2 – Poços	Subterrâneo Subterrâneo	25 178	113[2]
Belo Oriente	Perpétuo Socorro	6,60	1 – Poços + C. do Café 2 – Poços	Subt. + Superf. Subterrâneo	675 1.321	9.000[1]
Colatina	Sede – Norte Sede – Sul	192,00	1 – Rio Pancas 1 – Rio S. Maria do Rio Doce	Superficial Superficial	4.719 3.924	102.010[1]
Fernandes Tourinho	Senhora da Penha	1,20	1 – Poços 2 – Córrego Preto	Subterrâneo Superficial	28 226	547[3]
Galiléia	Sede	7,09	1 – Poços 2 – C. São Tomé	Subterrâneo Superficial	22 333	8.100[1]
Governador Valadares	São Vitor	1,80	1 – Poços 2 – Manancial sem nome	Subterrâneo Superficial	28 211	655[1]
Governador Valadares	Sede – Norte Sede – Sul	900,00 108,00	1 – Rio Suaçuí Grande	Superficial	95.109	282.000[1]
	Sede – Norte Sede – Sul	900,00 108,00	2 – Rio Corrente Grande	Superficial	168.868	

[1] Fonte: estudo ESSE em 2015; [2] Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico da localidade; e [3] Fonte: censo demográfico do IBGE em 2010.

Tabela 122. Continuação da Tabela 121. Tabela resumo dos resultados para as 24 localidades com relação às fontes alternativas para abastecimento.

Município	Localidade	Demanda (L/s)	Alternativas	Tipo	Custos estimados (R$ x 1000)	População
Itueta	Sede	5,15	1 – C. do Barata e Quatisinho + poços 2 – Rio Itueto	Subt. + Superf. Superficial	3.983 3.460	4.263[1]
Linhares	Sede	200,00	1 – Lagoa Nova	Superficial	26	136.600[1]
Linhares	Regência	6,00	1 – Poços 2 – Poços	Subterrâneo Superficial	- 667	2.220[1]
Mariana	Camargos	1,20	1 – Poços 2 – C. sem nome	Subterrâneo Superficial	150 174	83[3]
Mariana	Paracatu de Baixo	1,20	1 – Poços 2 – C. do Castro	Subterrâneo Superficial	150 282	240[1]
Mariana	Pedras	1,20	1 – Poços 2 – Manancial sem nome	Subterrâneo Superficial	214 357	1.656[3]
Marilândia	Boninsegna	1,20	1 – Poços 2 – Manancial 1	Subterrâneo Superficial	150 214	Sem dados
Periquito	Pedras Corrida	3,30	1 – Poços 2 – Ribeirão Salão	Subterrâneo Superficial	- 286	1.421[1]
Resplendor	Sede	34,00	1 – C. Santana + poços 2 – C. Barroso + poços	Subt. + Superf. Subt. + Superf.	2.377 2.409	1.9962[1]
Santana do Paraíso	Ipaba do Paraíso	1,20	1 – Poços 2 – C. do Bueiro	Subterrâneo Superficial	81 248	1.274[3]
Tumiritinga	São Tomé do Rio Doce	1,50	1 – Poços 2 – C. Poço Dantas	Subterrâneo Superficial	6 208	120[1]
Tumiritinga	Sede	5,70	1 – Poços 2 – C. da Capivara	Subterrânea Superficial	- 394	6.600[1]
Totais		**1533,50**	**Custo estimado para implantação de todas alternativas 1** **Custo estimado para implantação de todas alternativas 2**		**110.314** **191.529**	618.927

[1] Fonte: estudo ESSE em 2015; [2] Fonte: Plano Municipal de Saneamento Básico da localidade; e [3] Fonte: censo demográfico do IBGE em 2010.

Ressalta-se que as avaliações apresentadas neste estudo são pautadas em informações secundárias e, por isso, devem ser consideradas preliminares. Os resultados devem ser verificados nas fases de elaboração de projeto básico e executivo das alternativas, incluindo a realização de inspeções de campo e o uso de dados e métodos específicos que confirmem a disponibilidade e a qualidade da água dos mananciais selecionados seguindo os procedimentos e especificações técnicas sugeridos no capítulo 8 do presente relatório.

Uma análise preliminar de potenciais contaminações foi realizada, mas é necessário avaliar a qualidade da água dos mananciais por meio de programa de amostragem e análises. Da mesma forma, não foram avaliados a existência de outros usos da água na bacia dos mananciais avaliados, devendo estes serem levados em consideração nos estudos mais detalhados de disponibilidade hídrica. Deve ser destacado que procurou-se selecionar mananciais que apresentavam certa folga na capacidade de atendimento a demanda e identificar potenciais usuários na bacia hidrográfica por meio de imagens aéreas, sendo provável que os locais selecionados não apresentem conflitos, mas é essencial a avaliação local com informações coletadas em campo.

No processo da escolha final da alternativa, além do custo deve-se avaliar os seguintes condicionantes para definição da alternativa:

- Avaliação da qualidade da água atual e potencial contaminação futura do manancial. Isto envolve as águas superficiais e subterrâneas. Neste aspecto deve-se entender limite no qual a ETA tem condições de tratar a água disponível. É um fator que necessitará de dados de monitoramento e entendimento das potenciais fontes de contaminação da bacia hidrográfica de montante;
- Viabilidade do sistema de adução prevista em face de informações locais de interferência com vias, redes de todo tipo, ocupações, geologia e topografia;
- Todo manancial tem um risco de atendimento da demanda, portanto é necessário avaliar no projeto o risco de falha e planejar a segurança hídrica quando o risco vier a ocorrer, utilizando-se de um monitoramento e um sistema de previsão de vazão;
- Considerando o aspecto da segurança hídrica é essencial que os sistemas hoje existentes de captação no rio Doce sejam mantidos com capacidade de operação em sua vazão plena, pois a tendência é que a turbidez causada pelos rejeitos diminua com o passar do tempo e este manancial pode ser uma alternativa para promover a segurança hídrica no futuro.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPE - Assoc. Brasileira de Tubos Polioefícos e Sistemas (2013). **Manual de Boas Práticas**. Documento on line disponível em http://www.abpebrasil.com.br/ Acesso em Fevereiro de 2017.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. (1998). **Crop Evapotranspiration—Guidelines for Computing Crop Water Requirements**. FAO Irrigation and drainage paper 56. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. ISBN 92-5-104219-5. Retrieved 2007-10-08.

ALPES Engenharia (2017). **Orçamento de assessoria em procedimentos de licenciamento ambiental**. Comunicação via email com Engº. Fábio Lucas V. Degrecci, Diretor da Alpes Consultoria e Projetos Ambientais. Abril de 2017.

ANA (2012a). **Orientações para operação das estações hidrométricas**. Agência Nacional de Águas, 52p.

ANA (2012b). **Orientações para consistência de dados fluviométricos**. Agência Nacional de Águas, 19p.

ANA (2012a). **Orientações para consistência de dados pluviométricos**. Agência Nacional de Águas, 21p.

ANA (2014). **Orientação para elaboração do relatório de instalações de estações hidrométricas**. Agência Nacional de Águas.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil.** Artigo 231, prágrafo 3º. Brasília, DF: Senado, 1988.

CBH-Doce (2017). **Informações Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Doce**. Disponível em http://www.cbhdoce.org.br/. Consulta em 27 de janeiro de 2017.

CONAMA (2005). Resolução n° 357, de 17 de março de 2005. Classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Conselho Nacional de Meio Ambiente.

CONDOESTE – UFES (2015a). **Plano Municipal de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Baixo Guandu.** Baixo Guandu – ES.

CONDOESTE – UFES (2015b). **Plano Municipal de Saneamento Básico e Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Colatina**. Colatina – ES, 2015.

DAEE (2005). **Guia prático para projetos de pequenas obras hidráulicas**. Departamento de Águas e Energia Elétrica. São Paulo. 116 p.

ECOPLAN-LUME (2010a), **Relatório Executivo do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce – PIRH Doce**. Governador Valadares, MG.

ECOPLAN-LUME (2010b). **Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos Guandu – PARH Guandu.** Governador Valadares, MG.

ECOPLAN-LUME (2010c). **Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos Caratinga – PARH Caratinga.** Governador Valadares, MG.

ECOPLAN-LUME (2010d). **Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos Manhuaçu – PARH Manhuaçu**. Governador Valadares, MG.

ECOPLAN-LUME (2010e). **Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos Piranga – PARH Piranga**. Governador Valadares, MG.

ECOPLAN-LUME (2010f). **Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos São José – PARH São José**. Governador Valadares, MG.

ECOPLAN-LUME (2010g). **Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos Santa Maria do Doce – PARH Santa Maria do Doce**. Governador Valadares, MG.

ECOPLAN-LUME (2010h). **Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos Santo Antônio – PARH Santo Antônio**. Governador Valadares, MG.

ECOPLAN-LUME (2010i). **Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos Suaçuí – PARH Suaçuí**. Governador Valadares, MG.

ELETROBRAS (2000). **Diretrizes para estudos e projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas**. Diretoria de Engenharia, Eletrobrás, Ministério de Minas e Energia.

ENGECORPS (2014). **Elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Município de Mariana PRODUTO 8 – RELATÓRIO FINAL DO PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO. MUNICÍPIO: MARIANA**. Mariana, novembro de 2014.

ESSE (2015). **Diagnóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário dos Municípios Afetados pelo Acidente**. ESSE Engenharia e Consultoria. Dez/2015.

ESSE (2015). **Diagnóstico dos Sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário dos Municípios Afetados pelo Acidente**. ESSE Engenharia e Consultoria.

FUNAI (2017). **Comboios**. Acesso em maio de 2017. Disponível em: http://www.funai.gov.br/terra_indigena_2/mapa/index.php?cod_ti=10202

FUNASA (2013). **Elaboração de diagnósticos, estudos de concepção e viabilidade (Relatório Técnico Preliminar – RTP), projetos básicos e executivos de engenharia e estudos ambientais para sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário**. Fundação Nacional da Saúde, novembro de 2013. 251 p.

GOLDER Associates (2017). **Programa de Monitoramento Quali-Quantitativo Sistema de Água e Sedimentos**. Relatório técnicao RT-029_159-515-2282_07-J preparado para Fundação RENOVA. Abril de 2017.

GONÇALVES, M. A. (2015), **Ecohidrologia e gestão integrada de recursos hídricos em uma bacia lacustre costeira (Lago Nova/Linhares/ES)**. Tese de Doutorado apresentada ao na Universidade Federal do Espírito Santo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Oceanografia Ambiental. Vitória, 2015.

HIDROPOÇOS. **Levantamento Geofísico e Sondagem Geofísica no município de Itueta-MG.** Contratante: Fundação Renova. Fevereiro/2017.

INSTITUTE OF HYDROLOGY (1980). **Low flow studies**. Walingford.

MAGALHÃES, R. N., (2009). **Estimação de custos para projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas**. 2009. 124 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) - Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá. Itajubá - MG.

MINISTÉRIO DAS CIDADES (2011). **Termo de referência para elaboração de estudos de concepção e projetos de engenharia para os sistemas de abastecimento de água - diretrizes e parâmetros - Estudos e Projetos**. Brasília – DF.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (2004). **Portaria MS nº 518/2004**. Brasília - DF

MP Engenharia Ambiental (2017). **Orçamento para instalação de posto fluviométrico e levantamento de curva-chave**. Comunicação via email com Engº. Marcelo M. S. Marques, Diretor da MP Engenharia Ambiental. Abril de 2017.

NewFields (2016a). **Memorando: Relatório de Avaliação da ETA de Baixo Guandu**. NewFields. Out/2016.

NewFields (2016b). **Memorando: Relatório de Avaliação da ETA de Mascarenhas**. NewFields. Out/2016.

NewFields (2016c). **Memorando: Relatório de Avaliação da ETA de Itueta.** NewFields. Out/2016.

NewFields (2016d). **Memorando: Relatório de Avaliação da ETA de Linhares**. NewFields. Nov/2016.

NewFields (2016e). **Memorando: Relatório de Avaliação da ETA de Pedra Corrida**. NewFields. Set/2016.

NewFields (2016f). **Memorando: Relatório de Avaliação da ETA de Resplendor**. NewFields. Out/2016.

NewFields (2016g). **Memorando: Relatório de Avaliação da ETA de Tumiritinga**. NewFields. Out/2016.

NewFields (2016h). **Memorando: Relatório de Avaliação da ETA de Aimorés (Mauá)**. NewFields. Out/2016.

NewFields (2016i). **Memorando: Relatório de Avaliação da ETA de Alpercata**. NewFields. Set/2016.

NewFields (2016j). Memorando: Relatório de Avaliação da ETA de Galiléia. NewFields. Set/2016.

PENMAN, H.L. (1948): **Natural evaporation from open water, bare soil and grass**. Proc. Roy. Soc. London A (194), S. 120-145.

RENOVA (2016a). **Atualização do Plano de Recuperação Ambiental Integrado – PRAI**. Fundação RENOVA, Nov/2016.

RENOVA (2016b). **Plano de Contingência do Período Chuvoso: Melhorias nos sistemas de tratamento de água – Período: Out a Dez de 2016.** Slides de apresentação, arquivo “Relatorio mensal - Delib 33 CIF - Dez 16_05.01.2017.pptx” Fundação RENOVA, 2016.

RENOVA (2016c). **Moradores de Colatina ganham nova fonte alternativa de captação de água**, artigo online publicado em 01/02/2017 disponível em http://www.fundacaorenova.org/noticia/moradoresdecolatinaganhamnovafontealternativadecaptacaodeagua/ Acesso em Fev/2017.

RENOVA (2016d). **Planilha de dados "Informação - Captação Atual**.xlsx".

RENOVA (2017a). **Relatório Mensal CIF.** – Dezembro/2016 a 05/janeiro/2017. Fundação Renova.

RENOVA (2017b). **Ações de melhoria dos sistemas de tratamento de água e das captações alternativas de abastecimento**. Relatório Mensal de Abril de 2017. Fundação Renova.

RENOVA (2017c). **Colatina e Linhares recebem adutoras alternativas de captação de água**. Artigo online publicado em 11/11/2016 disponível em http://www.fundacaorenova.org/noticia/colatinaelinharesrecebemadutorasalternativasdecaptacaodeagua/ Acesso em Janeiro de 2017.

REY, P. L. I. et. al (1996). Aducciones. In: **Ingenieria Hidraulica Aplicada a los Sistemas de Distribuición de Agua**. Aol 1. Cap. 9. Universidad Politecnica de Valencia. Espanha.

SAMARCO Mineração S/A (2016a). **Relatório da célula Governador Valadares: Ações Realizadas em Governador Valadares e Região.** SAMARCO Mineração S.A. Março/2016.

SAMARCO Mineração S/A (2016b). **Ipabinha – Área Urbana. Perfuração de Poços Artesianos na Cidade de Ipabinha (Santana Do Paraíso).** Revisão 00 – Emissão inicial. Belo Horizonte – MG, 2016.

SAMARCO Mineração S/A (2016)**. Dossiê GV** – Revisão 6 - Relatório da Célula de Governador Valadares – Ações realizadas em Governador Valadares e região.

SENHA Engenharia (2015). **Plano Municipal de Saneamento Básico** – PMSB. Produto 3: Prognósticos e Alternativas para Universalização dos Serviços de Saneamento Básico.

SIAGAS – **Sistema de Informação de Águas Subterrâneas**. Disponível em: http://siagasweb.cprm.gov.br. Acesso em Fevereiro de 2017.

SINAPI (2017a). **Custos de Composições Analítico** - Referência: Janeiro de 2017. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Documento on line disponível em http://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx#categoria_556. Acesso em Fevereiro de 2017.

SILVA JR, O. B.; BUENO, E.; TUCCI, C.E.M.; CASTRO, N. M. R. (2003). **Extrapolação na regionalização da vazão**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Vol 8 n.1 jan/mar 31-37

SILVEIRA, G.; TUCCI, C.E.M; SILVEIRA, A.L.; (1998). **Quantificação da vazão em pequenas bacias sem dados**. RBRH Revista Brasileira de Recursos Hídricos Vol 3 n 3 111-131.

SINAPI (2017b). **Preços de Insumos** - Referência: Janeiro de 2017, MG. Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil. Documento on line disponível em http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_648. Acesso em Fevereiro de 2017.

SOUZA, S. M. T. (1995). **Disponibilidades Hídricas Subterrâneas no Estado de Minas Gerais.** 1ª. Ed. 525p. Belo Horizonte: HIDROSSISTEMAS, 1995.

SHS Engenharia Sustentável (2016a). **Plano Municipal de Saneamento Básico de Itueta – MG**. Relatório Final - Volume 1 - Gestão Integrada do Saneamento Básico Municipal.Itueta – MG. Junho/2016.

SHS Engenharia Sustentável (2016b). **Plano Municipal de Saneamento Básico de Resplendor – MG**. Relatório Final. Volume 1 - Gestão Integrada do Saneamento Básico Municipal Resplendor – MG, Set/2016.

TSUTIYA, M. T. (2013). **Abastecimento de Água.** 4ª Edição - Dep. de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Versão original 2006, reimpressão 2013.

TUCCI, C. E. (2002b). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH.

TUCCI, C.E. M. (2002a). **Regionalização de vazões**. Editora da UFRGS/ ABRH.

UNEC - Fundação Educacional de Caratinga (2016a). **Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Município de Alpercata – MG**. Relatório Final e Proposição da Minuta de Lei do PMSB – Produto 08/08. Alpercata, MG, Nov/2016.

UNEC - Fundação Educacional de Caratinga (2016b). **Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Município de Fernandes Tourinho – MG**. Relatório Final e Proposição da Minuta de Lei do PMSB – Produto 08/08. Fernandes Tourinho – MG, Nov/2016.

UNEC - Fundação Educacional de Caratinga (2016c). **Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Município de Galiléia – MG**. Relatório Final e Proposição da Minuta de Lei do PMSB – Produto 08/08. Galiléia – MG, Nov/2016.

UNEC - Fundação Educacional de Caratinga (2016d). **Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Município de Periquito – MG**. Relatório Final e Proposição da Minuta de Lei do PMSB – Produto 08/08. Periquito – MG, Out/2016.

UNEC - Fundação Educacional de Caratinga (2016e). **Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB) do Município de Tumiritinga – MG**. Relatório Final e Proposição da Minuta de Lei do PMSB – Produto 08/08. Tumiritinga – MG, Nov/2016.

Vallenge Engenharia (2015). **Plano Municipal de Saneamento Básico Barra Longa – MG**. RELATÓRIO FINAL. Barra Longa – MG, 2015.

YEVJEVICH, V. (1972). **Probability and Statistics in Hydrology**. Fort Collins, Colorado. Water Resources Publications.

Apêndice A. SELEÇÃO DE POSTOS FLUVIOMÉTRICOS ANALISADOS

Tabela 123. Postos fluviométricos com dados de vazão na bacia do rio Doce utilizados nas análises

Código ANA	Nome	Rio	Estado	Município	Responsável	Operadora	Latitude	Longitude	Área de Drenagem (km²)
56335000	Acaiaca	Ribeirão do Carmo	MG	Acaiaca	ANA	ANA	-20:21:45	-43:8:35	1330
56335001	Acaiaca Jusante	Rio do Carmo	MG	Acaiaca	ANA	CPRM	-20:21:41	-43:8:22	1370
56990990	Afonso Claúdio Montante	Rio Guandu	ES	Afonso Cláudio	ANA	CPRM	-20:4:39	-41:7:27	435
56989500	Assarai	Rio José Pedro	MG	Pocrane	ANA	ANA	-19:36:0	-41:28:0	3470
56989400	Assarai Montante	Rio José Pedro	MG	Pocrane	ANA	CPRM	-19:35:41	-41:27:29	3190
56992000	Baixo Guandu	Rio Guandu	ES	Baixo Guandu	ANA	CPRM	-19:31:25	-41:0:51	2130
56998400	Barra de São Gabriel	Rio São José	ES	São Gabriel da Palha	ANA	CPRM	-19:2:28	-40:32:2	1070
56940002	Barra do Cuieté Jusante	Rio Cuité	MG	Conselheiro Pena	ANA	CPRM	-19:3:43	-41:32:0	3220
56719998	Belo Oriente	Rio Doce	MG	Belo Oriente	ANA	CPRM	-19:19:47	-42:22:34	24200
56565000	Bom Jesus Do Galho	Ribeirão Sacramento	MG	Bom Jesus do Galho	ANA	ANA	-19:49:0	-42:19:0	304
56055000	Bráz Pires	Rio Xopotó	MG	Brás Pires	ANA	CPRM	-20:50:51	-43:14:31	1090
56974000	Cachoeira da Neblina	Rio Manhuaçu	MG	Ipanema	ANA	ANA	-19:49:0	-41:47:0	2060
56012000	Cachoeira do Guarara	Rio Guarara	MG	Ouro Preto	ANA	ANA	-20:45:0	-43:34:0	161
56539000	Cachoeira Dos Óculos Montante	Rio Doce	MG	Córrego Novo	ANA	CPRM	-19:46:37	-42:28:35	15900
56720000	Cachoeira Escura	Rio Doce	MG	Belo Oriente	ANA	ANA	-19:19:53	-42:22:18	24200
56925000	Caratinga	Rio Caratinga	MG	Caratinga	ANA	ANA	-19:47:0	-42:4:0	162
56640000	Carrapato (Brumal)	Ribeirão Santa Bárbara	MG	Santa Bárbara	ANA	CPRM	-19:58:18	-43:27:32	609
56182000	Chapada	Ribeirão Falcão	MG	Ouro Preto	ANA	ANA	-20:26:0	-43:34:0	48
56994510	Colatina Corpo De Bombeiros	Rio Doce	ES	Colatina	ANA	CPRM	-19:31:49	-40:37:25	76400
56750000	Conceição do Mato Dentro	Rio Santo Antônio	MG	Conceição do Mato Dentro	ANA	CPRM	-19:0:52	-43:26:46	302
56943000	Conselheiro Pena	Rio João Pinto Grande	MG	Conselheiro Pena	ANA	ANA	-19:10:0	-41:28:0	197
56765000	Dom Joaquim	Rio do Peixe	MG	Dom Joaquim	ANA	CPRM	-18:57:38	-43:14:35	976
56787000	Fazenda Barraca	Rio do Tanque	MG	Ferros	ANA	CPRM	-19:19:55	-43:4:13	1260

Código ANA	Nome	Rio	Estado	Município	Responsável	Operadora	Latitude	Longitude	Área de Drenagem (km²)
56986000	Fazenda Boa Esperança	Ribeirão São Domingos	MG	Ipanema	ANA	ANA	-19:59:41	-41:42:29	335
56976000	Fazenda Bragança	Rio Manhuaçu	MG	Ipanema	ANA	CPRM	-19:44:35	-41:47:7	2260
56425000	Fazenda Cachoeira D'antas	Rio Doce	MG	São José do Goiabal	ANA	CPRM	-19:59:40	-42:40:28	10100
56845000	Fazenda Corrente	Rio Corrente Grande	MG	Virginópolis	ANA	CPRM	-18:53:41	-42:42:45	1050
56337000	Fazenda Ocidente	Rio Gualaxo do Norte	MG	Barra Longa	ANA	CPRM	-20:16:2	-43:6:3	529
56670000	Fazenda Olaria	Rio do Peixe	MG	Nova Era	ANA	ANA	-19:44:0	-43:2:0	399
56240000	Fazenda Paraíso	Rio Gualaxo do Sul	MG	Mariana	ANA	CPRM	-20:23:25	-43:10:55	855
56880000	Fazenda Urupuca	Rio Urupuca	MG	São José da Safira	ANA	ANA	-18:15:0	-42:4:0	2670
56090000	Fazenda Varginha	Rio Turvo Limpo	MG	Porto Firme	ANA	CPRM	-20:42:52	-42:59:59	328
56850000	Governador Valadares	Rio Doce	MG	Governador Valadares	ANA	CPRM	-18:52:59	-41:57:3	40500
56510000	Instituto Florestal Raul Soares	Rio Matipó	MG	Raul Soares	ANA	CPRM	-20:5:51	-42:27:33	1870
56988500	Ipanema	Rio José Pedro	MG	Ipanema	ANA	CPRM	-19:47:56	-41:42:22	1410
56400000	Jequeri	Rio Casca	MG	Jequeri	ANA	ANA	-20:27:0	-42:40:0	1370
56991500	Laranja da Terra	Rio Guandu	ES	Laranja da Terra	ANA	CPRM	-19:54:4	-41:3:29	1330
56998000	Linhares	Rio Doce	ES	Linhares	ANA	ANA	-19:24:27	-40:3:50	82100
56960000	Manhuaçu	Rio Manhuaçu	MG	Manhuaçu	ANA	ANA	-20:16:10	-42:4:1	550
56696000	Mario de Carvalho	Rio Piracicaba	MG	Timóteo	ANA	CPRM	-19:31:29	-42:38:27	5270
56989000	Mutum	Rio São Manoel	MG	Mutum	ANA	ANA	-19:49:5	-41:26:4	1180
56989001	Mutum	Rio São Manoel	MG	Mutum	ANA	CPRM	-19:48:38	-41:26:15	1180
56825000	Naque Velho	Rio Santo Antônio	MG	Açucena	ANA	CPRM	-19:11:17	-42:25:22	10200
56660000	Nova Era	Rio Piracicaba	MG	Nova Era	ANA	ANA	-19:46:0	-43:2:0	3060
56659998	Nova Era Iv	Rio Piracicaba	MG	Nova Era	ANA	CPRM	-19:45:56	-43:1:58	3060
56570000	Pingo D'água	Ribeirão Sacramento	MG	Bom Jesus do Galho	ANA	CPRM	-19:42:31	-42:26:44	855
56028000	Piranga	Rio Piranga	MG	Piranga	ANA	CPRM	-20:41:26	-43:17:58	1400

Código ANA	Nome	Rio	Estado	Município	Responsável	Operadora	Latitude	Longitude	Área de Drenagem (km²)
56010000	Ponte do São Lourenço	Rio Piranga	MG	Conselheiro Lafaiete	ANA	ANA	-20:47:0	-43:34:0	558
56110000	Ponte Nova	Rio Piranga	MG	Ponte Nova	ANA	ANA	-20:25:0	-42:54:0	6210
56110005	Ponte Nova Jusante	Rio Piranga	MG	Ponte Nova	ANA	CPRM	-20:23:2	-42:54:10	6230
56075000	Porto Firme	Rio Piranga	MG	Porto Firme	ANA	CPRM	-20:40:13	-43:5:17	4260
56846000	Porto Santa Rita	Rio Corrente Grande	MG	São Geraldo da Piedade	ANA	CPRM	-18:57:6	-42:21:33	1970
56485000	Raul Soares	Rio Matipó	MG	Raul Soares	ANA	ANA	-20:6:0	-42:26:0	1390
56484998	Raul Soares Montante	Rio Matipó	MG	Raul Soares	ANA	CPRM	-20:6:13	-42:26:24	1350
56948000	Resplendor	Rio Doce	MG	Resplendor	ANA	ANA	-19:19:0	-41:15:0	61200
56948005	Resplendor - Jusante	Rio Doce	MG	Resplendor	ANA	ANA	-19:20:35	-41:14:46	61200
56415000	Rio Casca	Rio Casca	MG	Rio Casca	ANA	CPRM	-20:13:34	-42:39:0	2030
56610000	Rio Piracicaba	Rio Piracicaba	MG	Rio Piracicaba	ANA	CPRM	-19:55:54	-43:10:23	1160
56993600	Santa Joana	Rio Santa Joana	ES	Colatina	ANA	ANA	-19:33:0	-40:43:0	897
56870000	Santa Maria do Suaçuí	Rio São Félix	MG	José Raydan	ANA	CPRM	-18:12:6	-42:27:17	622
56967000	Santana de Manhuaçu	Rio Manhuaçu	MG	Santana do Manhuaçu	ANA	ANA	-20:7:0	-41:55:0	1520
56978000	Santo Antônio do Manhuaçu	Rio Manhuaçu	MG	Ipanema	ANA	CPRM	-19:40:43	-41:50:9	2350
56145000	São Caetano de Mariana	Ribeirão do Carmo	MG	Mariana	ANA	ANA	-20:21:0	-43:22:0	138
56385000	São Miguel do Anta	Rio Casca	MG	São Miguel do Anta	ANA	CPRM	-20:41:59	-42:40:23	523
56860000	São Pedro do Suaçuí	Rio Suaçui Grande	MG	São Pedro do Suaçuí	ANA	CPRM	-18:21:47	-42:36:8	2570
56990000	São Sebastião da Encruzilhada	Rio Manhuaçu	MG	Aimorés	ANA	CPRM	-19:29:33	-41:9:42	8720
56065000	Senador Firmino	Rio Turvo	MG	Senador Firmino	ANA	CPRM	-20:54:42	-43:5:50	297
56800000	Senhora do Porto	Rio Guanhaes	MG	Senhora do Porto	ANA	CPRM	-18:53:41	-43:4:57	1520
56920000	Tumiritinga	Rio Doce	MG	Galiléia	ANA	CPRM	-18:58:16	-41:38:30	55100
56520000	Vermelho Velho	Ribeirão Vermelho	MG	Raul Soares	ANA	ANA	-19:59:56	-42:20:54	163
56892000	Vila Matias	Rio Suaçui Grande	MG	Mathias Lobato	ANA	ANA	-18:34:21	-41:54:51	9780
56891900	Vila Matias Montante	Rio Suaçui Grande	MG	Mathias Lobato	ANA	CPRM	-18:34:29	-41:55:4	9770

Apêndice B. VAZÕES CARACTERÍSTICAS DOS POSTOS FLUCIOMÉTRICOS

Tabela 124. Vazão média de longo período (Q_{mlp}), Q_{95}, Q_{90}, $Q_{7,10}$ e vazão específica média de longo período.

Código ANA	Nome	Q_{mlp} (m³/s)	Q_{95} (m³/s)	Q_{90} (m³/s)	$Q_{7,10}$ (m³/s)	Q_{mlp} específica (L/(s.km²))
56010000	Ponte do São Lourenço	9,63	1,95	2,60	1,09	17,26
56012000	Cachoeira do Guarara	2,22	0,78	0,91	-	13,77
56028000	Piranga	24,16	7,98	9,26	5,91	17,26
56055000	Bráz Pires	19,33	7,02	8,10	5,41	17,73
56065000	Senador Firmino	5,56	1,68	2,14	1,31	18,73
56075000	Porto Firme	73,44	27,00	31,50	20,78	17,24
56090000	Fazenda Varginha	4,19	1,86	2,02	1,56	12,77
56110000	Ponte Nova	99,38	38,60	43,72	27,63	16,00
56110005	Ponte Nova Jusante	96,82	32,28	38,16	28,68	15,54
56145000	São Caetano de Mariana	4,72	0,60	0,75	0,48	34,20
56182000	Chapada	0,91	0,35	0,39	0,33	18,97
56240000	Fazenda Paraíso	19,58	7,22	8,28	5,07	22,90
56335000	Acaiaca	31,52	12,60	14,60	9,60	23,70
56335001	Acaiaca Jusante	30,47	13,50	14,70	11,16	22,24
56337000	Fazenda Ocidente	12,84	5,48	6,11	4,81	24,27
56385000	São Miguel do Anta	8,18	2,96	3,40	2,28	15,64
56400000	Jequeri	19,24	4,02	5,43	3,79	14,05
56415000	Rio Casca	26,51	8,88	10,25	6,37	13,06
56425000	Fazenda Cachoeira d'Antas	159,32	56,51	69,60	42,07	15,77
56484998	Raul Soares Montante	18,90	3,90	5,46	2,52	14,00
56485000	Raul Soares	17,78	4,48	5,53	3,07	12,79
56510000	Instituto Florestal Raul Soares	23,17	4,90	6,58	3,51	12,39
56520000	Vermelho Velho	2,30	0,75	0,87	0,58	14,13
56539000	Cachoeira dos Óculos Montante	223,23	91,50	101,00	76,92	14,04
56565000	Bom Jesus do Galho	3,63	1,31	1,51	1,08	11,95
56570000	Pingo d'Água	9,84	2,74	3,16	1,84	11,50
56610000	Rio Piracicaba	28,94	7,54	8,65	6,55	24,95
56640000	Carrapato (Brumal)	12,37	3,56	4,05	2,82	20,32
56659998	Nova Era Iv	51,96	17,30	19,20	14,95	16,98
56660000	Nova Era	64,20	24,00	27,50	19,13	20,98
56670000	Fazenda Olaria	9,30	2,88	3,46	2,18	23,31
56696000	Mario de Carvalho	94,06	31,76	37,51	26,51	17,85
56719998	Belo Oriente	315,83	106,02	128,15	92,34	7,80
56720000	Cachoeira Escura	389,74	144,00	163,00	103,00	12,39
56750000	Conceição do Mato Dentro	6,87	1,32	1,76	0,88	4,87
56765000	Dom Joaquim	17,51	3,35	3,94	2,25	14,05
56787000	Fazenda Barraca	22,70	7,20	8,06	6,28	17,06
56800000	Senhora do Porto	20,76	4,82	6,04	3,75	0,25
56825000	Naque Velho	156,32	44,73	56,17	29,37	284,22
56845000	Fazenda Corrente	11,60	3,08	3,69	2,34	17,85
56846000	Porto Santa Rita	32,91	9,72	11,59	6,68	27,89
56850000	Governador Valadares	547,99	200,00	228,00	169,60	464,40
56860000	São Pedro do Suaçuí	27,30	8,51	10,10	7,01	2,68

Código ANA	Nome	Q_{mlp} (m³/s)	Q_{95} (m³/s)	Q_{90} (m³/s)	$Q_{7,10}$ (m³/s)	Q_{mlp} específica (L/(s.km²))
56870000	Santa Maria do Suaçuí	6,26	1,49	1,90	0,98	20,98
56880000	Fazenda Urupuca	18,05	3,10	3,88	2,25	16,98
56891900	Vila Matias Montante	76,52	14,96	19,62	13,22	11,50
56892000	Vila Matias	89,69	30,08	35,08	23,51	17,26
56920000	Tumiritinga	688,59	265,52	299,61	127,74	17,26
56925000	Caratinga	1,98	0,68	0,75	0,52	16,00
56940002	Barra do Cuieté Jusante	30,92	7,40	8,82	5,24	15,54
56943000	Conselheiro Pena	1,87	0,49	0,57	0,39	17,24
56948000	Resplendor	797,81	290,09	339,08	202,92	404,98
56948005	Resplendor - Jusante	638,88	225,00	253,60	168,79	12,79
56960000	Manhuaçu	11,70	2,05	2,72	1,72	14,00
56967000	Santana de Manhuaçu	26,61	7,56	8,46	5,07	0,43
56974000	Cachoeira da Neblina	36,34	10,20	12,90	6,06	0,59
56976000	Fazenda Bragança	39,96	10,80	12,36	7,72	13,06
56978000	Santo Antônio do Manhuaçu	40,79	11,50	14,10	7,88	24,95
56986000	Fazenda Boa Esperança	5,50	1,79	2,15	1,45	6,13
56988500	Ipanema	21,56	7,04	8,09	5,38	34,66
56989000	Mutum	11,77	3,52	4,03	2,38	7,74
56989001	Mutum	13,90	3,51	4,18	2,51	5,91
56989400	Assarai Montante	38,30	10,30	12,40	8,01	34,20
56989500	Assarai	37,73	12,00	13,70	8,68	15,64
56990000	São Sebastião da Encruzilhada	94,75	29,45	35,20	20,38	36,87
56990990	Afonso Claúdio Montante	7,32	1,60	2,16	1,08	0,84
56991500	Laranja da Terra	16,91	5,41	6,22	3,99	18,73
56992000	Baixo Guandu	22,84	5,98	7,06	4,84	15,03
56993600	Santa Joana	7,66	1,47	1,82	1,11	0,14
56994510	Colatina Corpo de Bombeiros	778,47	212,20	261,62	128,33	14,13
56998000	Linhares	982,86	344,20	399,70	275,20	100,50
56998400	Barra de São Gabriel	13,71	1,90	2,73	0,84	1,40

Apêndice C. GEOMORFOLOGIA DOS MUNICÍPIOS

Aimorés

O município de Aimorés apresenta sete diferentes tipos de relevo. A Tabela 125 apresenta todos os relevos existentes, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 125. Relevos do município de Aimorés.

Relevo	Área (km²)	Área (%)
Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	77,3	5,9%
Domínio de Morros e de Serras Baixas	514,5	39,0%
Domínio Montanhoso	588,7	44,7%
Escarpas Serranas	0,3	0,0%
Planaltos e Baixos Platôs	4,4	0,3%
Planícies Fluviais ou Flúvio-lacustres	98,1	7,4%
Vertentes recobertas por depósitos de encosta	34,6	2,6%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na tabela, os relevos predominantes no município são os domínios montanhosos e os domínios de morros e de serras baixas, com 44,7 % e 39,0 %, respectivamente.

Alpercata

O município de Alpercata apresenta dois diferentes tipos de relevo. A Tabela 126 apresenta todos os relevos existentes, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 126. Relevos do município de Alpercata.

Relevo	Área (km²)	Área (%)
Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	144,5	87,9%
Planícies Fluviais ou Flúvio-lacustres	19,9	12,1%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na tabela, o relevo predominante no município é o domínio de colinas dissecadas e morros baixos, com 87,9 % da área.

Baixo Guandu

O município de Baixo Guandu apresenta seis diferentes tipos de relevo. A Tabela 127 apresenta todos os relevos existentes, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 127. Relevos do município de Baixo Guandu.

Relevo	Área (km²)	Área (%)
Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	55,5	6,1%
Domínio de Morros e de Serras Baixas	282,9	31,2%
Domínio Montanhoso	528,6	58,3%
Escarpas Serranas	0,7	0,1%
Planícies Fluviais ou Flúvio-lacustres	34,5	3,8%
Terraços Fluviais	3,9	0,4%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na tabela, os relevos predominantes no município são os domínios montanhosos e os domínios de morros e de serras baixas, com 58,3 % e 31,2 %, respectivamente.

Barra Longa

O Município de Barra Longa apresenta dois diferentes tipos de relevo. A Tabela 128 apresenta todos os relevos existentes, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 128. Relevos do município de Barra Longa.

Relevo	Área (km²)	Área (%)
Domínio de Morros e de Serras Baixas	383,2	99,9%
Domínio Montanhoso	0,3	0,1%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na tabela, o relevo predominante no município é o domínio de morros e de serras baixas com 99,9 % da área.

Belo Oriente

O município de Belo Oriente apresenta três diferentes tipos de relevo. A Tabela 129 apresenta todos os relevos existentes, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 129. Relevos do município de Belo Oriente.

Relevo	Área (km²)	Área (%)
Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	213,3	63,7%
Domínio Montanhoso	71,0	21,2%
Planícies Fluviais ou Flúvio-lacustres	50,4	15,1%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na tabela, os relevos predominantes no município são os domínios de colinas dissecadas e de morros baixos e os domínios montanhosos, com 63,7 % e 21,2 %, respectivamente.

Colatina

O município de Colatina apresenta cinco diferentes tipos de relevo. A Tabela 130 apresenta todos os relevos existentes, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 130. Relevos do município de Colatina.

Relevo	Área (km²)	Área (%)
Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	150,7	10,9%
Domínio de Morros e de Serras Baixas	714,6	51,5%
Domínio Montanhoso	473,4	34,1%
Planícies Fluviais ou Flúvio-lacustres	20,3	1,5%
Tabuleiros Dissecados	29,1	2,1%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na tabela, os relevos predominantes no município são os domínios de morros e de serras baixas e os domínios montanhosos, com 51,5% e 34,1%, respectivamente.

Fernandes Tourinho

O município de Fernandes Tourinho apresenta três diferentes tipos de relevo. A Tabela 131 apresenta todos os relevos existentes, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 131. Relevos do município de Fernandes Tourinho.

Relevo	Área (km²)	Área (%)
Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	45,3	30,0%
Domínio de Morros e de Serras Baixas	92,4	61,2%
Planícies Fluviais ou Flúvio-lacustres	13,4	8,8%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na tabela, os relevos predominantes no município são os domínios de morros baixos e de serras baixas e os domínios de colinas dissecadas e morros baixos, com 61,2 % e 30,0 %, respectivamente.

Galileia

O município de Galiléia apresenta quatro diferentes tipos de relevo. A Tabela 132 apresenta todos os relevos existentes, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 132. Relevos do município de Galileia.

Relevo	Área (km²)	Área (%)
Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	79,7	11,1%
Domínio de Morros e de Serras Baixas	168,0	23,4%
Domínio Montanhoso	430,0	59,9%
Planícies Fluviais ou Flúvio-lacustres	39,6	5,5%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na tabela, os relevos predominantes no município são os domínios montanhosos e os domínios de morros e de serras baixas, com 59,9 % e 23,4 %, respectivamente.

Governador Valadares

O município de Governador Valadares apresenta seis diferentes tipos de relevo. A Tabela 133 apresenta todos os relevos existentes, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 133. Relevos do município de Governador Valadares.

Relevo	Área (km²)	Área (%)
Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	281,6	12,0%
Domínio de Morros e de Serras Baixas	1390,9	59,3%
Domínio Montanhoso	521,4	22,2%
Escarpas Serranas	3,4	0,1%
Planícies Fluviais ou Flúvio-lacustres	142,3	6,1%
Terraços Fluviais	7,0	0,3%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na tabela, os relevos predominantes no município são os domínios de morros e de serras baixas e os domínios montanhosos, com 59,3 % e 22,2 %, respectivamente.

Itueta

O município de Itueta apresenta seis diferentes tipos de relevo. A Tabela 134 apresenta todos os relevos existentes, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 134. Relevos do município de Itueta.

Relevo	Área (km²)	Área (%)
Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	119,4	26,7%
Domínio de Morros e de Serras Baixas	200,5	44,8%
Domínio Montanhoso	33,3	7,4%
Escarpas Serranas	73,7	16,5%
Planaltos e Baixos Platôs	8,0	1,8%
Planícies Fluviais ou Flúvio-lacustres	12,2	2,7%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na tabela, os relevos predominantes no município são os domínios de morros e de serras baixas e os domínios de colinas dissecadas e morros baixos, com 44,8 % e 26,7 %, respectivamente.

Linhares

O município de Linhares apresenta oito diferentes tipos de relevo. A Tabela 135 apresenta todos os relevos existentes, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 135. Relevos do município de Linhares.

Relevo	Área (km²)	Área çμ (%)
Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	100,6	3,1%
Domínio de Morros e de Serras Baixas	111,0	3,4%
Domínio Montanhoso	194,0	5,9%
Planícies Costeiras	339,3	10,3%
Planícies Fluviais ou Flúvio-lacustres	651,0	19,8%
Planícies Flúvio-Marinhas	651,2	19,8%
Tabuleiros	1126,9	34,2%
Tabuleiros Dissecados	122,0	3,7%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na tabela, os relevos predominantes no município são os tabuleiros, as planícies fluviais e as planícies flúvio-marinhas, com 34,2 %, 19,8 % e 19,8 %, respectivamente.

Mariana

O município de Mariana apresenta cinco diferentes tipos de relevo. A Tabela 136 apresenta todos os relevos existentes, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 136. Relevos do município de Mariana.

Relevo	Área (km²)	Área (%)
Chapadas e Platôs	6,9	0,6%
Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	70,0	5,9%
Domínio de Morros e de Serras Baixas	649,3	54,6%
Domínio Montanhoso	449,7	37,8%
Tabuleiros	12,5	1,1%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na tabela, os relevos predominantes no município são os domínios de morros e de serras baixas, e os domínios montanhosos, com 54,6 % e 37,8 %, respectivamente.

Marilândia

O município de Marilândia apresenta cinco diferentes tipos de relevo. A Tabela 137 apresenta todos os relevos existentes, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 137. Relevos do município de Marilândia.

Relevo	Área (km²)	Área (%)
Domínio de Morros e de Serras Baixas	168,6	55,6%
Domínio Montanhoso	120,3	39,7%
Planícies Fluviais ou Flúvio-lacustres	6,0	2,0%
Tabuleiros Dissecados	8,0	2,6%
Terraços Fluviais	0,1	0,0%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na tabela, os relevos predominantes no município são os domínios de morros e de serras baixas e os domínios montanhosos, com 55,6 % e 39,7 %, respectivamente.

Periquito

O Município de Periquito apresenta três diferentes tipos de relevo. A Tabela 138 apresenta todos os relevos existentes, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 138. Relevos do município de Periquito.

Relevo	Área (km²)	Área (%)
Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	148,9	66,0%
Domínio de Morros e de Serras Baixas	42,3	18,7%
Planícies Fluviais ou Flúvio-lacustres	34,4	15,2%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na tabela, o relevo predominante no município é o domínio de colinas dissecadas e morros baixos, com 66,0 % da área.

Resplendor

O município de Resplendor apresenta sete diferentes tipos de relevo. A Tabela 139 apresenta todos os relevos existentes, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 139. Relevos do município de Resplendor.

Relevo	Área (km²)	Área (%)
Domínio de Colinas Amplas e Suaves	0,2	0,0%
Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	284,6	26,8%
Domínio de Morros e de Serras Baixas	600,4	56,6%
Domínio Montanhoso	65,3	6,2%
Escarpas Serranas	76,2	7,2%
Planaltos e Baixos Platôs	20,2	1,9%
Planícies Fluviais ou Flúvio-lacustres	14,8	1,4%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na tabela, os relevos predominantes no município são os domínios de morros e de serras baixas, e os domínios de colinas dissecadas e morros baixos, com 56,6 % e 26,8 %, respectivamente.

Santana do Paraíso

O município de Santana do Paraíso apresenta três diferentes tipos de relevo. A Tabela 140 apresenta todos os relevos existentes, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 140. Relevos do município de Santana do Paraíso.

Relevo	Área (km²)	Área (%)
Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	140,5	51,4%
Domínio Montanhoso	82,4	30,1%
Planícies Fluviais ou Flúvio-lacustres	50,5	18,5%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na tabela, os relevos predominantes no município são os domínios de colinas dissecadas e de morros baixos e os domínios montanhosos, com 51,4 % e 30,1 %, respectivamente.

Tumiritinga

O município de Tumiritinga apresenta três diferentes tipos de relevo. A Tabela 141 apresenta todos os relevos existentes, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 141. Relevos do município de Tumiritinga.

Relevo	Área (km²)	Área (%)
Domínio de Colinas Dissecadas e Morros Baixos	159,1	32,2%
Domínio de Morros e de Serras Baixas	285,7	57,8%
Planícies Fluviais ou Flúvio-lacustres	49,4	10,0%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na tabela, os relevos predominantes no município são os domínios de morros e de serras baixas e os domínios de colinas dissecadas e morros baixos, com 57,8 % e 32,2 %, respectivamente.

Apêndice D. VAZÕES SUBTERRÂNEAS E DOMÍNIOS POR MUNICÍPIO

Para efeito de estudos hidrogeológicos, atendendo aos objetivos do presente trabalho, serão considerados os domínios apresentados na descrição da geologia, agrupando aqueles domínios que apresentam características semelhantes, simplificando o número de domínios. O tratamento será por município.

Os domínios hidrogeológicos adotados no presente trabalho serão os seguintes:

- Domínio das Coberturas Cenozoicas Detrito-Lateríticas;
- Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados;
- Domínio dos Sedimentos Cenozoicos pouco a Moderadamente Consolidados associados a Tabuleiros;
- Domínio das Sequências Vulcanossedimentares;
- Domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatítico e Granulitos;
- Domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatítico, Granulitos e Granitóide;
- Domínio dos Corpos Máficos-Ultramáticos (suítes komatiiticas, suítes toleíticas, complexos bandados).

Aimorés

O município de Aimorés, localizado na parte leste da bacia do rio Doce, apresenta sete domínios geológicos que foram agrupados em quatro domínios hidrogeológicos. A Tabela 142 apresenta os domínios, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 142. Domínios hidrogeológicos do município de Aimorés.

Domínio hidrogeológico	Área (km²)	Área (%)
Domínio das Coberturas Cenozoicas Detrito-Lateríticas	39,1	30%
Domínio das Sequências Vulcanossedimentares	54,5	4,1%
Domínio dos Complexos, Granito-Gnaisse-Migmatítico, Granulitos e Granitoides	1126,4	85,5%
Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados	98,1	7,4%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na Tabela 142, o domínio hidrogeológico predominante no município de Aimorés é o domínio dos Complexos Granitoides Deformados e Granito-Gnaisse-Migmatíticos e Granulitos. As rochas predominantes são ortognaisses, gnaisses, granitos, gnaisses migmatiticos, charnokitos, mármore, xisto, quartzito, metacalcário, metacalcariodolomitico e granulitos. As formações geológicas predominantes são TonalitoGaliléia-Suite Galileia, Paraíba do Sul (unidade terrígena) e Alto Capim.

Os poços junto ao cadastro do SIAGAS são 7, sendo que 5 pertencem à COPASA e 2 são particulares. São poços de abastecimento, sendo que 1 poço está na Sede e os outros estão nas localidades de Baixio, Gimirim, Penha do Capim, Expedicionário Alício, Santa Terezinha e Limoeiro. Os poços, conforme a Tabela 143, apresentaram as seguintes características hidrodinâmicas.

Tabela 143. Poços de Aimorés (sete poços).

Características	Mínimo	Máximo
Profundidade do poço (m)	60	114
Vazão (m³/h)	1,3	18
Profundidade Nível Estático NE (m)	2,1	21,2
Profundidade Nível Dinâmico ND (m)	14,8	82,0
Vazão específica (m³/h/m)	0,018	1,49
Geologia	Gnaisses	

Fonte: SIAGAS (CPRM)

Alpercata

O município de Alpercata, localizado na parte central da bacia do rio Doce, apresenta quatro domínios geológicos que foram agrupados em dois domínios hidrogeológicos. A Tabela 144 apresenta os domínios juntamente com a área de abrangência.

Tabela 144. Domínios hidrogeológicos do município de Alpercata.

Domínio hidrogeológico	Área (km²)	Área (%)
Domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatíticos, Granulitos e Granitoides,	144,4	88%
Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados	19,9	12%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na Tabela 144, o domínio hidrogeológico predominante no município de Alpercata é o domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatíticos, Granulitos e Granitoides. As rochas predominantes são os gnaisses, ortognaisses, granodiorito gnáissico, enderbritos, metatonalitos e tonalitos. As formações predominantes são Juiz de Fora, Governador Valadares e o Tonalito Derribadinha-SuiteGaliléia. Há a ocorrência de depósitos aluvionares.

O banco de dados do SIAGAS mostrou a existência de 11 poços tubulares cadastrados, sendo que todos pertencem à COPASA. São poços de abastecimento, sendo que 2 poços foram considerados secos. Os poços apresentaram as características hidrodinâmicas constantes da Tabela 145.

Tabela 145. Poços de Alpercata (11poços).

Características	Mínimo	Máximo
Profundidade do poço (m)	62	200
Vazão (m³/h)	4,9	47,99
Profundidade Nível Estático NE (m)	0	35,45
Profundidade Nível Dinâmico ND (m)	28,37	69,86
Vazão específica (m³/h/m)	0,115	1,612
Geologia	Gnaisses	

Fonte: SIAGAS (CPRM)

Baixo Guandu

O município de Baixo Guandu, localizado na parte leste da bacia do rio Doce, apresenta seis domínios geológicos que foram agrupados em três domínios hidrogeológicos. A Tabela 146 apresenta os domínios hidrogeológicos juntamente com a área de abrangência.

Tabela 146. Domínios hidrogeológicos do município de Baixo Guandu.

Domínio hidrogeológico	Área (km²)	Área (%)
Domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatítico, Granulitos e Granitoides	851,9	94%
Domínio dos Corpos Máficos-Ultramáticos (suítes komatiiticas, suítes toleíticas, complexos bandados)	15,9	2%
Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados	38,3	4%

Fonte: CPRM

Conforme mostra a Tabela 146, o domínio hidrogeológico predominante no município de Baixo Guandu é o domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatíticos, Granulitos e Granitoides. As rochas predominantes são gnaisses migmatíticos, gnaisse milonitico, anfibolito, mármore, quartzito, metagranodiorito, diorito e granito. As principais formações geológicas ocorrentes na área são Paraíba do Sul, Granulito Mascarenhas, Ibituba, Aimorés, Lagoa Preta, e Rio Guandu, respectivamente. Há a ocorrência de outras formações com áreas muito pequenas.

Os poços levantados junto ao cadastro do SIAGAS foram 7, sendo que 5 pertencem à Prefeitura e 2 são particulares. Os poços, conforme mostra a Tabela 147, apresentaram as seguintes características hidrodinâmicas.

Tabela 147. Poços de Baixo Guandu (7 poços).

Características	Mínimo	Máximo
Profundidade do poço (m)	58	80
Vazão (m³/h)	0,65	14,4
Profundidade Nível Estático NE (m)	1,79	8,0
Profundidade Nível Dinâmico ND (m)	22,61	69,25
Vazão específica (m³/h/m)	0,01	0,789
Geologia	Gnaisses, granitos	

Fonte: SIAGAS (CPRM)

Barra Longa

O município de Barra Longa, localizado nas cabeceiras da bacia do rio Doce, apresenta cinco domínios geológicos, que foram agrupados em dois domínios hidrogeológicos, conforme mostra a Tabela 148.

Tabela 148. Domínios hidrogeológicos do município de Barra Longa.

Domínio hidrogeológico	Área (km²)	Área (%)
Domínio das Sequências Vulcanossedimentares	68,4	18%
Domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatítico, Granulitos e Granitoides	316,4	81%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na Tabela 148, o domínio hidrogeológico predominante no município de Barra Longa é o Domínio dos Complexos granito-gnaisse-migmatítico, granulitos e granitoides. Estes domínios são constituídos por rochas do tipo ortognaisses, anfibolito, quartzo diorito, xistos, quartzitos, quartzito ferruginoso, enderbrito, norito e opdalito. Há a ocorrência predominante das Formações Mantiqueira, Dom Silvério e Acaiaca, respectivamente.

O total de poços em Barra Longa é de 19, dos quais 16 pertencem à COPASA e 3 são particulares. Os dados hidrodinâmicos obtidos do SIAGAS estão apresentados Tabela 149.

Tabela 149. Poços de Barra Longa (19 poços).

Características	Mínimo	Máximo
Profundidade do poço (m)	54	150
Vazão (m³/h)	3,38	16,48
Profundidade Nível Estático NE (m)	0	29,22
Profundidade Nível Dinâmico ND (m)	15,37	105,69
Vazão específica (m³/h/m)	0,033	1,493
Geologia	Gnaisses, granitos	

Fonte: SIAGAS (CPRM)

Belo Oriente

O município de Belo Oriente, localizado na parte central da bacia do rio Doce, de acordo com o Mapa Geológico da CPRM (Geodiversidade) apresenta quatro domínios hidrogeológicos. A Tabela 150 apresenta os domínios, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 150. Domínios hidrogeológicos do município de Belo Oriente.

Domínio hidrogeológico	Área (km²)	Área (%)
Domínio das Coberturas Cenozoicas Detrito-Lateríticas	6,5	2%
Domínio das Sequências Vulcanossedimentares	186,0	55%
Domínio dos Complexo Granito-Gnaisse-Migmatítico e Granulitos	98,7	29%
Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados,	44,1	13%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na Tabela 150, os domínios hidrogeológicos predominantes no Município de Belo Oriente são o domínio das sequências vulcanossedimentares, e o domínio dos complexos granito-gnaisse-migmatíticos e granulitos, respectivamente. As rochas predominantes são gnaisse granítico, biotita granito, xisto, quartzito e rocha calcissilicática, respectivamente. Há também a ocorrência de depósitos aluvionares em 13 % da área do município. As formações predominantes são São Tomé e Piedade, respectivamente.

Os poços levantados junto ao cadastro do SIAGAS foram 6, sendo que 5 pertencem à Empresa Celulose Nipo Brasileira (CENIBRA) e 1 pertence a um posto de combustíveis. Os poços apresentaram as características hidrodinâmicas mostradas na Tabela 151.

Tabela 151. Poços de Belo Oriente.

Características	Mínimo	Máximo
Profundidade do poço (m)	86	140
Vazão (m³/h)	2,93	33
Profundidade Nível Estático NE (m)	0,93	13,8
Profundidade Nível Dinâmico ND (m)	28,44	70,7
Vazão específica (m³/h/m)	0,051	1,2
Geologia	Gnaisses	

Fonte: SIAGAS (CPRM)

Colatina

O município de Colatina, localizado na parte leste da Bacia do Rio Doce, de acordo com o Mapa Geológico da CPRM (Geodiversidade) apresenta sete domínios geológicos que foram agrupados em três domínios hidrogeológicos. A Tabela 152 apresenta os domínios hidrogeológicos juntamente com a área de abrangência.

Tabela 152. Domínios hidrogeológicos do município de Colatina.

Domínio hidrogeológico	Área (km²)	Área (%)
Domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatítico, Granulitos e Granitoides	1312,6	94%
Domínio dos Corpos Máficos-Ultramáticos (suítes komatiiticas, suítes toleíticas, complexos bandados)	26,1	2%
Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados	53,5	4%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na Tabela 152, o domínio geológico predominante no município de Colatina é o domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatíticos, Granulitos e Granitoides, ocupando 94 % da área. As rochas predominantes são gnaisses migmatíticos, granulitos, anfibolito, mármore, quartzito, ortognaisses e granitoides. As principais formações geológicas são Paraíba do Sul, Granitóide Colatina, Enderbito Santa Tereza, Medina-Maristela e Várzea Alegre.

Os poços constantes do cadastro do SIAGAS são 46 (1 nascente), sendo que 7 pertencem à Prefeitura e 39 são particulares (industrias e domésticos). Os poços, conforme a Tabela 153 apresentaram as seguintes características hidrodinâmicas.

Tabela 153. Poços de Colatina (46 poços).

Características	Mínimo	Máximo
Profundidade do poço (m)	37	150
Vazão (m³/h)	1,85	36
Profundidade Nível Estático NE (m)	0	26,0
Profundidade Nível Dinâmico ND (m)	8,0	88,5
Vazão específica (m³/h/m)	0,032	18,0
Geologia	Gnaisses, granitos, aluviões	

Fonte: SIAGAS (CPRM)

Fernandes Tourinho

O município de Fernandes Tourinho, localizado na parte central da bacia do rio Doce, apresenta três domínios geológicos que foram agrupados em dois domínios hidrogeológicos. A Tabela 154 apresenta os domínios hidrogeológicos, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 154. Domínios hidrogeológicos do município de Fernandes Tourinho.

Domínio hidrogeológico	Área (km²)	Área (%)
Domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatítico, Granulitos e Granitoides.	137,7	91%
Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados	13,4	9%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na Tabela 154, o domínio hidrogeológico predominante no município de Fernandes Tourinho é o domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatítico, Granulitos e Granitoides. As rochas predominantes são os gnaisses, ortognaisses, enderbrito e tonalito. A formação predominante é a Juiz de Fora. Há a ocorrência de depósitos aluvionares.

O cadastro do SIAGAS mostrou 19 poços, sendo que todos pertencem à COPASA. O abastecimento de água do município é realizado com água subterrânea. Os poços apresentaram as características hidrodinâmicas mostradas na Tabela 155.

Tabela 155. Poços de Fernandes Tourinho (19 poços).

Características	Mínimo	Máximo
Profundidade do poço (m)	59	150
Vazão (m³/h)	1,8	24
Profundidade Nível Estático NE (m)	0	24,4
Profundidade Nível Dinâmico ND (m)	25,85	83,75
Vazão específica (m³/h/m)	0,023	0,566
Geologia	Gnaisses	

Fonte: SIAGAS (CPRM)

Galileia

O município de Galileia, localizado na parte central da bacia do rio Doce, apresenta cinco domínios geológicos que foram agrupados em três domínios hidrogeológicos. A Tabela 156 apresenta os domínios juntamente com a área de abrangência.

Tabela 156. Domínios hidrogeológicos do município de Galileia.

Domínio hidrogeológico	Área (km²)	Área (%)
Domínio das Sequências Vulcanossedimentares	123,0	17%
Domínio dos Complexos, Granito-Gnaisse-Migmatíticos, Granulitos e Granitoides	554,7	77%
Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados,	39,6	6%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na Tabela 156, o domínio hidrogeológico predominante no município de Galileia é o domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatiticos, Granulitos e Granitoides. As rochas predominantes são os ortognaisses, gnaisses, xisto, quartzito e rocha calcissilicática. As formações predominantes são Tonalito São Vitor-SuiteGaliléia, São Tomé e Tumiritinga.

Os poços no banco do SIAGAS são 3, sendo que todos pertencem à COPASA. Os poços apresentaram as seguintes características hidrodinâmicas, conforme a Tabela 157.

Tabela 157. Poços de Galileia (3 poços).

Características	Mínimo	Máximo
Profundidade do poço (m)	90	132
Vazão (m³/h)	3,35	10,22
Profundidade Nível Estático NE (m)	0	7,0
Profundidade Nível Dinâmico ND (m)	41,48	93,38
Vazão específica (m³/h/m)	0,037	0,296
Geologia	Gnaisses	

Fonte: SIAGAS (CPRM)

Governador Valadares

O município de Governador Valadares, localizado na parte central da bacia do rio Doce, apresenta cinco domínios geológicos que foram agrupados em três domínios hidrogeológicos. A Tabela 158 apresenta os domínios juntamente com a área de abrangência.

Tabela 158. Domínios hidrogeológicos do município de Governador Valadares.

Domínio hidrogeológico	Área (km²)	Área (%)
Domínio das Sequências Vulcanossedimentares	494,2	21%
Domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatíticos, Granulitos e Granitoides	1703,2	72%
Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados,	149,4	6%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na Tabela 158, os domínios hidrogeológicos predominantes no município de Governador Valadares são o domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatíticos, Granulitose Granitoides e o domínio das Sequências Vulcanossedimentares, respectivamente. As rochas predominantes são gnaisses, ortognaisses, mármore, xisto, quartzito e rocha calcissilicática. As formações predominantes são Governador Valadares, São Tomé, Tumiritinga, Mantiqueira e Tonalito São Vitor-SuiteGaliléia. Há a ocorrência de depósitos aluvionares.

Os poços no cadastro do SIAGAS foram 13, sendo que 9 pertencem à COPASA, 2 pertencem a SAAE e 2 são privados (1 é um poço escavado). Os poços apresentaram as características hidrodinâmicas mostradas na Tabela 159.

Tabela 159. Poços de Governador Valadares (13 poços).

Características	Mínimo	Máximo
Profundidade do poço (m)	50	156
Vazão (m³/h)	4,82	30
Profundidade Nível Estático NE (m)	0	9,5
Profundidade Nível Dinâmico ND (m)	9,66	109,16
Vazão específica (m³/h/m)	0,048	2,012
Geologia	Gnaisses	

Fonte: SIAGAS (CPRM)

Itueta

O município de Itueta, localizado na parte leste da bacia do rio Doce, apresenta sete domínios geológicos que foram agrupados em quatro domínios hidrogeológicos. A Tabela 160 apresenta todos os domínios existentes, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 160. Domínios hidrogeológicos do município de Itueta.

Domínio hidrogeológico	Área (km²)	Área (%)
Domínio das Coberturas Cenozoicas Detrito-Lateríticas	8,0	2%
Domínio das Sequências Vulcanossedimentares	41,6	9%
Domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatíticos, Granulitos e Granitoides	385,4	86%
Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados	12,2	3%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na Tabela 160, o domínio hidrogeológico predominante no município de Itueta é o domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatíticos, Granulitos e Granitóide. As formações geológicas predominantes são Jequitinhonha, TonalitoGaliléia-SuiteGaliléia, São Tomé e Padre Paraiso. Os outros domínios ocorrem em áreas menores sem grandes significados.

Os poços junto ao cadastro do SIAGAS foram 3, que pertencem à COPASA. Os poços, conforme a Tabela 161, apresentaram as seguintes características hidrodinâmicas.

Tabela 161. Poços de Itueta (3 poços).

Características	Mínimo	Máximo
Profundidade do poço (m)	100	120
Vazão (m³/h)	4,86	17,53
Profundidade Nível Estático NE (m)	1,6	2,9
Profundidade Nível Dinâmico ND (m)	53,5	54,8
Vazão específica (m³/h/m)	1,6	2,9
Geologia	Gnaisses	

Fonte: SIAGAS (CPRM)

Linhares

O município de Linhares, localizado na parte leste da bacia do rio Doce, no Estado do Espírito Santo, de acordo com o Mapa Geológico da CPRM (Geodiversidade) apresenta três domínios geológicos que foram mantidos como domínios hidrogeológicos. A Tabela 162 apresenta os domínios hidrogeológicos juntamente com a área de abrangência.

Tabela 162. Domínios hidrogeológicos do município de Linhares.

Domínio hidrogeológico	Área (km²)	Área (%)
Domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatítico e Granulitos	405,7	12%
Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados	1641,5	50%
Domínio dos Sedimentos Cenozoicos pouco a Moderadamente Consolidados, Associados a Tabuleiros	1248,9	38%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na Tabela 162, os domínios geológicos predominantes no município de Linhares são o domínio dos Sedimentos Cenozoicos inconsolidados ou pouco consolidados, depositados em meio aquoso, e o domínio dos Sedimentos Cenozoicos pouco a moderadamente consolidados, associados a tabuleiros, com 50 % e 38 %, respectivamente. São compostos de arenitos, arenitos conglomeráticos, argilito arenoso, argilito, conglomerado, siltito, sedimentos inconsolidados ou pouco consolidados (areia, argila, silte e cascalho). As principais formações geológicas são Barreiras, Paraíba do Sul, Depósitos flúvio-lagunares, Depósitos colúvio-aluvionares.

Os poços levantados junto ao cadastro do SIAGAS foram 274, sendo que 9 pertencem à Prefeitura e os restantes são particulares (industrias, hospitais e domésticos). Os poços, conforme a Tabela 163 apresentaram as seguintes características.

Tabela 163. Poços de Linhares (274 poços).

Características	Mínimo	Máximo
Profundidade do poço (m)	5,0	162
Vazão (m³/h)	0,374	35,0
Profundidade Nível Estático NE (m)	3,55	40,0
Profundidade Nível Dinâmico ND (m)	8,0	100
Vazão específica (m³/h/m)	0,012	60
Geologia	Grupo Barreiras	

Fonte: SIAGAS (CPRM)

Mariana

O município de Mariana, localizado nas cabeceiras da bacia do rio Doce, apresenta oito domínios geológicos que foram agrupados em três domínios hidrogeológicos. A Tabela 164 apresenta os domínios hidrogeológicos, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 164. Domínios hidrogeológicos do município de Mariana.

Domínio Hidrogeológico	Área (km²)	Área (%)
Domínio das Coberturas Cenozoicas Detrito-Lateríticas	12,5	1%
Domínio das Sequências Vulcanossedimentares	971,7	81%
Domínio do Complexo Granito-Gnaisse-Migmatítico, Granulitos e Granitoides	209,3	18%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na Tabela 164, os domínios hidrogeológicos predominantes no município de Mariana são o domínio das sequências vulcanossedimentares e o domínio dos complexos Granito-gnaisse-migmatitico, granulitos e granitoides, que ocupa 18% da área do município. Estas sequências são constituídas porxistos, quartzitos, metagrauvacas, metarenitos, metapelitos, metaconglomerados, ortognaisses e anfibolitos. Há a ocorrência predominante das formações Dom Silvério, Nova Lima, Mantiqueira e Maquiné, respectivamente. O Domínio das Coberturas Cenozoicas Detrito-Lateríticas ocupa apenas 1% da área do município.

Não se tem dados suficientes de poços em Mariana. O SIAGAS apresenta apenas 2 poços, sendo que um pertence à Vale do Rio Doce e o outro é particular.

Marilândia

O município de Marilândia, localizado na parte leste da bacia do rio Doce, no estado do Espírito Santo, de acordo com o Mapa Geológico da CPRM (Geodiversidade) apresenta três domínios geológicos que foram agrupados em dois domínios hidrogeológicos. A Tabela 165 apresenta os domínios hidrogeológicos juntamente com a área de abrangência.

Tabela 165. Domínios hidrogeológicos do município de Marilândia.

Domínio Hidrogeológico	Área (km²)	Área (%)
Domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatítico e Granulitos	288,9	95%
Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados	14,1	5%

Fonte: CPRM

Conforme mostra a Tabela 165, o domínio geológico predominante no município de Marilândia é o domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatítico e Granulitos, ocupando 95% da área. As principais rochas desse domínio são gnaisses, anfibolito, mármore e quartzito. Os outros 5% da área são ocupados por Sedimentos Cenozoicos compostos por depósitos aluvionares e colúvio-aluvionares. As principais formações geológicas são Paraíba do Sul e Barreiras.

Os poços constantes do cadastro do SIAGAS são 21, sendo que 12 pertencem à Prefeitura e 9 são particulares (industrias e domésticos). Os poços, conforme a Tabela 166, apresentaram as seguintes características hidrodinâmicas.

Tabela 166. Poços de Marilândia (21 poços).

Características	Mínimo	Máximo
Profundidade do poço (m)	65	150
Vazão (m³/h)	0,9	16
Profundidade Nível Estático NE (m)	0,5	6,0
Profundidade Nível Dinâmico ND (m)	21,7	76,0
Vazão específica (m³/h/m)	0,017	1,017
Geologia	Gnaisses, granitos, aluviões	

Fonte: SIAGAS (CPRM)

Periquito

O município de Periquito, localizado na parte central da bacia do rio Doce, apresenta quatro domínios geológicos que foram agrupados em três domínios hidrogeológicos. A Tabela 167 apresenta os domínios hidrogeológicos, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 167. Domínios hidrogeológicos do município de Periquito.

Domínio Hidrogeológico	Área (km²)	Área (%)
Domínio das Sequências Vulcanossedimentares	129,5	57%
Domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatítico, Granulitos e Granitoides	61,9	28%
Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados	34,4	15%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na Tabela 167, os domínios hidrogeológicos predominantes no município de Periquito são o domínio das sequências Vulcanossedimentares, e o domínio dos complexos Granito-Gnaisse-Migmatíticos, Granulitos e Granitoides, com 57 % e 28 %, respectivamente. As rochas predominantes são xisto, quartzito, gnaisses, granito e granulitos. Há a ocorrência de depósitos aluvionares. As formações predominantes são São Tomé e Piedade, respectivamente.

Os poços levantados junto ao SIAGAS foram 10, sendo que 7 pertencem à COPASA e 3 são particulares (2 cacimbas e 1 tubular). Os poços tubulares (6) apresentaram, conforme a Tabela 168, as seguintes características:

Tabela 168. Poços de Periquito (10 poços).

Características	Mínima	Máxima
Profundidade do poço (m)	14	150
Vazão (m³/h)	5,43	29,99
Profundidade Nível Estático NE (m)	0	9,9
Profundidade Nível Dinâmico ND (m)	10,28	53,04
Vazão específica (m³/h/m)	0,18	2,224
Geologia	Gnaisses, granitos	

Fonte: SIAGAS (CPRM)

No distrito de Pedra Corrida, foi construído um poço (out/2016), que foi interligado à adutora de água bruta da COPASA, com as seguintes características hidrodinâmicas: profundidade de 150 m; vazão de 11 m³/h; profundidade do nível estático (NE) de 0,5 m; profundidade do nível dinâmico (ND) de 30 m e vazão específica de 0,37 m³/h/m.

Resplendor

O município de Resplendor, localizado na parte leste da bacia do rio Doce, apresenta sete domínios geológicos que foram agrupados em quatro domínios hidrogeológicos. A Tabela 169 apresenta todos os domínios existentes, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 169. Domínios hidrogeológicos do município de Resplendor.

Domínio Hidrogeológico	Área (km²)	Área (%)
Domínio das Coberturas Cenozoicas Detrito-Lateríticas	20,2	2%
Domínio das Sequências Vulcanossedimentares	159,0	15%
Domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatítico, Granulitos e Granitoides	867,8	82%
Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados	14,8	1%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na Tabela 169, o domínio geológico predominante no município de Resplendor é o domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatíticos, Granulitos e Granitoides. O domínio das Sequências Vulcanossedimentares ocupa 15 % da área. As rochas predominantes são gnaisses graníticos, ortognaisses, granitoides, turmalinito, xisto, quartzito e rocha calcissilicática. As principais formações geológicas ocorrentes na área são Jequitinhonha, TonalitoGaliléia-SuiteGaliléia, São Tomé, Leucogranito Carlos Chagas e João Pinto, respectivamente.

Os poços levantados junto ao cadastro do SIAGAS são 30, sendo que 19 pertencem à COPASA e 11 são particulares. A Tabela 170 apresenta as características hidrodinâmicas dos poços de Resplendor. A observação da Tabela 170 permite verificar as vazões dos poços variam de quase secos até 15,98 m³/h. O nível dinâmico mostra que para vazões maiores há um grande rebaixamento. As vazões específicas podem chegar a 2,0 m³/h/m, que é significativa para este tipo de aquífero.

Tabela 170. Poços de Resplendor (30 poços).

Características	Mínimo	Máximo
Profundidade do poço (m)	53	150
Vazão (m³/h)	0,25	15,98
Profundidade Nível Estático NE (m)	0	42,62
Profundidade Nível Dinâmico ND (m)	7,0	92,49
Vazão específica (m³/h/m)	0,022	2,0
Geologia	Gnaisses, granitos	

Fonte: SIAGAS (CPRM)

Santana do Paraíso

O município de Santana do Paraíso, localizado na parte central da bacia do rio Doce, de acordo com o Mapa Geológico da CPRM (Geodiversidade) apresenta três domínios geológicos, que foram mantidos como domínios hidrogeológicos, como mostra a Tabela 171.

Tabela 171. Domínios hidrogeológicos do município de Santana do Paraíso.

Domínio Hidrogeológico	Área (km²)	Área (%)
Domínio das Sequências Vulcanossedimentares	69,5	25%
Domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatítico e Granulitos	153,8	56%
Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados	50,5	18%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na Tabela 171, os domínios hidrogeológicos predominantes no município de Santana do Paraíso são o domínio do complexo granito-gnaisse-migmatíticos e granulitos e o domínio das sequências vulcanossedimentares, respectivamente. As rochas predominantes são gnaisse granítico, biotita gnaisse, anfibolito, xisto, quartzito e depósitos aluvionares. As formações predominantes são Piedade, Açucena e São Tomé.

O total de poços em Santana do Paraiso, conforme o SIAGAS foi de 21, sendo que 19 pertencem à COPASA e 2 são particulares. Os poços, conforme mostra a Tabela 172, apresentaram as seguintes características hidrodinâmicas.

Tabela 172. Poços de Santana do Paraíso (21 poços).

Características	Mínimo	Máximo
Profundidade do poço (m)	81	156
Vazão (m³/h)	1,51	29,3
Profundidade Nível Estático NE (m)	0	9,15
Profundidade Nível Dinâmico ND (m)	19,8	102,84
Vazão específica (m³/h/m)	0,028	1,518
Geologia	Gnaisses, granitos	

Fonte: SIAGAS (CPRM)

Tumiritinga

O município de Tumiritinga, localizado na parte central da bacia do rio Doce, apresenta três domínios geológicos que foram agrupados em dois domínios hidrogeológicos. A Tabela 173 apresenta os domínios, juntamente com a área de abrangência.

Tabela 173. Domínios hidrogeológicos do município de Tumiritinga.

Domínio hidrogeológico	Área (km²)	Área (%)
Domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatítico, Granulitos e Granitoides,	444,8	90%
Domínio dos Sedimentos Cenozoicos Inconsolidados ou Pouco Consolidados	49,4	10%

Fonte: CPRM

Conforme verificado na Tabela 173, o domínio hidrogeológico predominante no município de Tumiritinga é o domínio dos Complexos Granito-Gnaisse-Migmatíticos, Granulitos e Granitoides. As rochas predominantes são ortognaisses, gnaisses, granitos, granulitos, xisto, quartzito e rocha calcissilicática. As formações predominantes são Tonalito São Vitor-SuiteGaliléia, Tumiritinga e Tonalito Derribadinha-SuiteGaliléia.

Os poços levantados junto ao cadastro do SIAGAS foram 10, sendo que 9 pertencem à COPASA e 1 é particular. Os poços apresentaram as características hidrodinâmicas constantes da Tabela 174.

Tabela 174. Poços de Tumiritinga (10 poços).

Características	Mínimo	Máximo
Profundidade do poço (m)	58	150
Vazão (m^3/h)	4,0	55,37
Profundidade Nível Estático NE (m)	2,2	6,9
Profundidade Nível Dinâmico ND (m)	9,05	51,82
Vazão específica ($m^3/h/m$)	0,108	25,749
Geologia	Gnaisses, granitos	

Fonte: SIAGAS (CPRM)

A demanda de água necessária para abastecer Tumiritinga é de 48,27 m^3/h (13,41 L/s). A observação da Tabela 174 permite verificar que as vazões obtidas nos poços tubulares foram muito boas para o tipo de rochas existentes. São aquíferos fraturados. A vazão de 55,37 m^3/h obtida em um poço seria suficiente para atender a demanda necessária, além do que, este poço apresentou uma vazão específica excelente, não condizente com as características dos aquíferos locais. Este deve ter sido um caso isolado. Este fato demonstra que as águas subterrâneas podem ser utilizadas como alternativa para o abastecimento do município.

Apêndice E. Seleção de poços do SIAGAS analisados

Tabela 175. Poços SIAGAS. EFI = Embasamento Fraturado Indiferenciado. FB = Formação Barreiras.

Poço SIAGAS	UTM (E)	UTM (N)	Município	Vazão Específica (m³/h/m)	Vazão de Estabilização (m³/h)	Unidade Aquífera Aflorante
3100002690	281287	7848048	Aimorés	1	15,52	EFI
3100002690	281265	7849893	Aimorés	1,5	18	EFI
3100004080	259254	7826542	Aimorés	0,018	1,33	EFI
3100004080	250837	7834425	Aimorés	0,1	3,96	EFI
3100004080	264103	7823530	Aimorés	0,254	9,65	EFI
3100004080	251189	7819663	Aimorés	0,718	11,63	EFI
3100020640	283120	7843610	Aimorés	0,254	9,64	EFI
3100004090	185407	7897416	Alpercata	0,2	8,46	EFI
3100004090	185348	7897415	Alpercata	0,175	10,73	EFI
3100004090	185378	7897385	Alpercata	0,2	7,99	EFI
3100004090	185437	7897386	Alpercata	0,3	12,38	EFI
3100004090	185436	7897417	Alpercata	1,4	47,99	EFI
3100004090	185407	7897386	Alpercata	1,6	21,8	EFI
3100004100	185350	7897323	Alpercata	0,1	4,9	EFI
3100004100	185438	7897325	Alpercata	0,2	9,47	EFI
3100017490	185300	7897300	Alpercata	0,3	11,63	EFI
3100007740	293750	7835600	Baixo Guandu	0,01	0,65	EFI
3100007740	289196	7812128	Baixo Guandu	0,45	9,6	EFI
3100007750	280500	7824650	Baixo Guandu	0,8	14,4	EFI
3100004360	704633	7756159	Barra Longa	0,141	6,69	EFI
3100004360	704690	7756127	Barra Longa	0,2	7,27	EFI
3100004360	704662	7756189	Barra Longa	0,242	8,46	EFI
3100004360	704691	7756189	Barra Longa	0,297	9,65	EFI
3100004360	700413	7765159	Barra Longa	0,5	14,94	EFI
3100004360	704691	7756158	Barra Longa	0,6	13,32	EFI
3100004360	704633	7756189	Barra Longa	1,5	16,2	EFI
3100018690	705328	7742954	Barra Longa	0,064	5,11	EFI
3100018690	711124	7750694	Barra Longa	0,1	5,87	EFI
3100018690	706474	7762073	Barra Longa	0,169	6,23	EFI
3100018690	698410	7755093	Barra Longa	0,2	3,49	EFI
3100018700	696432	7758936	Barra Longa	0,1	6,98	EFI
3100018700	700363	7748304	Barra Longa	0,2	6,84	EFI
3100019980	706760	7744814	Barra Longa	0,3	9	EFI
3100020710	694084	7763115	Barra Longa	0,033	3,38	EFI
3100020710	705483	7751832	Barra Longa	0,5	16,48	EFI
3100018750	774520	7864240	Belo Oriente	0,051	2,93	EFI

Poço SIAGAS	UTM (E)	UTM (N)	Município	Vazão Específica (m³/h/m)	Vazão de Estabilização (m³/h)	Unidade Aquífera Aflorante
3100018750	774432	7864179	Belo Oriente	0,175	8,8	EFI
3100018750	774257	7864182	Belo Oriente	0,196	9,9	EFI
3100018750	765810	7871968	Belo Oriente	0,224	4,5	EFI
3100018750	774141	7864275	Belo Oriente	0,568	23,3	EFI
3100018750	774053	7864216	Belo Oriente	1,2	33	EFI
3100002610	330395	7837506	Colatina	0,1	3	EFI
3100002610	326000	7839801	Colatina	0,75	15	EFI
3100002610	328763	7840566	Colatina	1,33	20	EFI
3100002610	328851	7840444	Colatina	18,0	36	EFI
3100007760	316400	7840200	Colatina	0,032	1,85	EFI
3100007760	325180	7869263	Colatina	0,135	6,316	EFI
3100007880	334447	7860812	Colatina	0,0	2,084	EFI
3100007880	342688	7830475	Colatina	0,1	3,863	EFI
3100007880	324713	7844137	Colatina	0,078	2,98	EFI
3100007880	341223	7831088	Colatina	0,1	7,2	EFI
3100007880	334246	7860627	Colatina	0,322	16,163	EFI
3100007880	333818	7860572	Colatina	0,324	15,529	EFI
3100007880	334710	7860848	Colatina	0,859	25,548	EFI
3100007890	326588	7862143	Colatina	0,0	2	EFI
3100007890	322138	7846610	Colatina	0,044	3,6	EFI
3100007890	323060	7864280	Colatina	0,068	3,94	EFI
3100007890	321181	7843810	Colatina	0,15	5,46	EFI
3100007890	319429	7851748	Colatina	0,25	11,9	EFI
3100007890	326392	7862402	Colatina	1,23	28,285	EFI
3100007900	328680	7840614	Colatina	0,1	4,9	EFI
3100007900	323975	7843546	Colatina	0,093	3,683	EFI
3100007900	328598	7841656	Colatina	0,1	4,4	EFI
3100007900	325683	7839577	Colatina	0,4	19,317	EFI
3100002260	808563	7879975	Fernandes Tourinho	0,5	17,13	EFI
3100005340	800963	7885579	Fernandes Tourinho	0,1	4	EFI
3100005340	809323	7881717	Fernandes Tourinho	0,1	5,292	EFI
3100005340	809441	7881746	Fernandes Tourinho	0,3	10,26	EFI
3100005340	809383	7881777	Fernandes Tourinho	0,566	10,87	EFI
3100017410	806906	7880364	Fernandes Tourinho	0,3	10,87	EFI
3100017420	806906	7880354	Fernandes Tourinho	0,0	2,3	EFI
3100017420	807012	7881102	Fernandes Tourinho	0,1	4,36	EFI
3100017420	805592	7882224	Fernandes Tourinho	0,1	7,6	EFI
3100017420	807499	7881802	Fernandes Tourinho	0,6	24,01	EFI
3100021420	806871	7883696	Fernandes Tourinho	0,0	1,8	EFI

Poço SIAGAS	UTM (E)	UTM (N)	Município	Vazão Específica (m³/h/m)	Vazão de Estabilização (m³/h)	Unidade Aquífera Aflorante
3100021420	807485	7881781	Fernandes Tourinho	0,6	24	EFI
3100005420	235681	7914815	Galileia	0,128	6	EFI
3100005420	235623	7914783	Galileia	0,3	10,22	EFI
3100018850	232712	7897236	Galileia	0,0	3,35	EFI
3100002690	223894	7939565	Governador Valadares	0,1	4,9	EFI
3100002690	221121	7924757	Governador Valadares	6,7	30	EFI
3100002700	221435	7937222	Governador Valadares	1,67	19,3	EFI
3100004100	188432	7902084	Governador Valadares	2,012	19,44	EFI
3100005420	197444	7924175	Governador Valadares	0,5	15	EFI
3100018850	211830	7922770	Governador Valadares	0,233	4,82	EFI
3100020150	788020	7902809	Governador Valadares	0,0	5,112	EFI
3100005650	264249	7852417	Itueta	0,094	4,86	EFI
3100005650	280261	7858032	Itueta	0,338	17,53	EFI
3100007780	376989	7876122	Linhares	0,012	0,374	FB
3100007780	376907	7876086	Linhares	0,019	1,029	FB
3100007780	379600	7840980	Linhares	0,1	3,96	FB
3100007780	362284	7829224	Linhares	0,3	4,629	EFI
3100008000	388282	7861224	Linhares	0,2	3,5	FB
3100008080	387504	7882085	Linhares	0,133	8	FB
3100008100	388119	7852915	Linhares	60	28,8	FB
3100008100	388288	7852607	Linhares	112,5	22,5	FB
3100008110	380635	7842480	Linhares	0,2	12	FB
3100008190	371411	7841408	Linhares	5,884	19,476	FB
3100008220	388158	7857800	Linhares	1,4	35	FB
3100008220	372205	7834211	Linhares	17,5	35	FB
3100008230	387934	7857212	Linhares	0,318	7	FB
3100008240	387577	7862517	Linhares	1,385	27	FB
3100019540	665237	7745387	Mariana	0,3	8,5	EFI
3100007790	330242	7854931	Marilândia	0,091	3,79	EFI
3100007790	330746	7857423	Marilândia	0,666	15,653	EFI
3100007790	338172	7849066	Marilândia	1,017	16	EFI
3100008270	342154	7853514	Marilândia	0,017	0,87	EFI
3100008270	329043	7850039	Marilândia	0,021	1,5	EFI
3100008270	342187	7853727	Marilândia	0,037	2,4	EFI
3100008270	336176	7852786	Marilândia	0,039	2,329	EFI
3100008270	342150	7853381	Marilândia	0,042	1,96	EFI
3100008270	342135	7853290	Marilândia	0,062	2,14	EFI
3100008280	330574	7855702	Marilândia	0,095	5,6	EFI
3100008280	331358	7858387	Marilândia	0,1	6	EFI

Poço SIAGAS	UTM (E)	UTM (N)	Município	Vazão Específica (m³/h/m)	Vazão de Estabilização (m³/h)	Unidade Aquífera Aflorante
3100008280	338284	7857994	Marilândia	0,144	4,4	EFI
3100004060	794691	7890358	Periquito	2,2	17,5	EFI
3100007350	799604	7886586	Periquito	0,2	5,43	EFI
3100019600	787500	7886000	Periquito	0,4	9,32	EFI
3100019600	794700	7890000	Periquito	1,458	20,81	EFI
3100021060	798312	7893225	Periquito	1,722	29,99	EFI
3100021210	787326	7885661	Periquito	0,313	15,984	EFI
3100002710	280503	7867077	Resplendor	0,05	2	EFI
3100002710	263399	7877353	Resplendor	0,14	5,33	EFI
3100002710	281065	7866500	Resplendor	0,15	4	EFI
3100002710	284547	7868386	Resplendor	0,24	6	EFI
3100002710	263591	7862590	Resplendor	0,9	13	EFI
3100002710	277031	7881122	Resplendor	2	12	EFI
3100002720	273874	7881176	Resplendor	0,45	10	EFI
3100006630	262510	7878264	Resplendor	0,049	1,8	EFI
3100019070	273888	7869766	Resplendor	0,03	2,74	EFI
3100019070	262789	7878267	Resplendor	0,082	6,05	EFI
3100019070	274106	7869498	Resplendor	0,249	8,24	EFI
3100019080	274000	7869900	Resplendor	0,022	0,5	EFI
3100019080	273159	7868752	Resplendor	0,026	2,02	EFI
3100019080	260550	7878650	Resplendor	0,039	2,2	EFI
3100019080	273070	7868591	Resplendor	0,052	4,79	EFI
3100019080	273300	7869100	Resplendor	0,119	5,47	EFI
3100021140	276618	7869614	Resplendor	0,423	15,984	EFI
3100007290	770371	7852425	Santana do Paraiso	0,028	1,51	EFI
3100007290	760602	7849030	Santana do Paraiso	0,051	3,6	EFI
3100007290	757357	7856922	Santana do Paraiso	0,087	6	EFI
3100007290	756481	7856904	Santana do Paraiso	0,18	9,32	EFI
3100018480	759363	7848460	Santana do Paraiso	0,039	2,88	EFI
3100018480	769787	7850786	Santana do Paraiso	0,363	13,18	EFI
3100018480	758155	7851727	Santana do Paraiso	0,473	12,38	EFI
3100018480	758022	7852314	Santana do Paraiso	0,483	25,2	EFI
3100018480	757767	7852889	Santana do Paraiso	0,817	15,23	EFI
3100020000	760093	7849235	Santana do Paraiso	0,08	4,68	EFI
3100020000	770304	7851820	Santana do Paraiso	1,208	24,732	EFI
3100020000	770335	7852153	Santana do Paraiso	1,518	29,304	EFI
3100021250	759017	7847122	Santana do Paraiso	0,031	3,132	EFI
3100021250	760107	7847240	Santana do Paraiso	0,223	16,74	EFI
3100021250	758149	7852410	Santana do Paraiso	0,505	26,67	EFI

Poço SIAGAS	UTM (E)	UTM (N)	Município	Vazão Específica (m³/h/m)	Vazão de Estabilização (m³/h)	Unidade Aquífera Aflorante
3100002720	222142	7899511	Tumiritinga	5,56	55,37	EFI
3100007090	198469	7900711	Tumiritinga	0,1	6,8	EFI
3100007090	220980	7898910	Tumiritinga	25,749	55,36	EFI
3100020020	213269	7900438	Tumiritinga	0,1	4	EFI

Apêndice F. VAZÕES DOS POÇOS EM FUNÇÃO DA PROBABILIDADE E NÚMERO DE POÇOS

Tabela 176. Vazões dos poços em função da probabilidade e número de poços no Embasamento Fraturado Indiferenciado. Valores em m³/h.

	Número de poços														
Probabilidade (%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	49,50	69,43	88,73	106,52	122,12	137,62	153,66	166,54	181,69	195,54	212,20	226,48	240,49	255,86	267,44
5	31,67	50,72	68,10	83,59	98,89	112,90	125,33	139,57	155,27	168,65	180,76	195,66	209,52	222,01	235,29
10	25,00	41,31	57,33	72,00	85,70	100,67	112,55	125,57	138,55	151,35	163,77	177,64	190,17	203,95	216,43
15	20,45	35,76	50,90	64,71	77,95	91,47	104,10	116,83	129,08	142,09	154,35	167,09	179,61	192,19	205,25
20	17,28	31,86	45,68	59,00	71,87	85,31	97,88	110,32	122,79	134,96	147,31	159,86	171,60	183,64	195,95
30	12,92	26,42	38,77	50,96	63,46	74,94	88,16	99,76	111,86	123,96	135,29	147,55	159,51	170,65	182,89
40	9,82	22,07	33,42	45,03	56,51	67,77	79,27	91,17	102,91	114,52	125,74	137,63	148,95	160,38	171,52
50	7,48	18,31	29,33	40,10	50,59	61,90	73,10	84,10	94,99	106,15	117,34	128,32	139,56	150,69	161,32
60	5,60	15,30	25,10	35,39	45,46	55,82	66,72	77,36	87,50	97,77	108,66	119,51	130,08	141,36	151,94
70	4,15	12,45	21,03	30,57	40,28	50,02	60,42	70,41	80,10	89,53	100,09	109,92	120,47	130,89	141,53
75	3,54	11,12	19,01	28,16	37,46	46,66	57,07	65,94	75,92	85,35	95,54	105,46	115,02	125,68	135,53
80	2,89	9,51	16,99	25,53	34,37	43,40	53,33	62,05	71,67	80,91	90,32	100,53	110,07	119,58	129,34
85	2,23	8,01	15,02	22,63	31,33	40,11	49,10	57,59	66,26	75,21	84,82	94,44	103,88	113,46	122,12
90	1,63	6,49	12,90	19,54	27,58	35,40	43,84	51,98	61,44	69,66	78,03	87,50	97,01	105,65	114,74
95	1,12	4,83	9,89	15,79	22,57	29,87	37,16	44,83	53,50	61,93	69,57	77,91	87,02	95,34	103,92
100	0,58	1,29	3,00	4,91	7,79	10,74	16,74	19,95	26,41	27,10	33,93	38,58	46,35	52,49	57,65

Tabela 177. Vazões dos poços em função da probabilidade e número de poços na Formação Barreiras. Valores em m³/s.

	Número de poços														
Probabilidade (%)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	73,01	108,39	137,02	171,09	194,00	220,79	247,46	272,02	295,44	311,06	334,67	360,04	383,16	407,58	429,23
5	49,26	78,69	104,40	130,08	152,94	175,31	196,95	220,91	243,59	264,73	283,88	305,46	329,70	351,61	372,34
10	38,16	64,58	88,55	111,79	133,98	156,39	176,95	197,87	219,25	241,27	260,47	281,63	303,41	323,51	343,28
15	31,67	56,88	79,03	101,55	121,62	143,70	164,03	183,20	203,89	225,82	245,54	265,80	285,54	305,52	325,49
20	27,03	50,23	72,34	92,48	112,90	133,90	153,84	173,04	192,85	213,15	233,07	253,27	272,07	291,08	311,07
30	20,27	41,54	62,01	81,34	99,28	119,31	138,34	156,25	175,37	195,10	213,59	232,38	251,25	269,82	287,45
40	15,84	34,61	53,47	71,73	89,62	107,30	125,64	143,49	161,38	179,17	198,23	215,47	233,63	251,23	269,25
50	12,19	29,11	46,55	63,71	80,42	97,88	115,24	132,01	149,16	166,37	183,82	201,13	218,75	235,31	252,04
60	9,29	24,25	40,23	56,30	71,44	88,37	105,22	121,52	137,96	153,41	170,31	188,01	204,43	220,67	236,68
70	7,01	19,94	34,26	49,33	63,62	78,98	94,96	110,57	126,42	142,14	157,72	173,94	190,57	206,41	221,41
75	5,90	17,82	31,48	46,23	59,76	74,22	89,23	104,80	120,02	135,74	150,63	166,75	182,83	198,56	214,05
80	4,87	15,65	28,32	42,72	55,10	69,20	83,83	98,75	113,51	128,78	143,61	158,74	175,04	190,09	204,69
85	3,91	13,54	25,21	38,16	50,17	64,04	77,86	92,22	106,81	121,36	135,16	150,38	165,56	180,08	195,28
90	2,99	10,97	21,48	33,48	44,53	57,63	70,89	84,86	98,31	112,43	126,33	139,98	154,13	168,03	182,68
95	2,12	8,05	16,63	27,20	37,52	48,87	61,21	73,87	87,14	99,21	112,48	125,36	138,82	151,98	165,67
100	1,21	2,50	5,31	9,39	15,49	19,50	25,35	35,62	38,15	52,96	61,30	72,33	80,12	85,27	93,21

Apêndice G. BACIAS HIDROGRÁFICAS DAS ALTERNATIVAS ANALISADAS

G.1 Aimorés – Santo Antônio do Rio Doce

Córrego Gimirim

Na área de 60.78km² da bacia do córrego Gimirim não foi encontrado nenhum aglomerado urbano, conforme é possível notar na Figura 121.

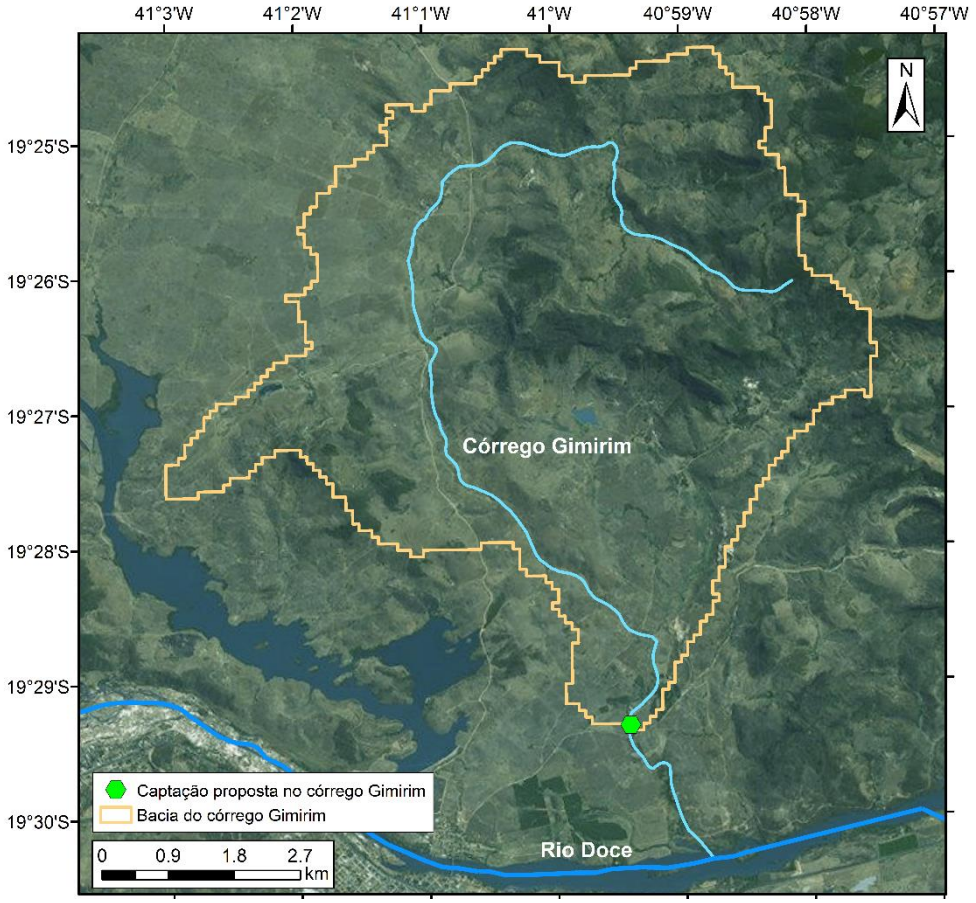


Figura 121. Bacia do córrego Gimirim.

Rio Manhuaçu

Foram observados diversos aglomerados urbanos na área da bacia (8826 km²), como apresentado na Figura 122, além de habitações esparsas em todo o território. Os distritos mais próximos do rio Manhuaçu são São João do Manhuaçu, Realeza, Bom Jesus, Manhuaçu, Reduto, Santana do Manhuaçu, Santa Quitéria, Santa Filomena, Ipanema, Santo Antônio do Manhuaçu, Tabajara, Barra Mansa, Santo Antônio e Tabaúna.

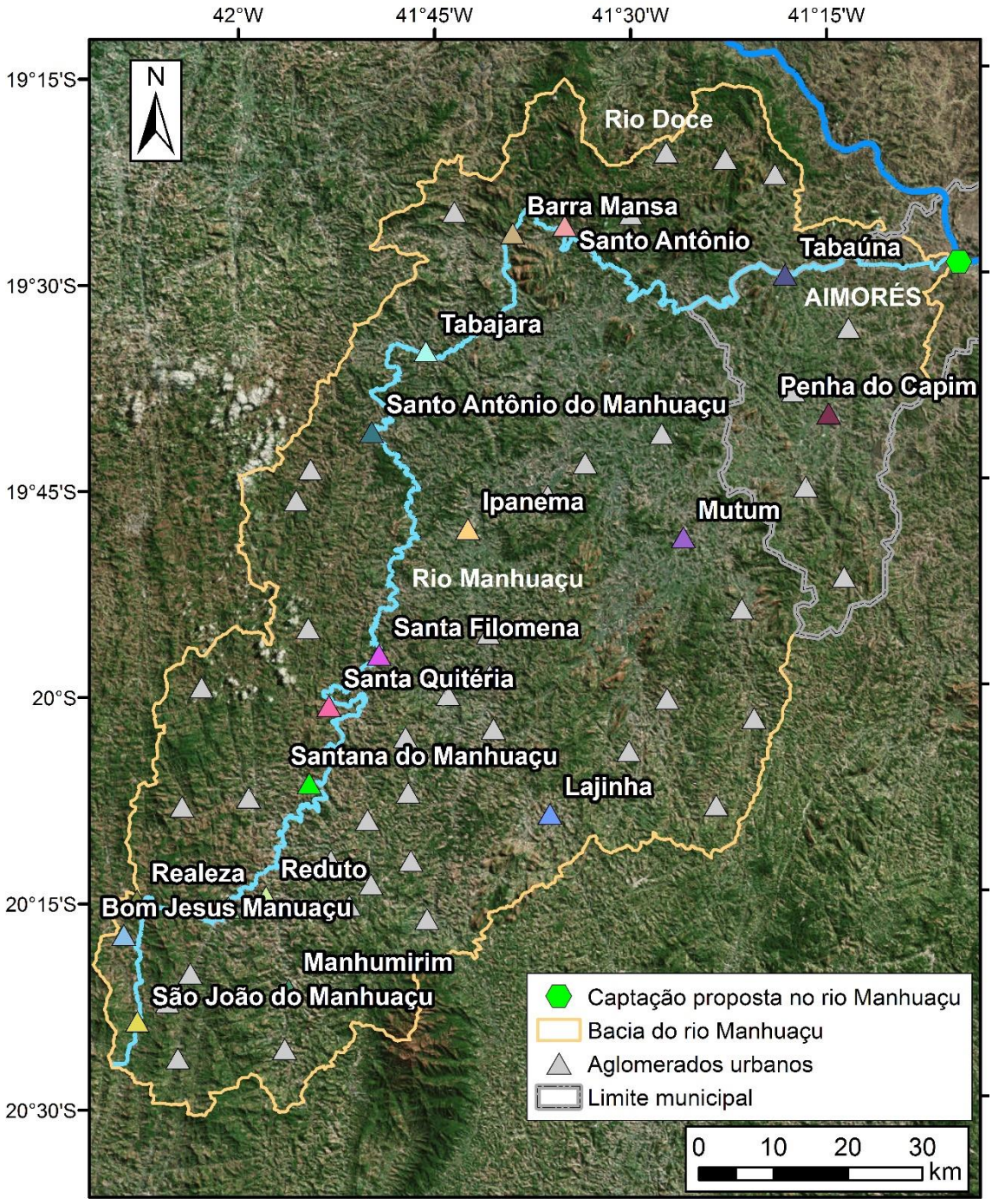


Figura 122. Bacia do rio Manhuaçu.

Córrego Natividade

Na área da bacia do córrego Natividade (66.96 km²) não foi encontrado nenhum aglomerado urbano, como é possível observar na Figura 123.

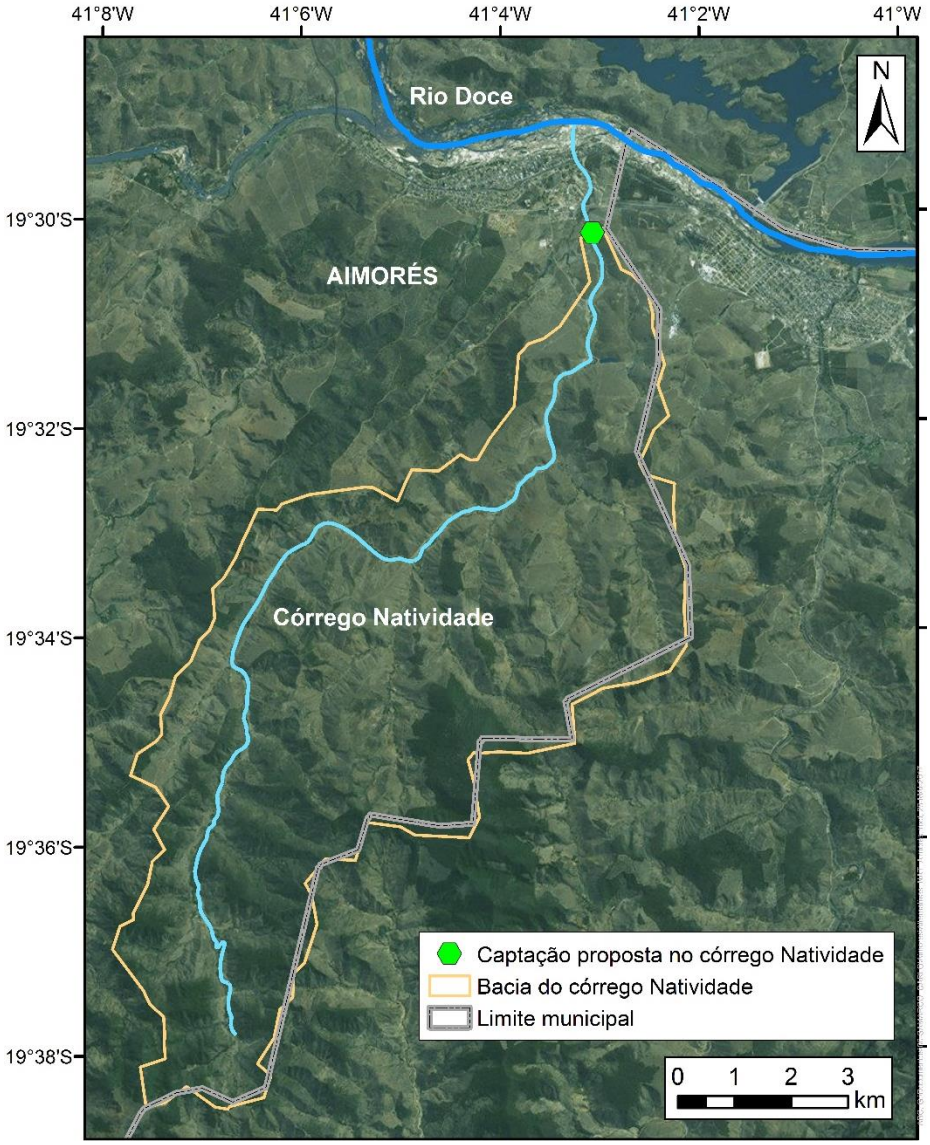


Figura 123. Bacia do córrego Natividade.

G.2 Alpercata – Sede

Córrego do Arroz

Na bacia do córrego do Arroz, com área de 18.03 km², não foram encontrados grandes aglomerados urbanos, apenas um haras na porção central da bacia, como mostra a Figura 124.

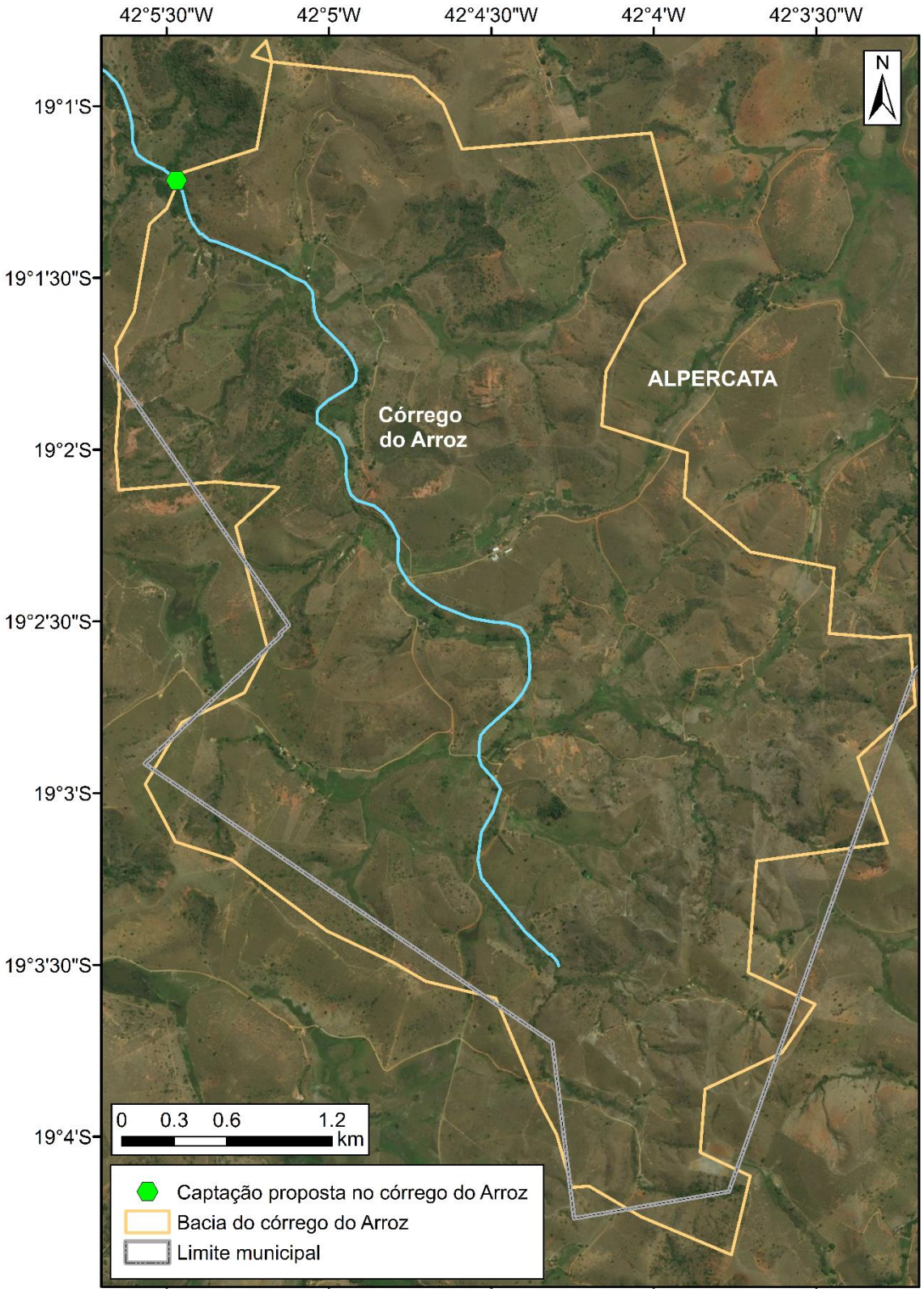


Figura 124. Bacia do córrego do arroz.

Córrego do Esgoto Grande

Dentro da bacia do córrego do Esgoto Grande (Figura 125), com área de 38.96 km², são observados dois aglomerados urbanos: Era Nova, na área nordeste da bacia; e Alpercata, onde fica a Câmara Municipal de Alpercata, na região sudeste da bacia.

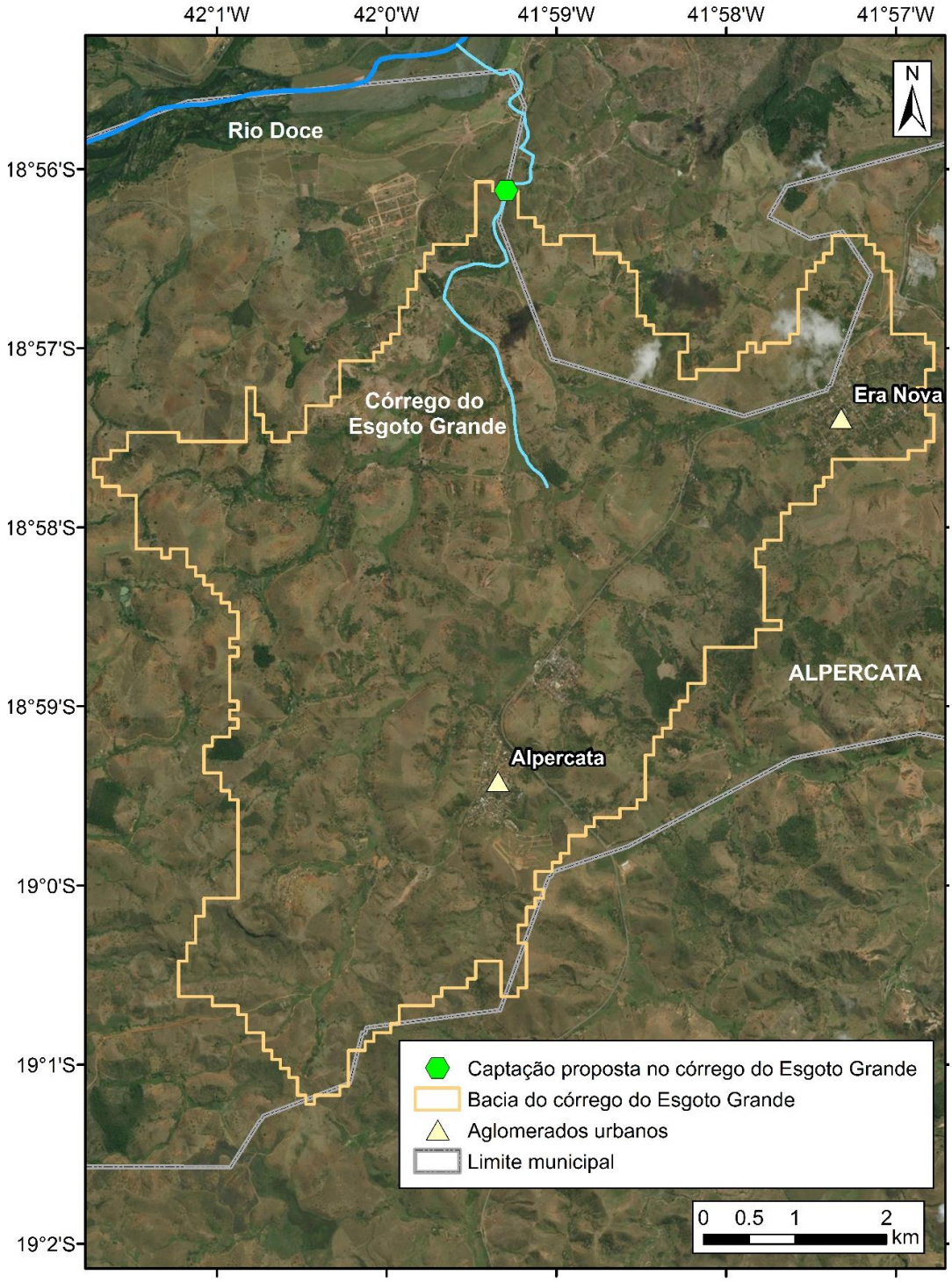


Figura 125. Bacia do córrego do Esgoto Grande.

Córrego Preto:

Na área da bacia do córrego Preto (41.93 km²) não foi encontrado nenhum aglomerado urbano, conforme mostra a Figura 126.

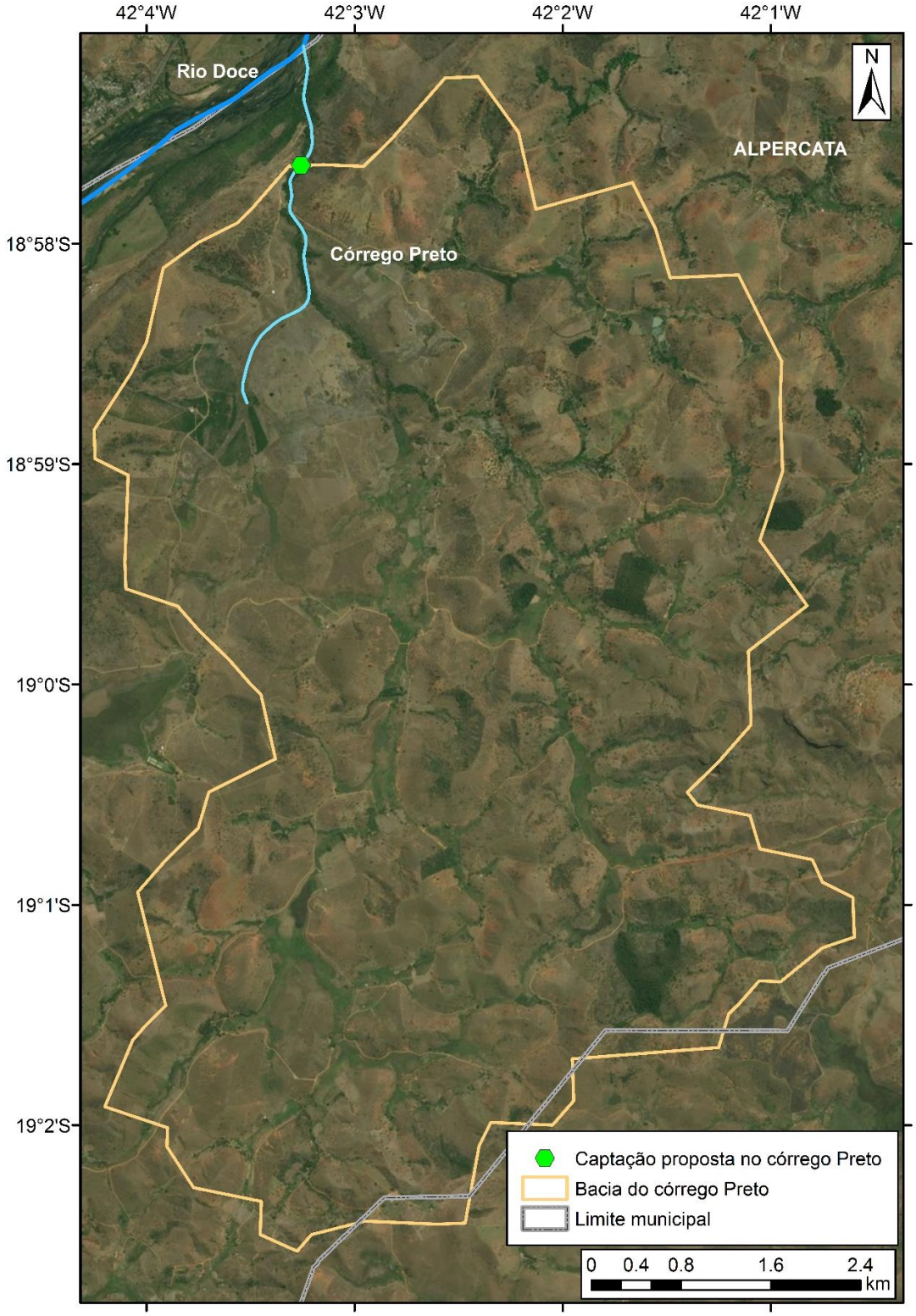


Figura 126. Bacia do córrego Preto.

Ribeirão Traíra

Na área da bacia do ribeirão Traíra (540.8 km²), foram observados seis aglomerados urbanos, como é possível observar na Figura 127. Também foram encontradas habitações ao longo da rodovia BR-116, nas regiões central e sul da bacia.

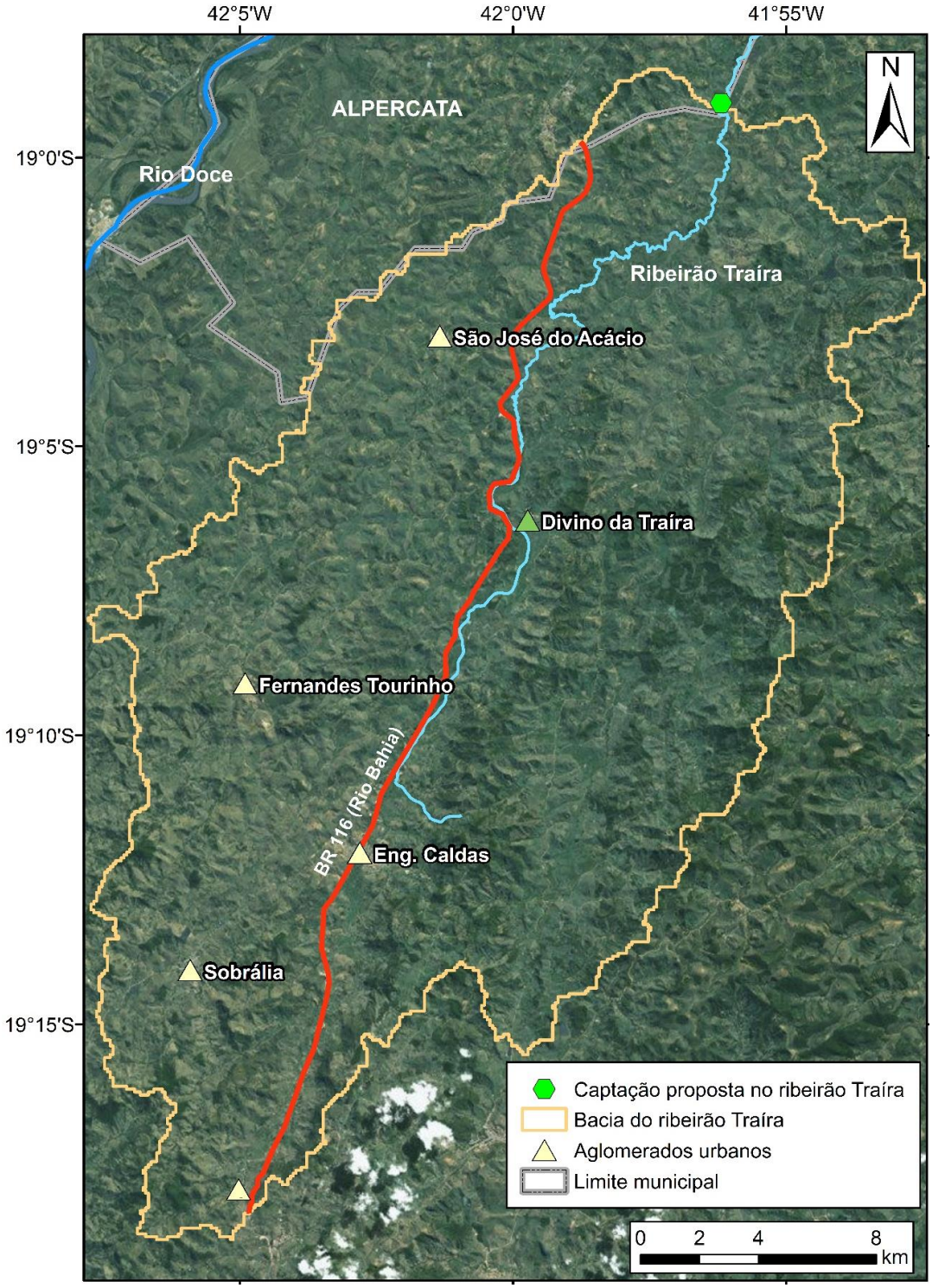


Figura 127. Bacia do Ribeirão Traíra.

G.3 Baixo Guandu – Sede

Córrego Água Limpa

Não foram observados aglomerados urbanos na área da bacia (60.46 km²), conforme a Figura 128.

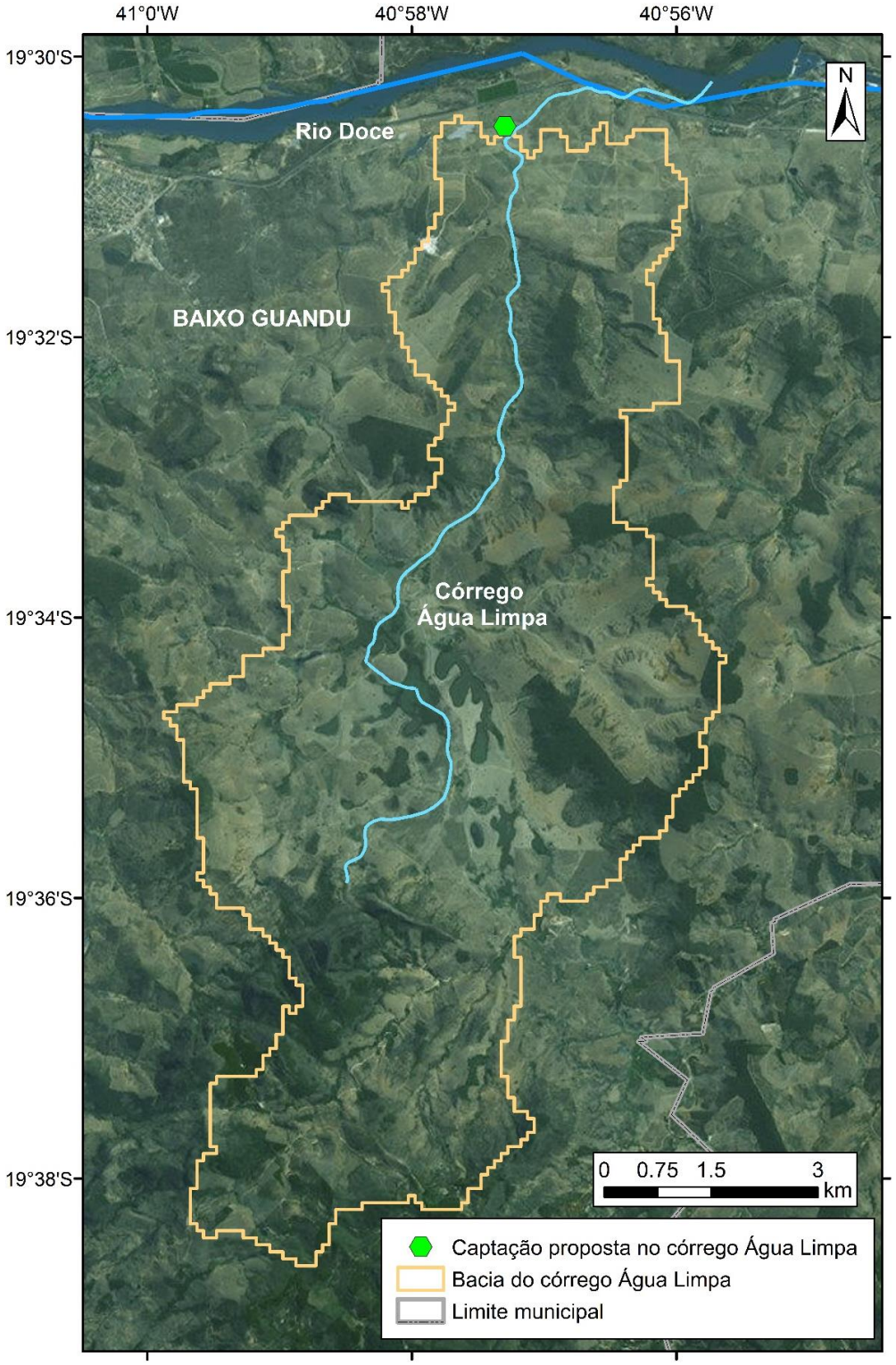


Figura 128. Bacia do córrego Água Limpa.

Rio Guandu

Na área da bacia (2130.7 km²) foram encontrados distritos do município de Baixo Guandu distribuídos ao longo de toda a bacia, como Afonso Cláudio, Pontões, Brejatuba, entre outros, conforme mostra a Figura 129.



Figura 129. Bacia do rio Guandu.

G.4 Baixo Guandu – Mascarenhas

Córrego Água Limpa

Não foram observados aglomerados populacionais na região da bacia, com área de 56.37 km² (Figura 130).

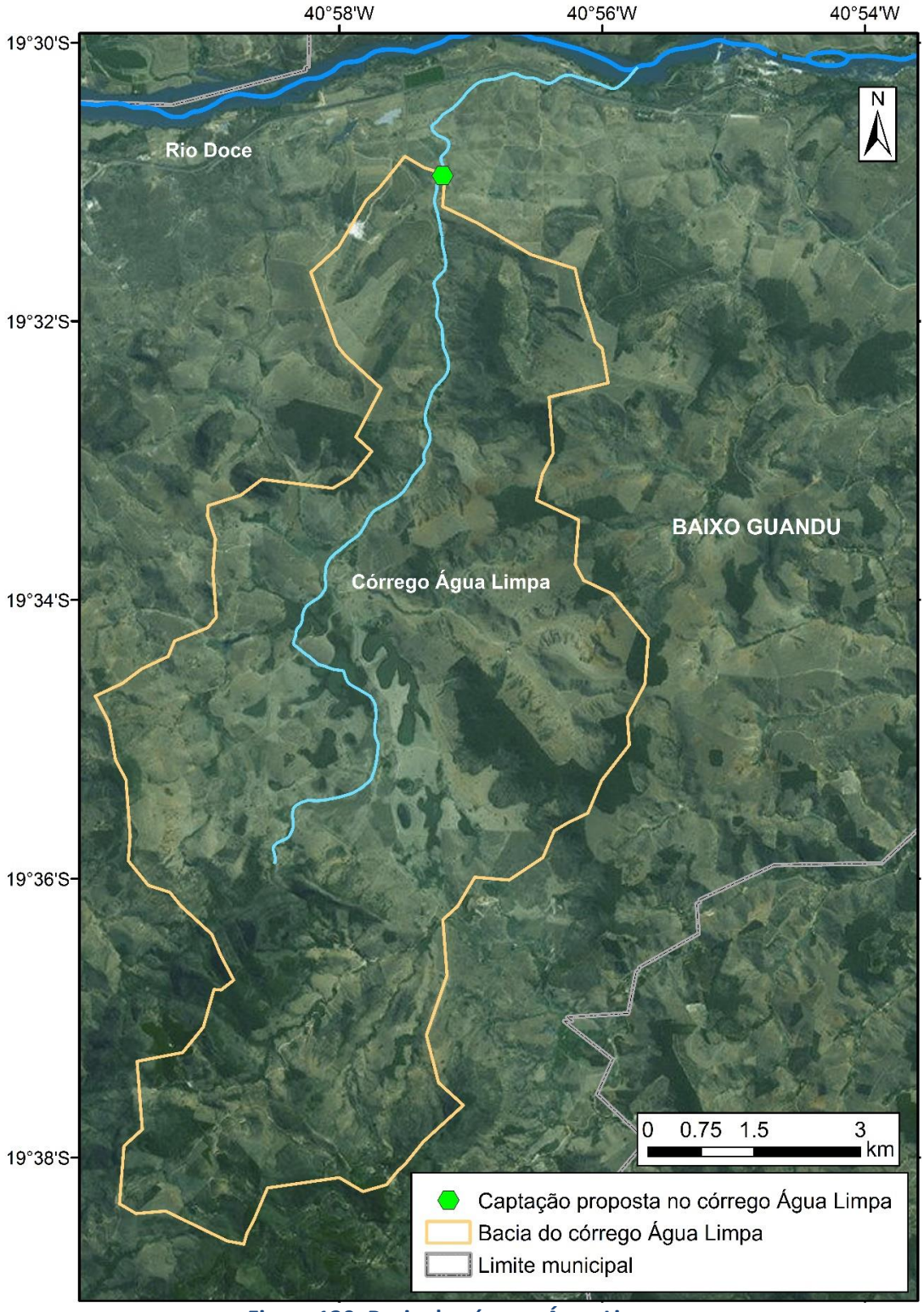


Figura 130. Bacia do córrego Água Limpa.

Córrego Queixadão

Não foram encontrados aglomerados urbanos na área da bacia (26.79 km²), apenas habitações esparsas, como mostra a Figura 131.

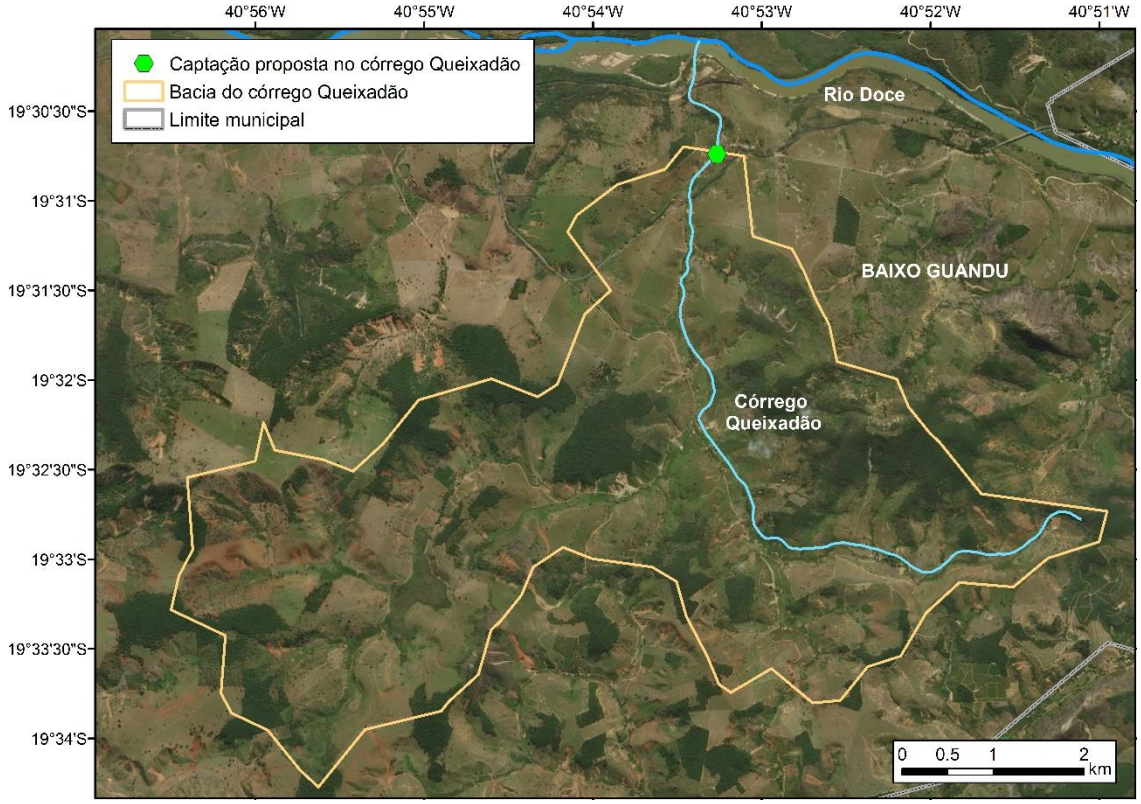


Figura 131. Bacia do córrego Queixadão.

Córrego Olofote

Na área da bacia (4.92 km²) do córrego Olofote (Figura 132), não foram encontrados aglomerados urbanos.

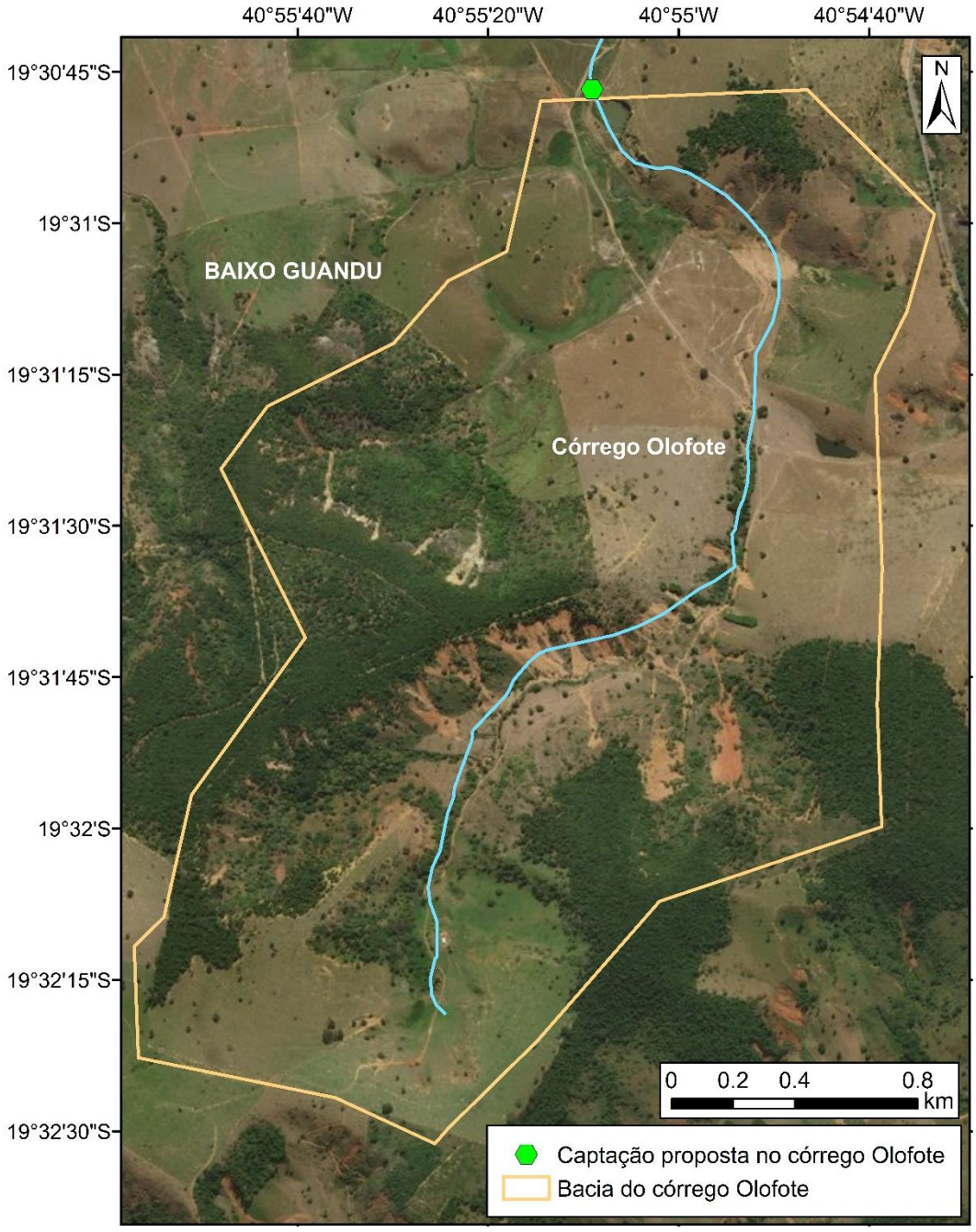


Figura 132. Bacia do córrego Olofote.

G.5 Barra Longa – Barreto

Córrego Barreto

Não foram observados aglomerados populacionais na área da bacia do córrego Barreto (3.55 km²), conforme é possível observar na Figura 133.

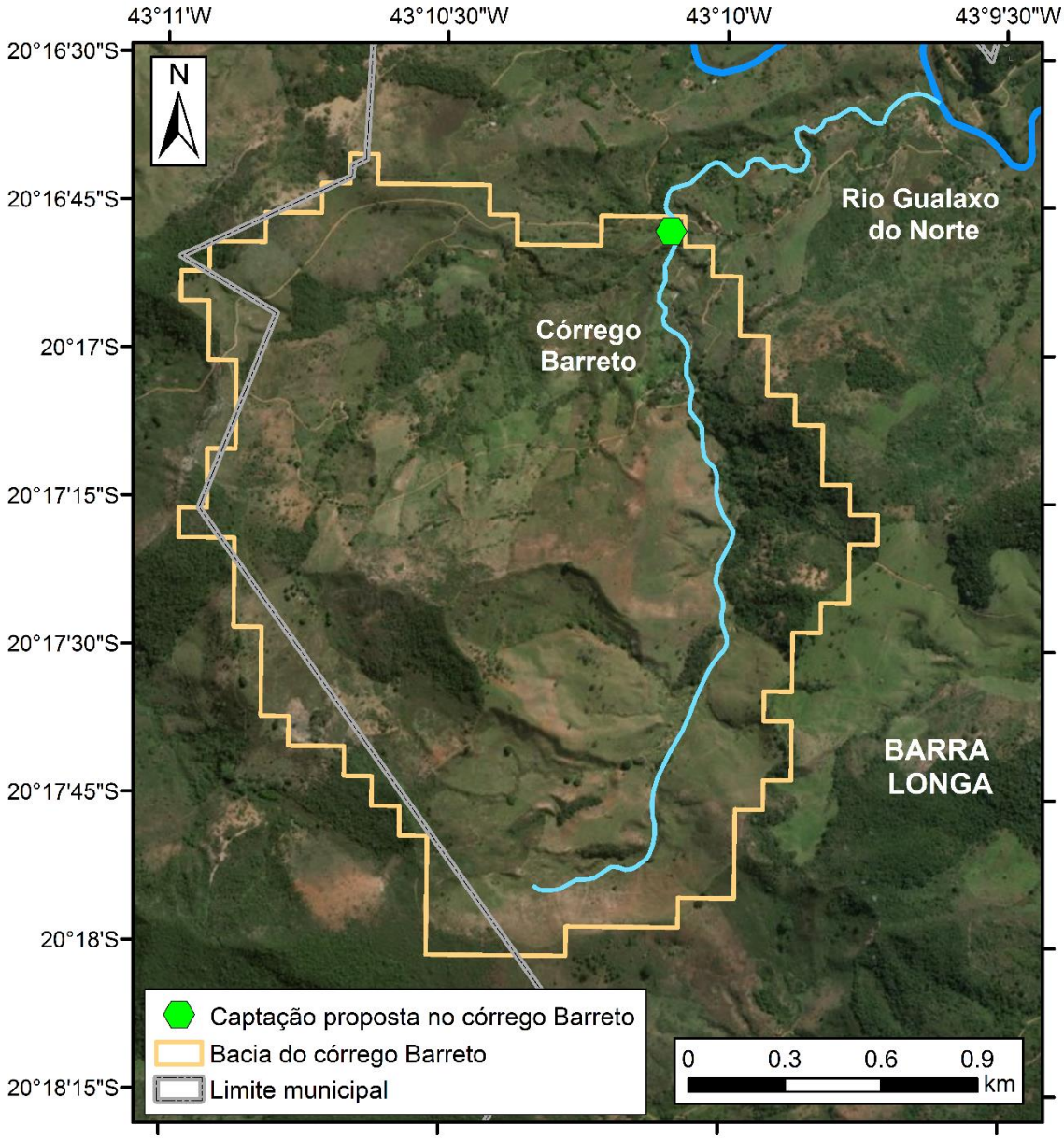


Figura 133. Bacia do córrego Barreto.

Córrego sem nome

Não foram observados aglomerados populacionais na área da bacia (0.87 km²) do córrego sem nome (Figura 134).

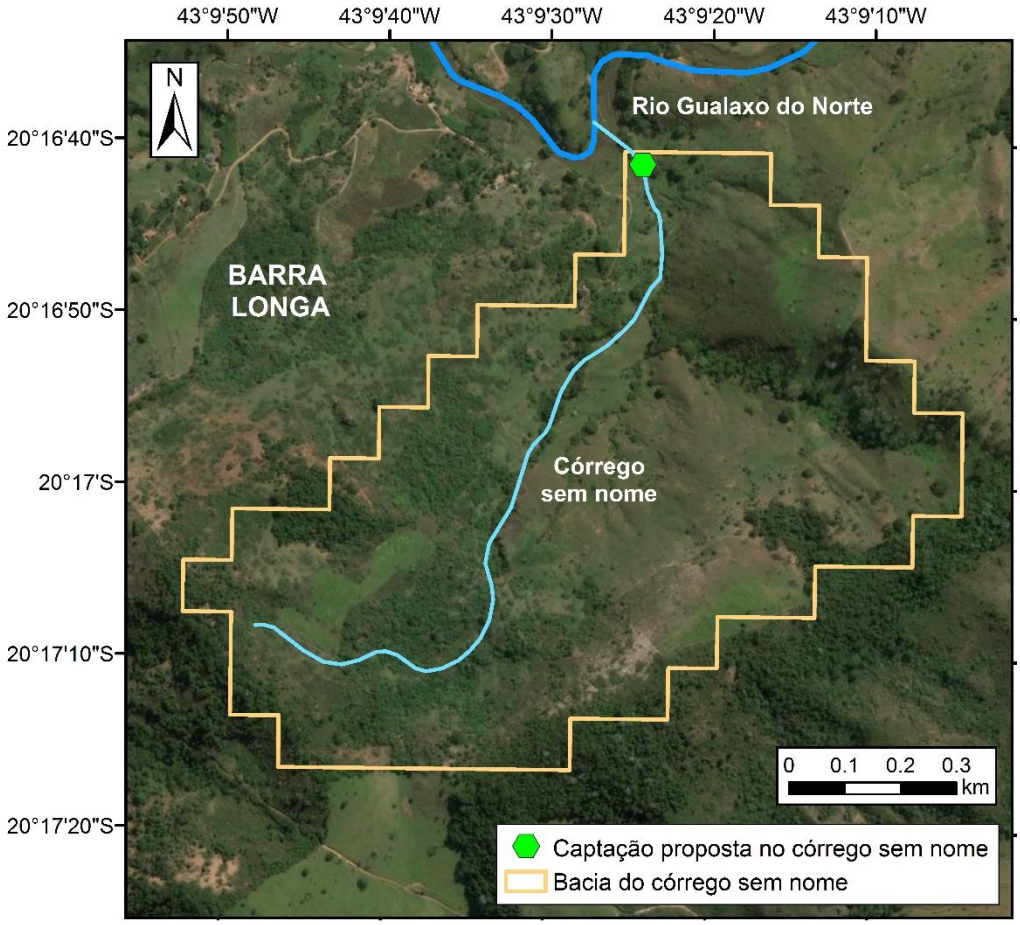


Figura 134. Bacia do córrego sem nome.

G.6 Barra Longa – Gesteira

Ribeirão do Dobra

Na região do Ribeirão do Dobra, existe o povoado de Taboões, além de algumas habitações distribuídas pela área da bacia (32.69 km²), conforme mostra a Figura 135.

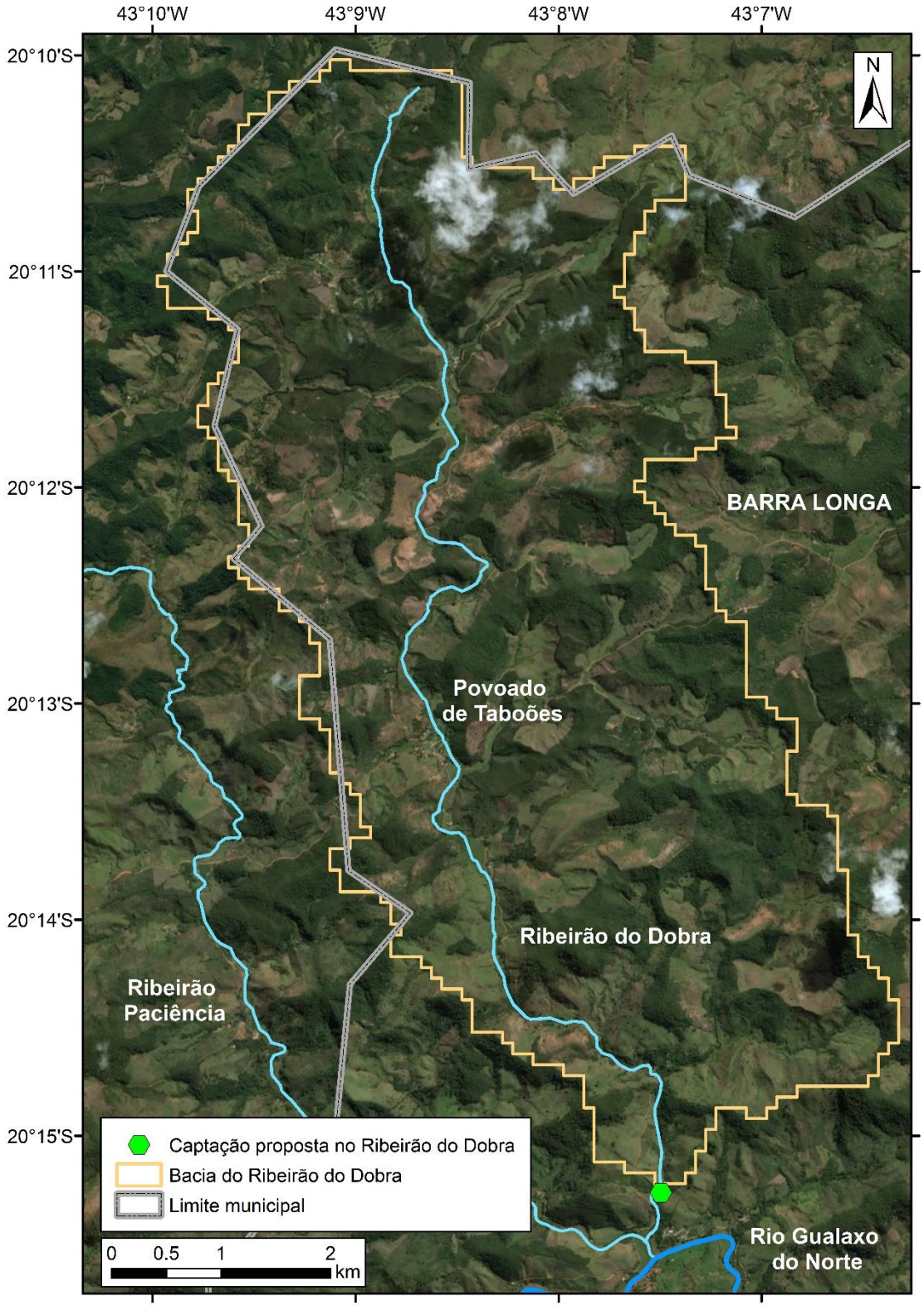


Figura 135. Bacia do ribeirão do Dobra.

Córrego sem nome

Dentro da área da bacia (1.55 km²) do córrego sem nome (Figura 136), não foram encontrados aglomerados populacionais.

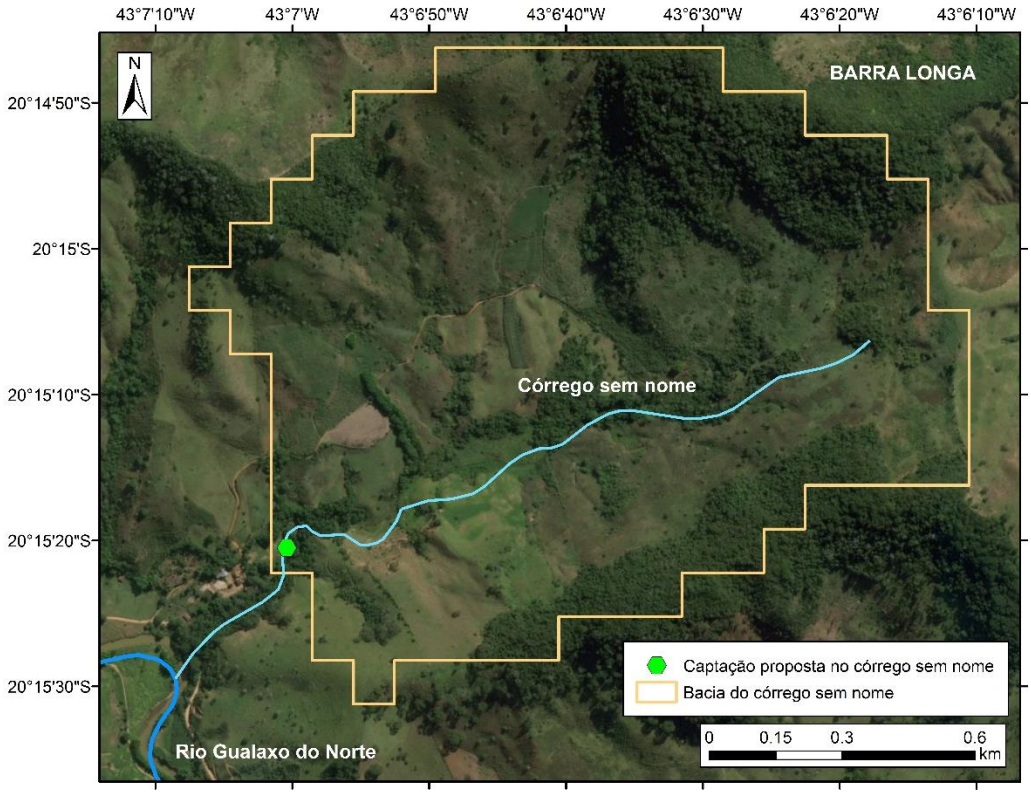


Figura 136. Bacia do córrego sem nome.

G.7 Belo Oriente – Perpétuo Socorro (Cachoeira Escura)

Córrego Vermelho

Não foram observados aglomerados urbanos na região do córrego Vermelho, com área de 17.26 km² (Figura 137).

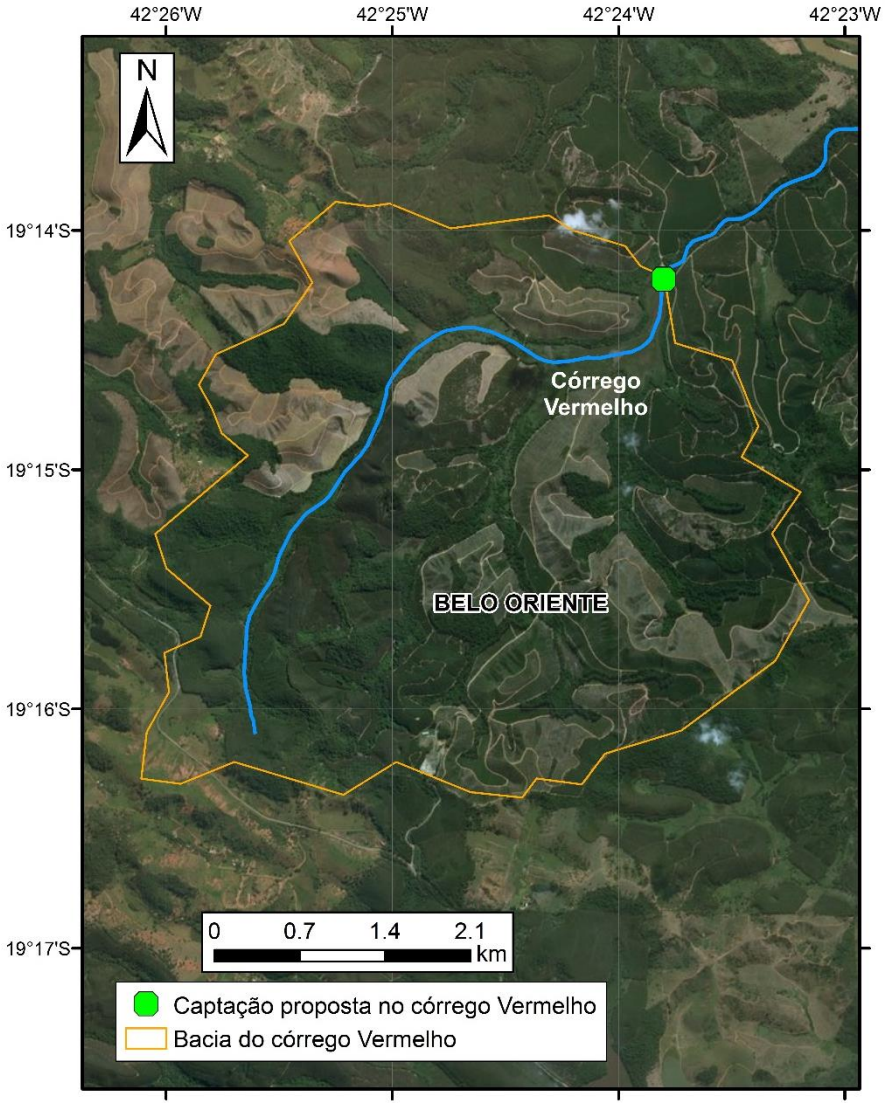


Figura 137. Bacia do córrego Vermelho.

Rio Santo Antônio

Na área da bacia do rio Santo Antônio (10432.71 km²), foram observados 55 aglomerados urbanos. Entre eles, os mais próximos do rio são Conceição do Mato Dentro, Meloso, Santo Antônio do Rio Abaixo, Ferros, Sete Cachoeiras, Coqueiros e Naque-Nanuque, conforme mostra a Figura 138.



Figura 138. Bacia do rio Santo Antônio.

Córrego Café

Não foram observados aglomerados urbanos na região da bacia com área de 8.43 km² (Figura 139).

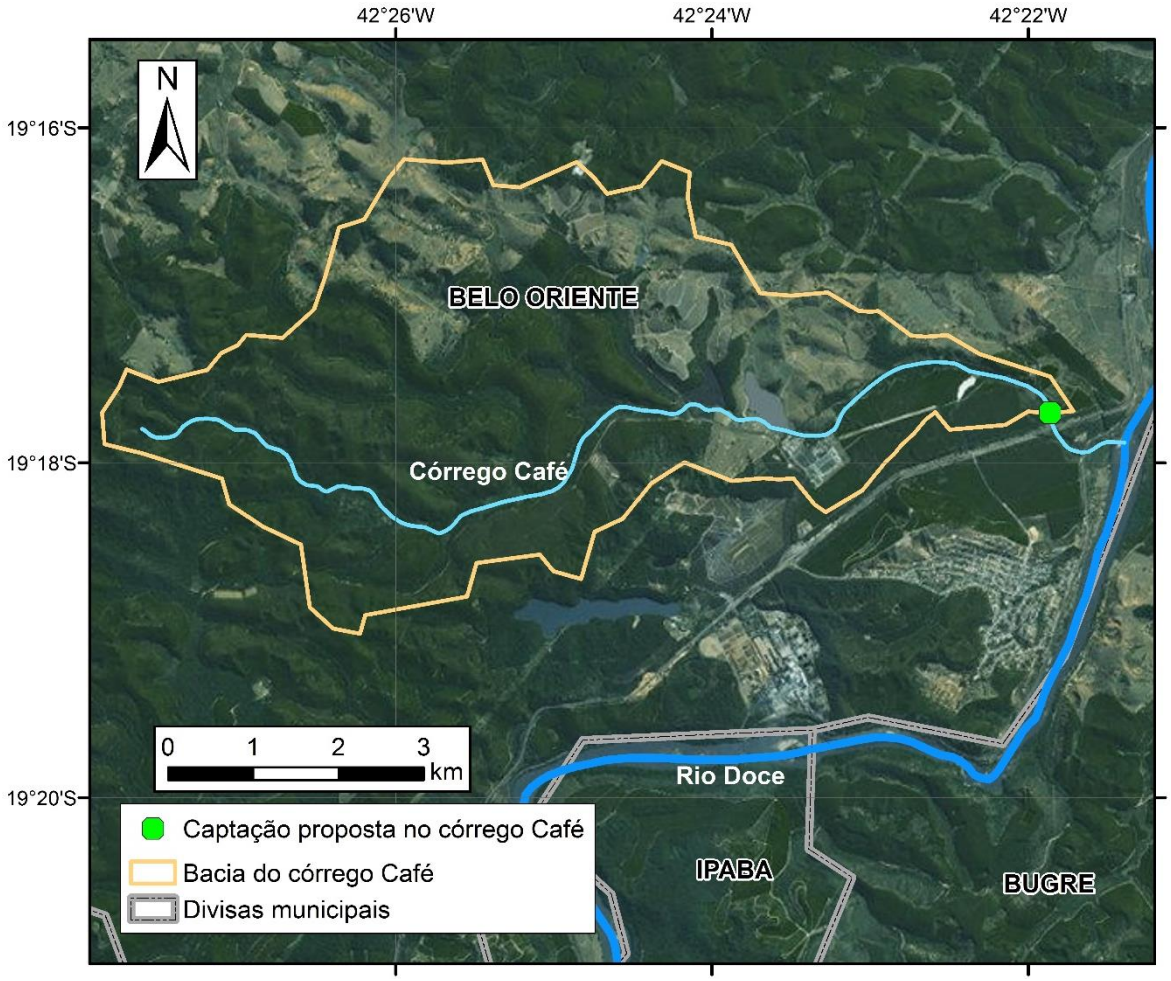


Figura 139. Bacia do córrego Café.

Córrego do Bagre

Na região da bacia (área de 51.31 km²), foi encontrado o distrito de Bom Jesus do Bagre, próximo ao córrego (Figura 140).

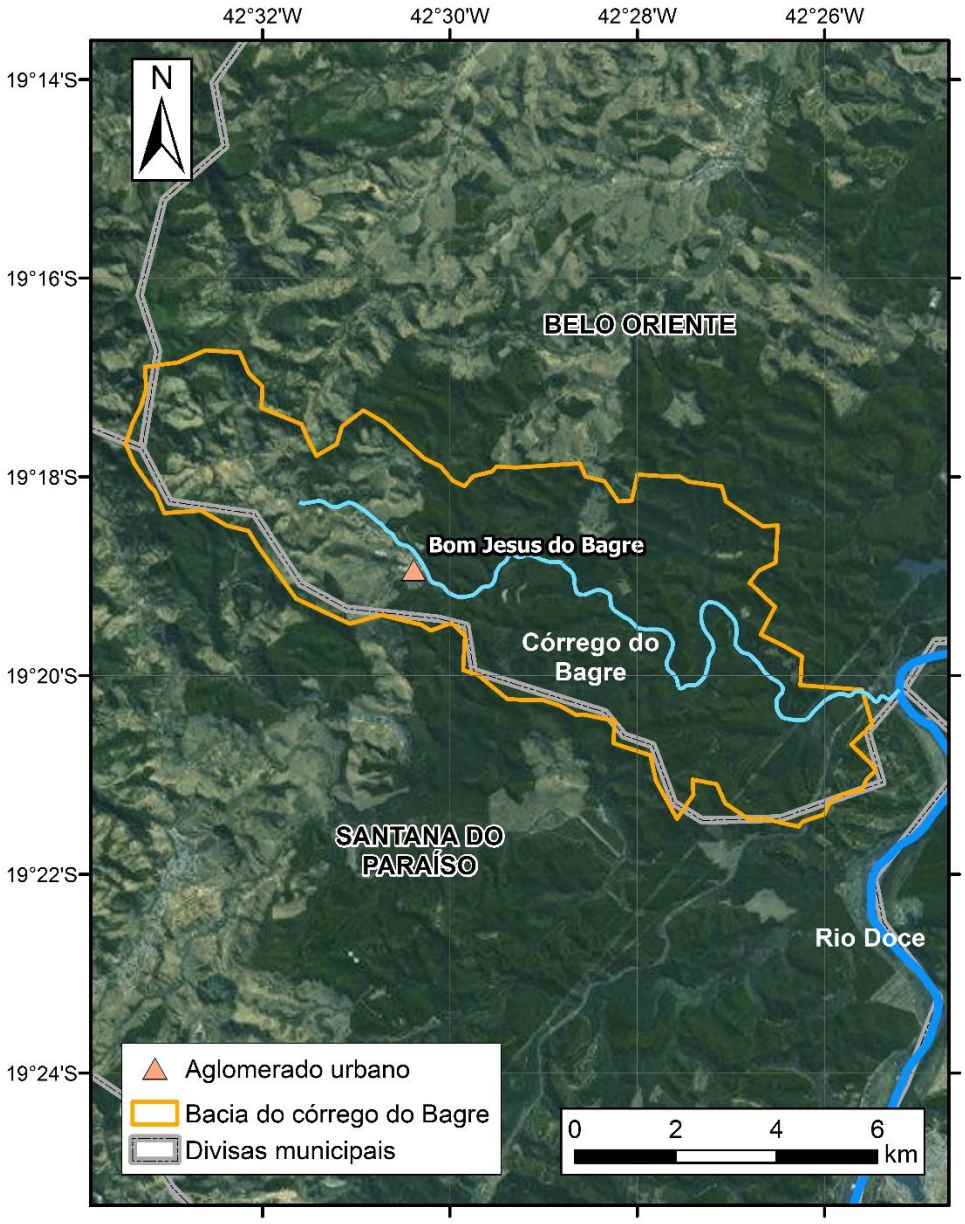


Figura 140. Bacia do córrego do Bagre.

G.8 Colatina – Sede

Rio Pancas

Na área da bacia (1179.34 km²), foram encontrados nove distritos do município de Colatina, sendo os mais próximos do rio os distritos de Brejal, Quinze de Outubro, Ponte do Pancas e Ângelo Frechiani, conforme se observa na Figura 141.

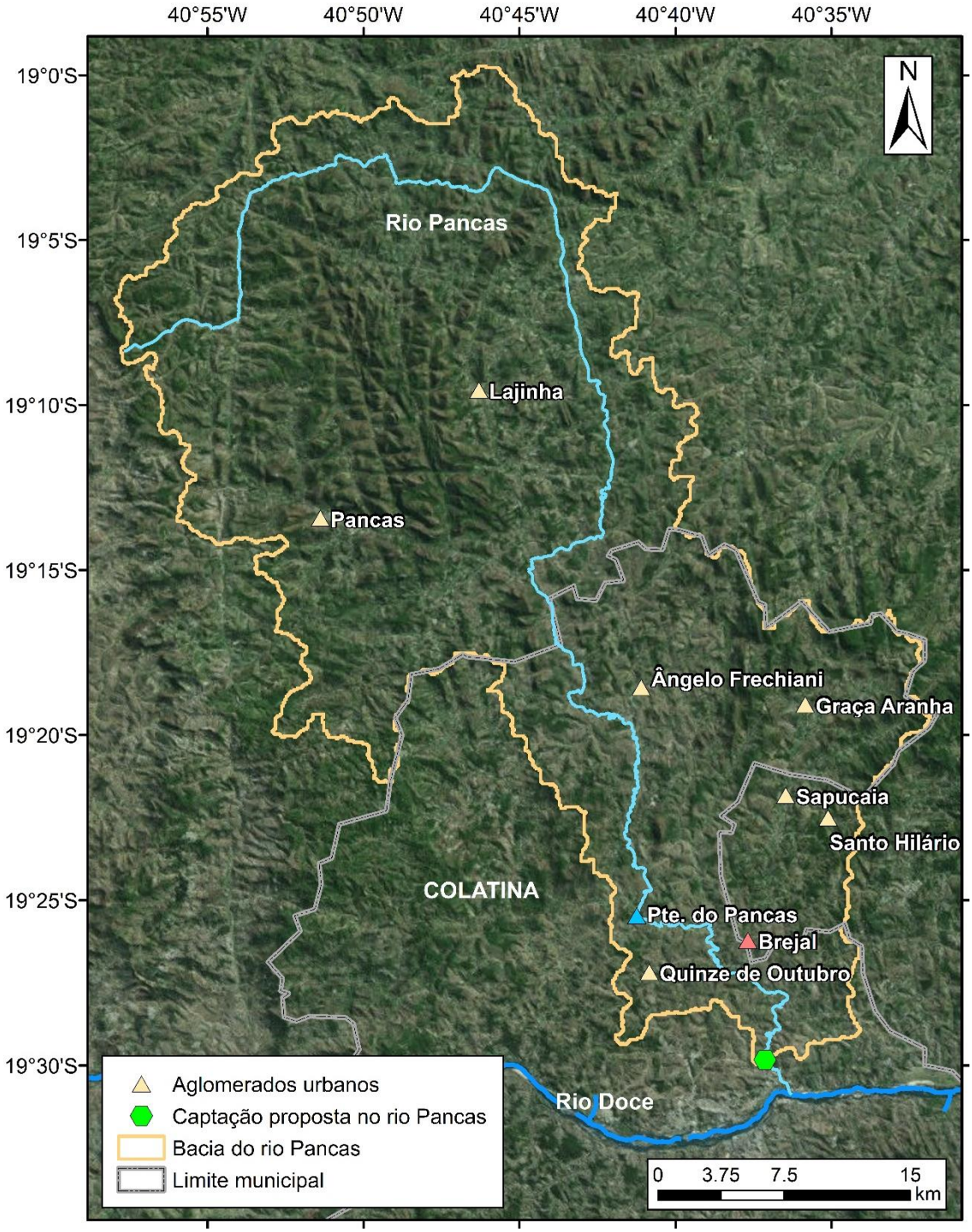


Figura 141. Bacia do rio Pancas.

Rio Santa Maria do Rio Doce

Foram observados na área de 948.64 km², os distritos de Boapaba, São Roque do Canaã, São João de Petrópolis e Alto Santa Maria, próximos ao rio, e os distritos de São Jacinto e Santo Antônio do Canaã, conforme Figura 142.

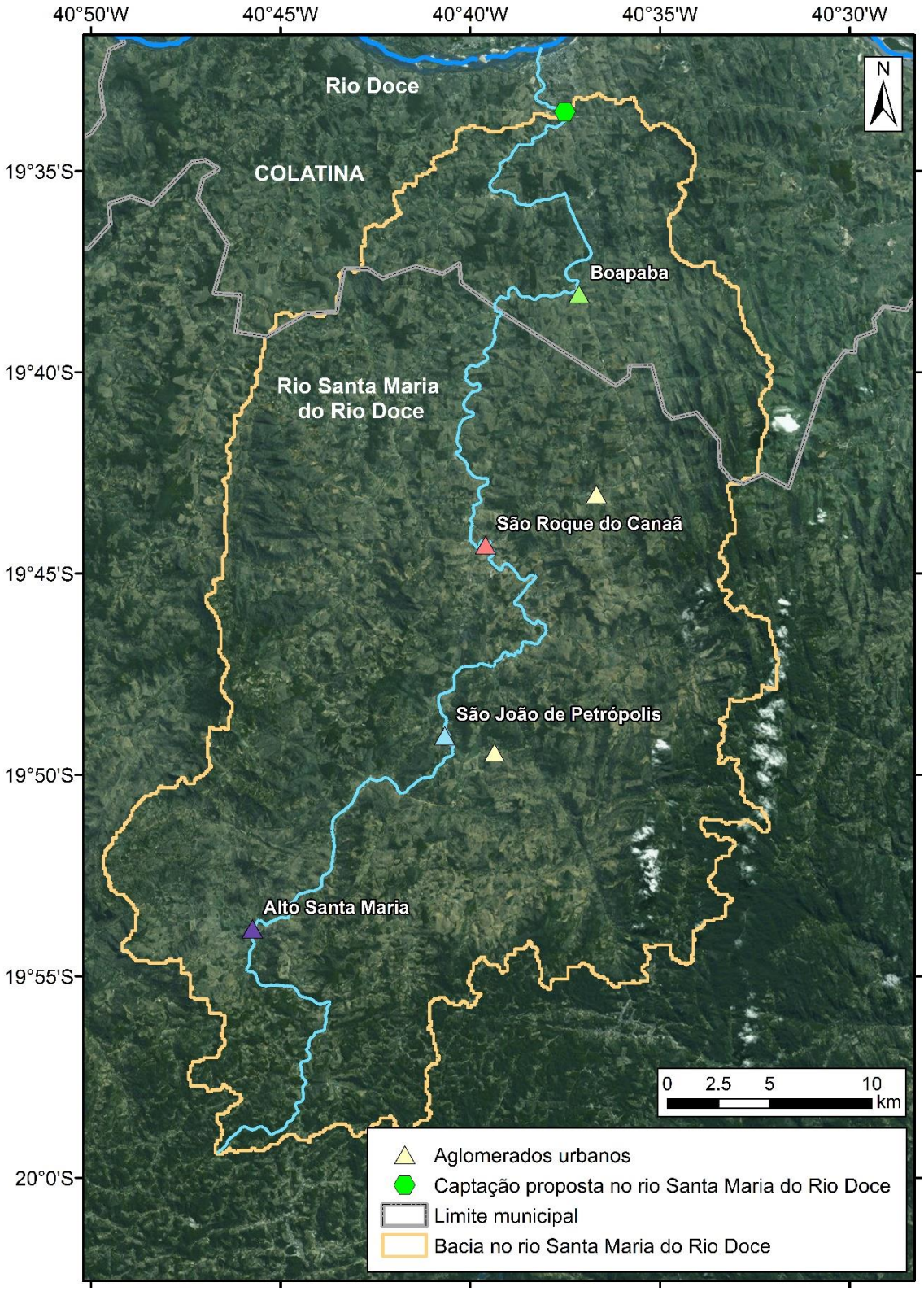


Figura 142. Bacia do rio Santa Maria do Rio Doce.

Rio Santa Joana

Na região da bacia, com área de 895.03 km², foram encontrados os distritos de Itaimbé, Palmeira, Itaçu, Itaguaçu e Itarana, além de habitações esparsas ao sul da bacia, conforme a Figura 143.

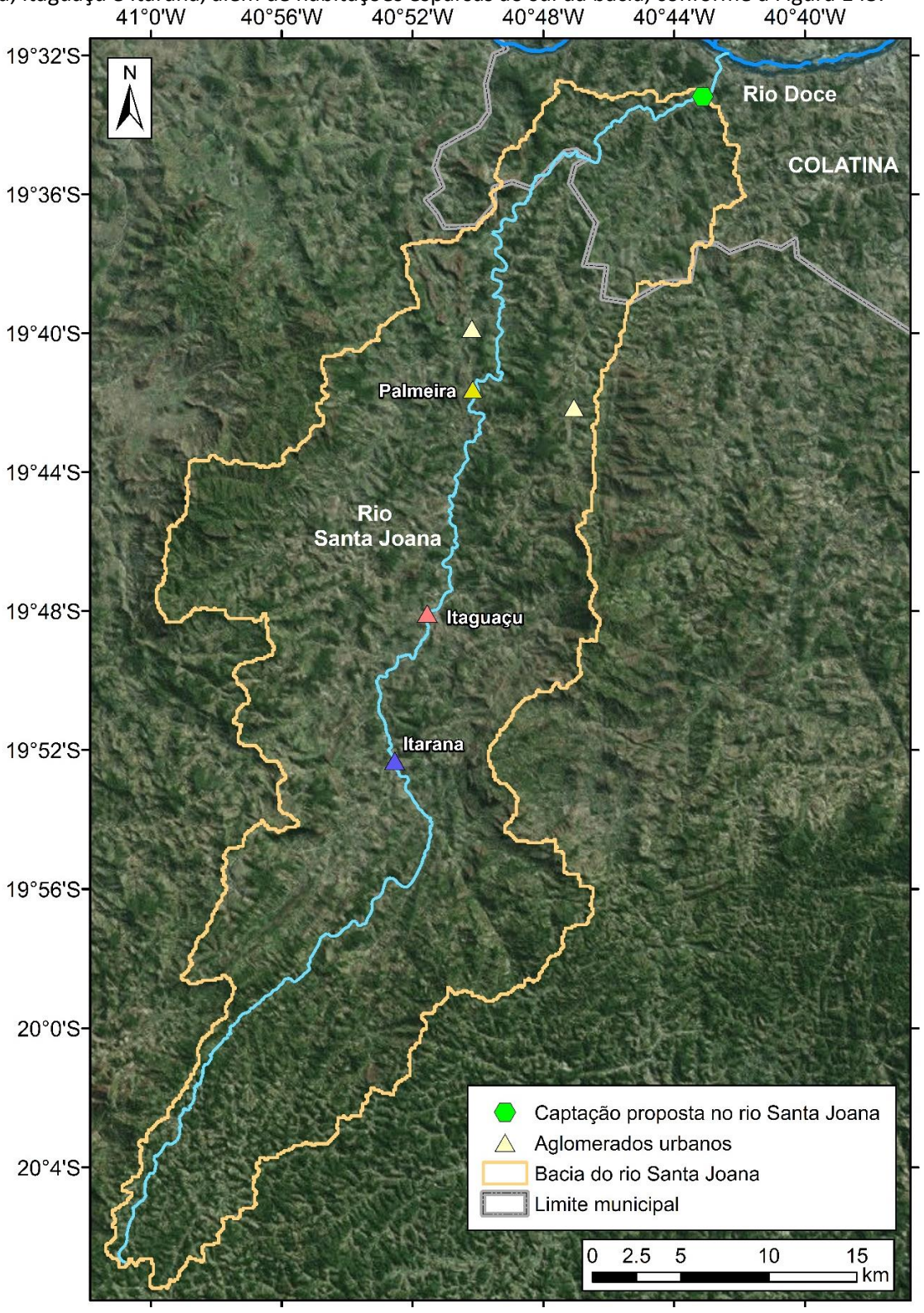


Figura 143. Bacia do rio Santa Joana.

Rio São João Pequeno

Dentro dos limites da bacia do rio São João Pequeno (Figura 144), com área de 166.57 km², existe um aglomerado urbano (São João Pequeno), além de habitações esparsas na região sul da bacia.

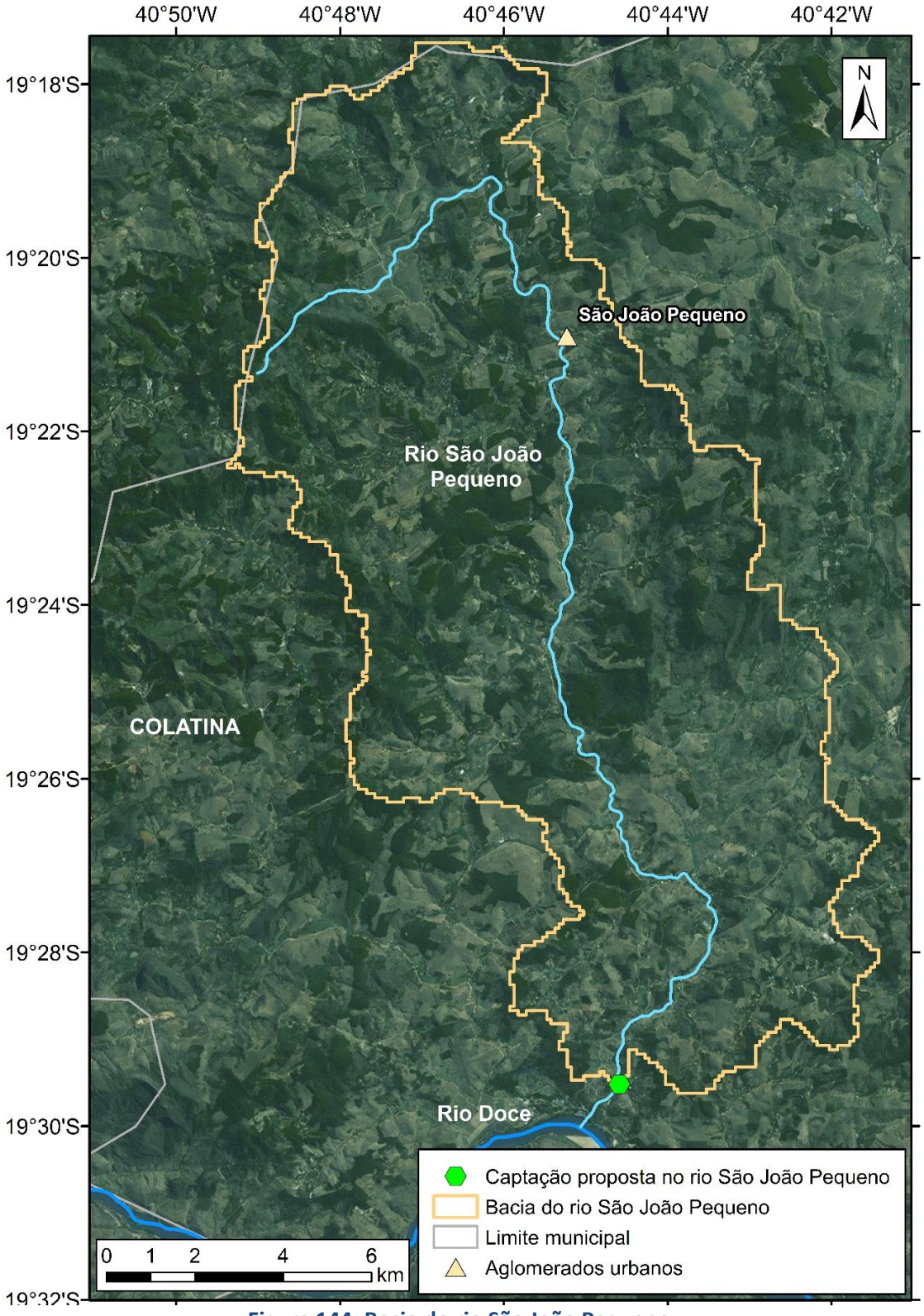


Figura 144. Bacia do rio São João Pequeno

G.9 Fernandes Tourinho – Senhora da Penha

Córrego Preto

Não foram encontrados aglomerados urbanos na área da bacia do córrego Preto, com área de 27.97 km², conforme a Figura 145.

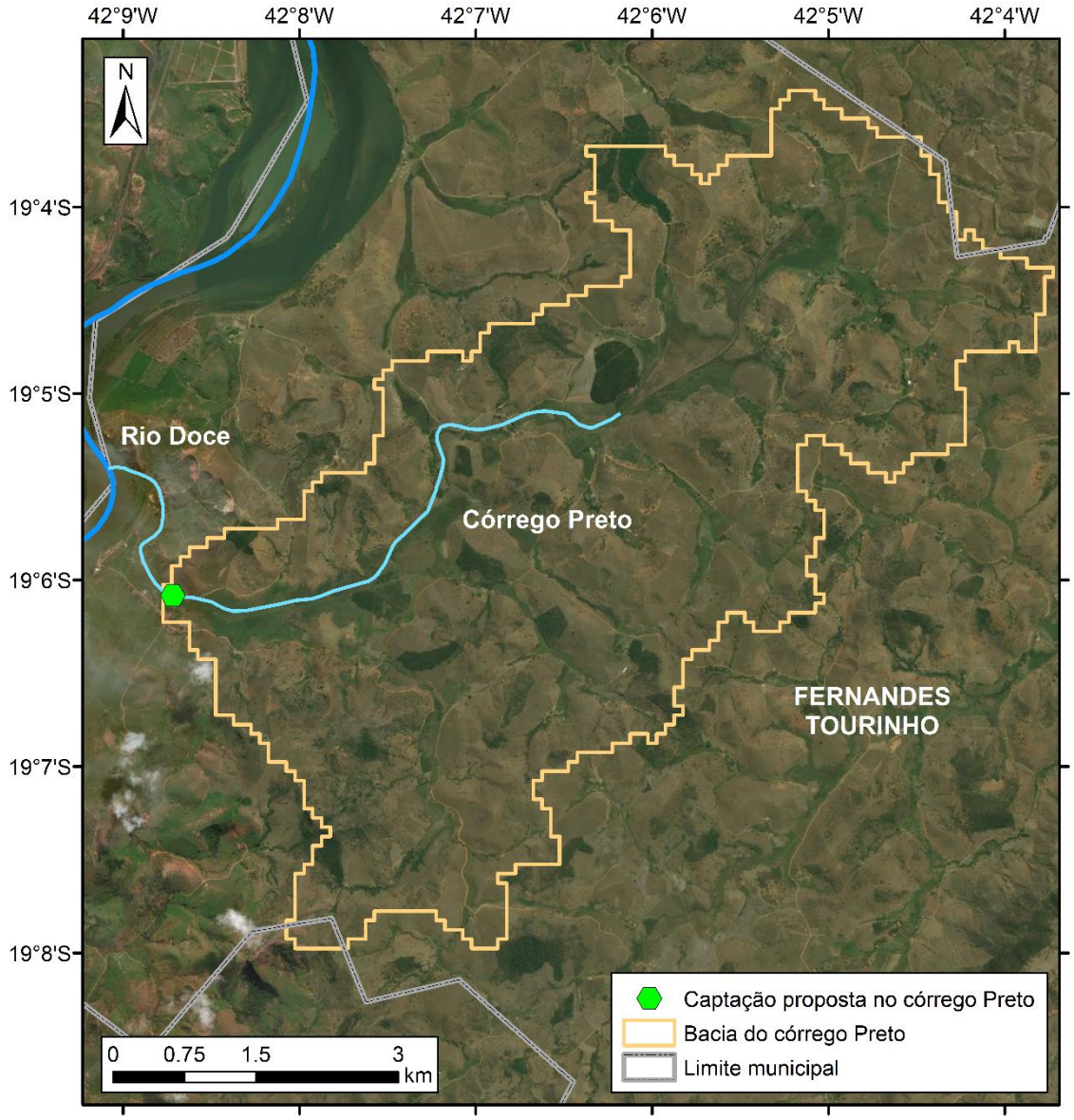


Figura 145. Bacia do Córrego Preto.

Córrego Boa Esperança

Não foram encontrados aglomerados urbanos na área da bacia (7.3 km²) do córrego Boa Esperança, conforme a Figura 146.

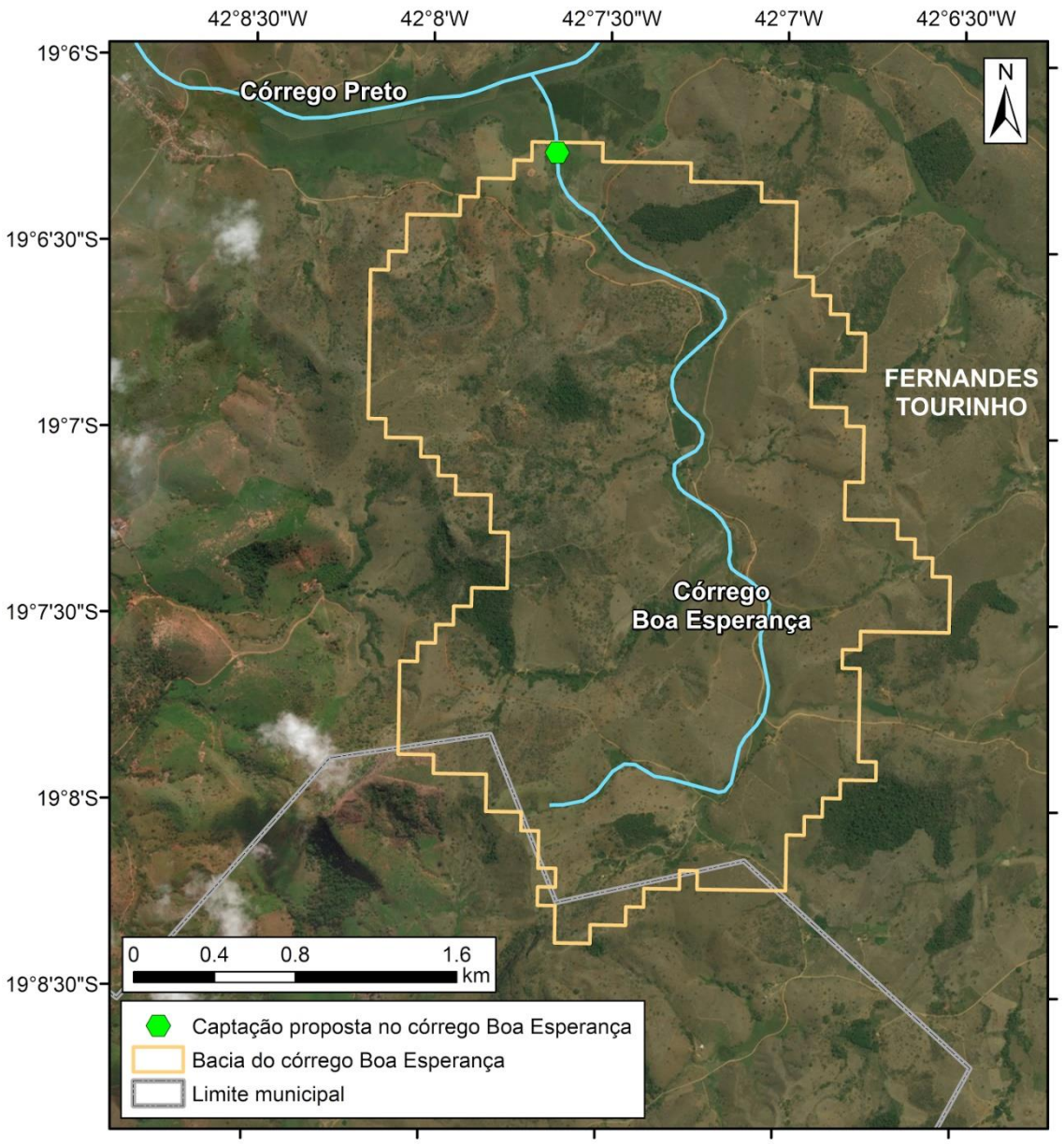


Figura 146. Bacia do córrego Boa Esperança.

G.10 Galileia – Sede

Ribeirão Laranjeiras

Foram encontrados, na área de 786.90 km², os distritos de Divino Laranjeiras, Sapucaia do Norte, Conceição das Laranjeiras e São Geraldo do Baixio, conforme a Figura 147.

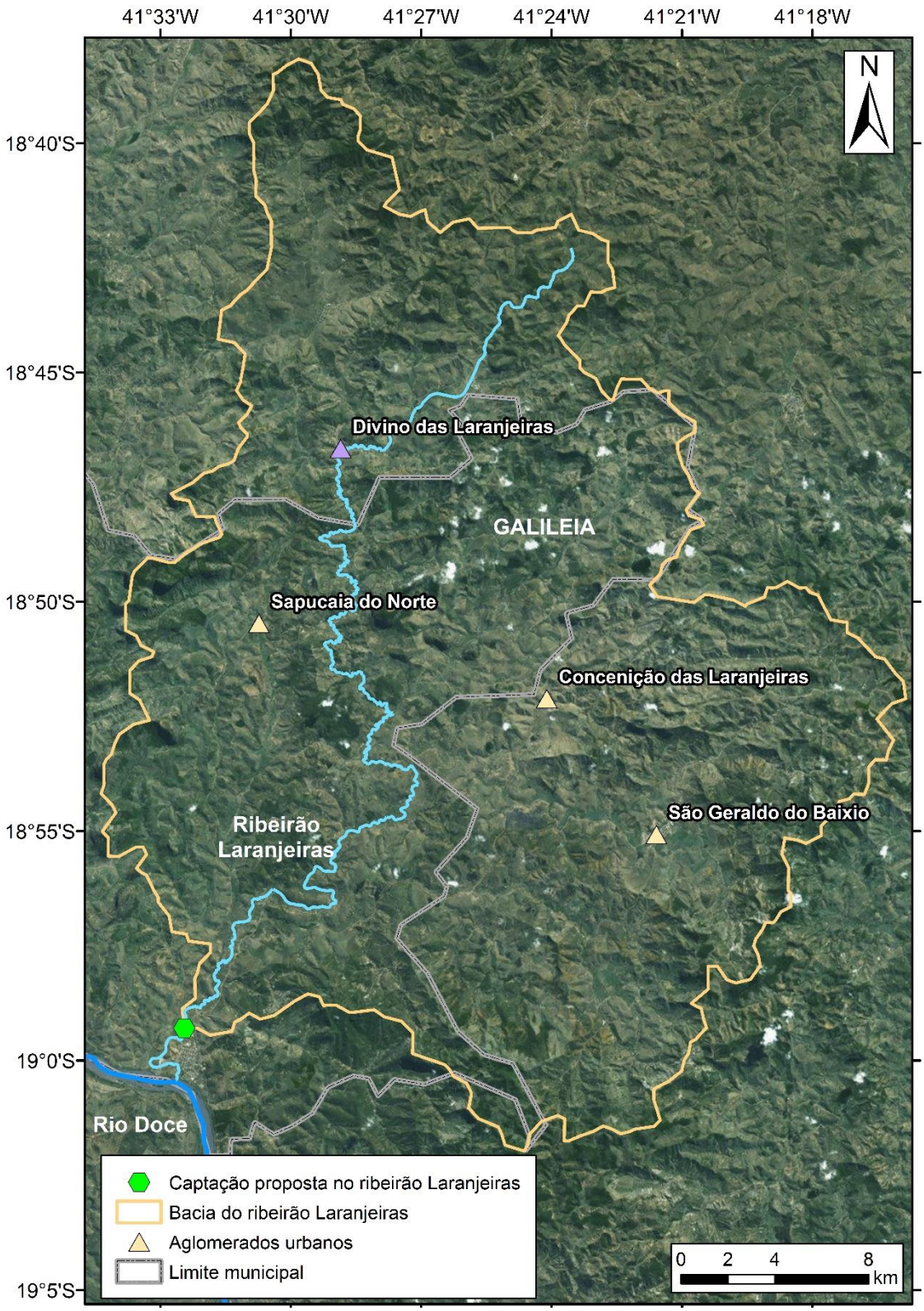


Figura 147. Bacia do ribeirão Laranjeiras.

Ribeirão São Paulo

Na área da bacia (156.16 km²) foi encontrado o distrito de Santa Cruz e algumas habitações, conforme a Figura 148.

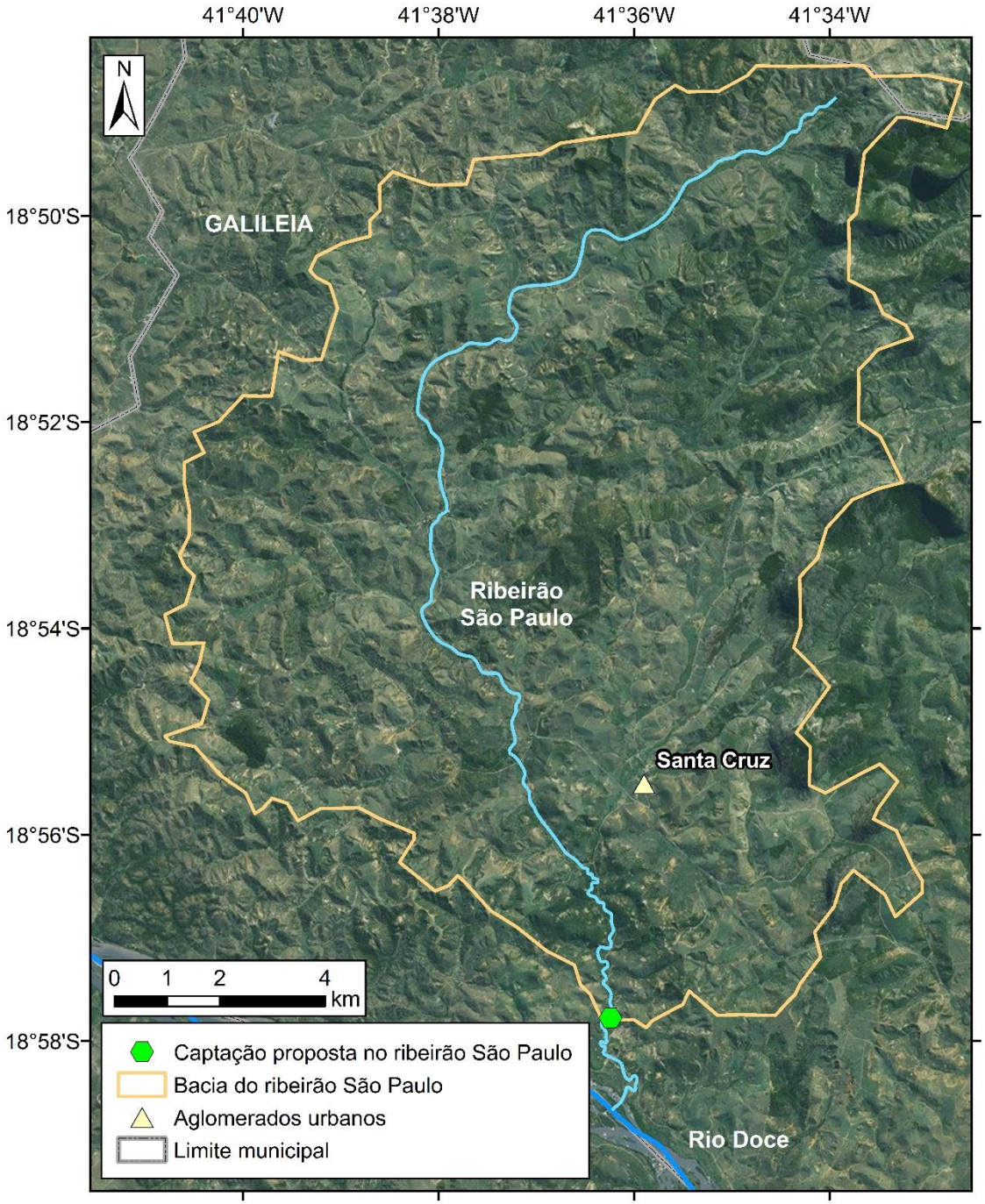


Figura 148. Bacia do ribeirão São Paulo.

Córrego Urucum

Não foram encontrados aglomerados urbanos na área da bacia de 51.54 km², conforme a Figura 149.

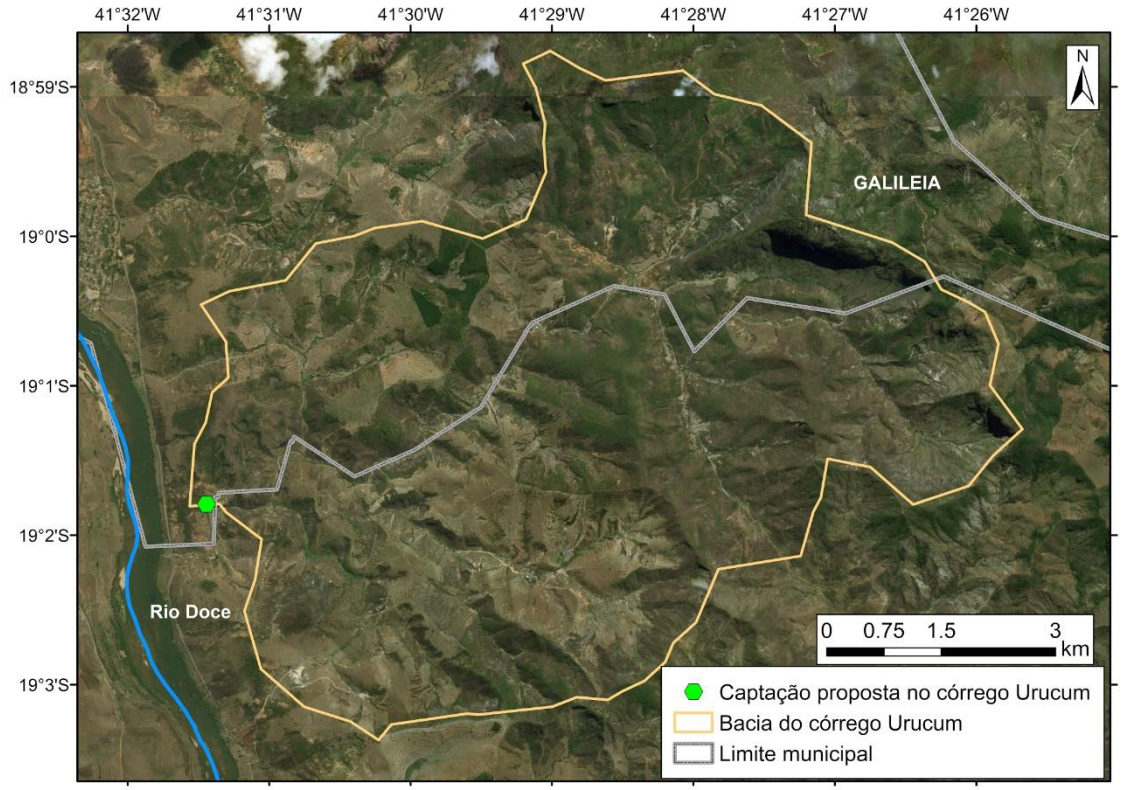


Figura 149. Bacia do córrego Urucum.

Córrego São Tomé

Não foram observados aglomerados urbanos na área da bacia de 9.96 km², conforme a Figura 150.

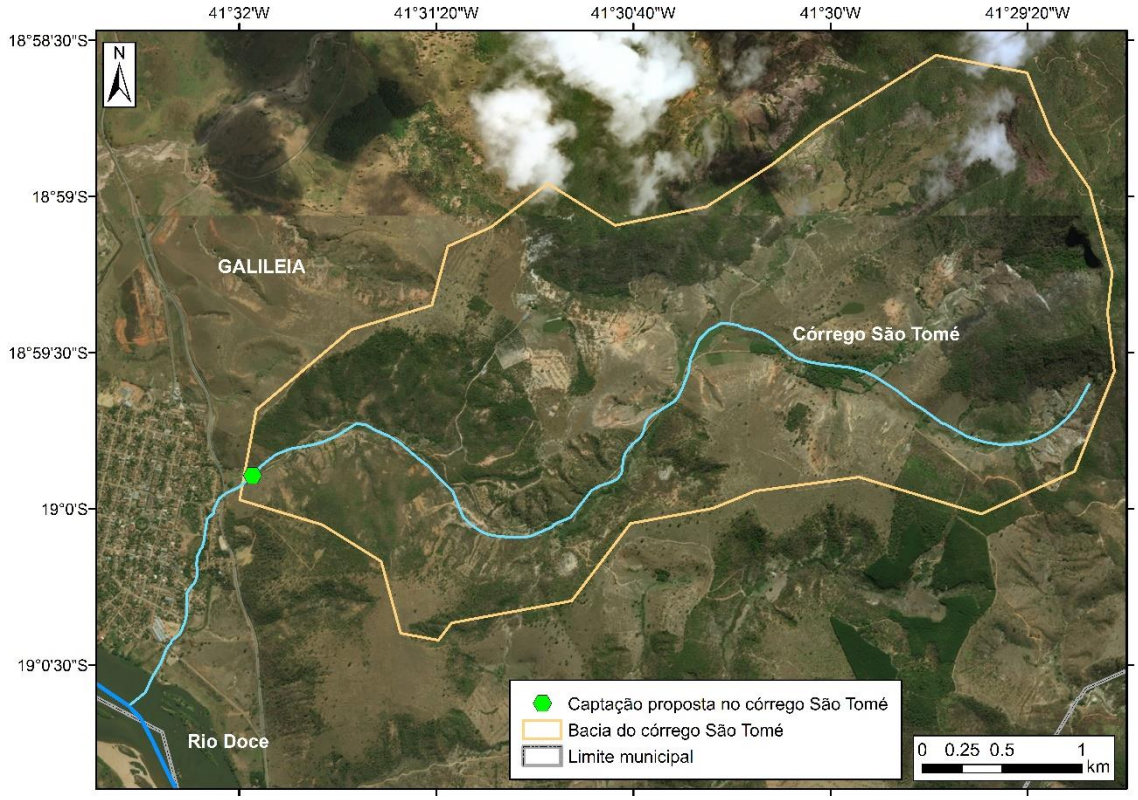


Figura 150. Bacia do córrego São Tomé.

G.11 Governador Valadares – Sede (Norte e Sul)

Rio Suaçuí Grande

Foram observados diversos aglomerados urbanos na região da bacia com área de 12616.72 km² (Figura 151), em que os mais próximos do rio Suaçuí Grande são os distritos de Frei Inocêncio, Mathias Lobato, Marilac, Divino de Virgolândia, Santa Teresa do Bonito, Cinco Ilhas, São Geraldo do Baguari e São Pedro do Suaçuí.



Figura 151. Bacia do rio Suaçuí Grande.

Ribeirão Onça

Na região da bacia (156.04 km²), foi observado apenas o distrito de Santo Antônio do Pontal e algumas habitações esparsas, conforme a Figura 152.

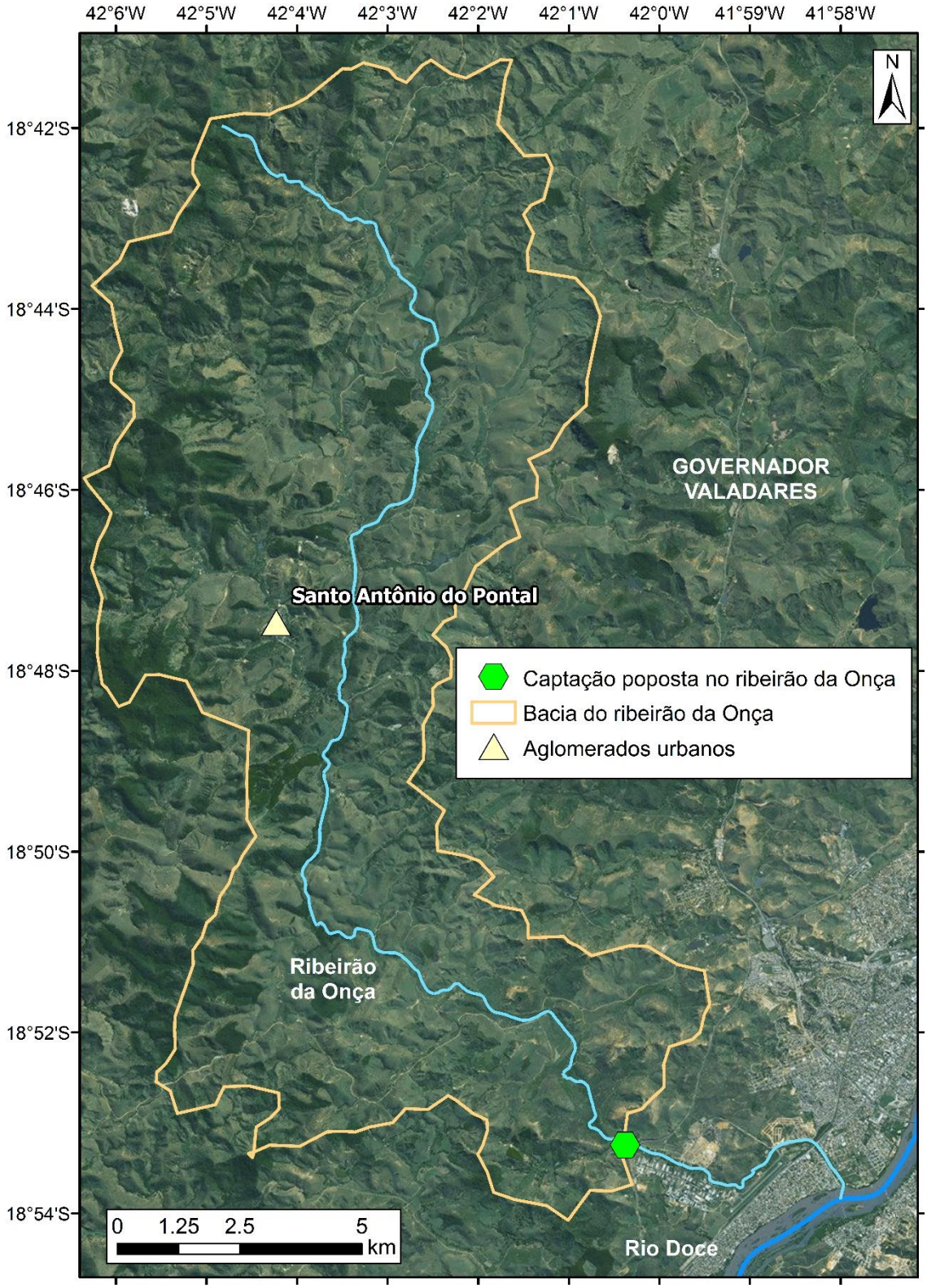


Figura 152. Bacia do ribeirão da Onça.

Rio Corrente Grande

Foram observados 18 aglomerados urbanos na área da bacia (2469.29 km²), conforme a Figura 153, em que os mais próximos do rio Corrente Grande são os distritos de Horto Vinhático, Penha, Penha do Aramirim, Sapucaia de Guanhães e Virginópolis.

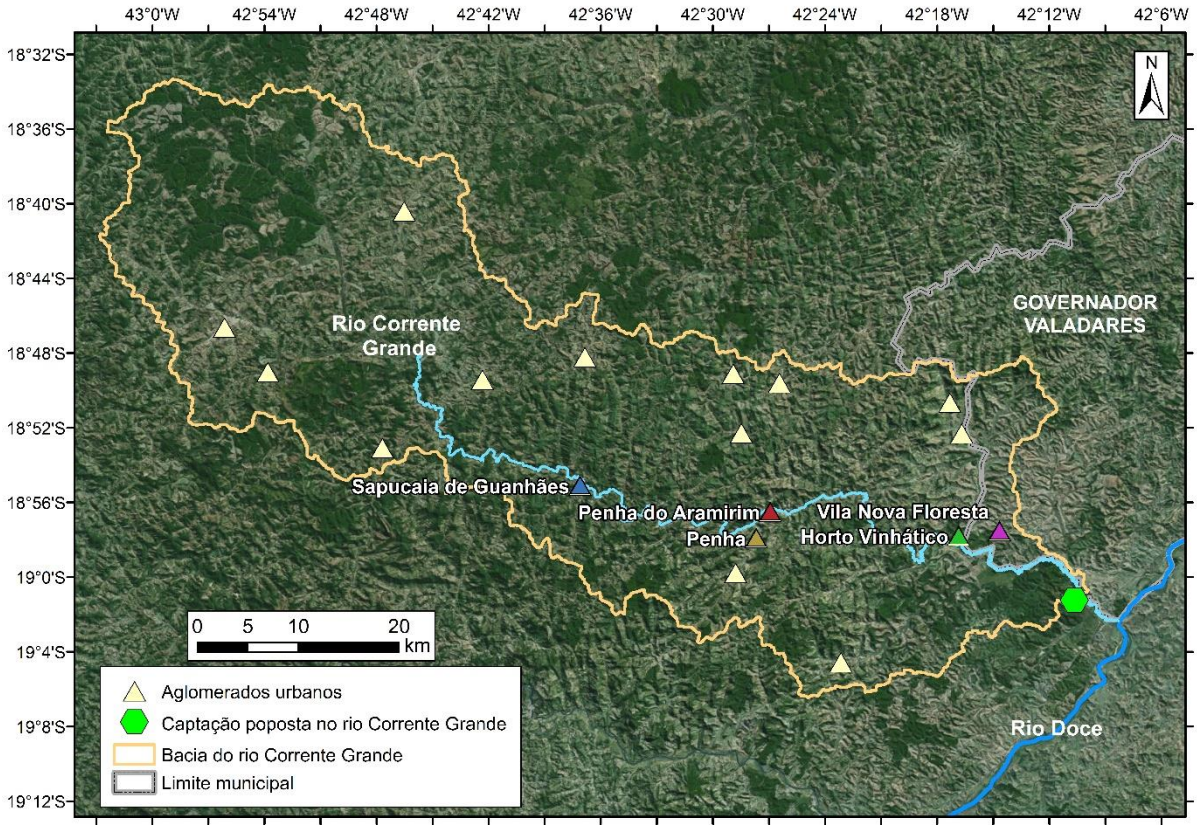


Figura 153. Bacia do rio Corrente Grande.

G.12 Governador Valadares – São Vitor

Ribeirão Santa Helena

Na região da bacia, com área de 505.31 km², de acordo com a Figura 154, foram observados os distritos de São Vitor e Alto de Santa Helena, mais próximos do ribeirão, e Central de Santa Helena, Nova Brasília e São José do Itapinoã, mais afastados.

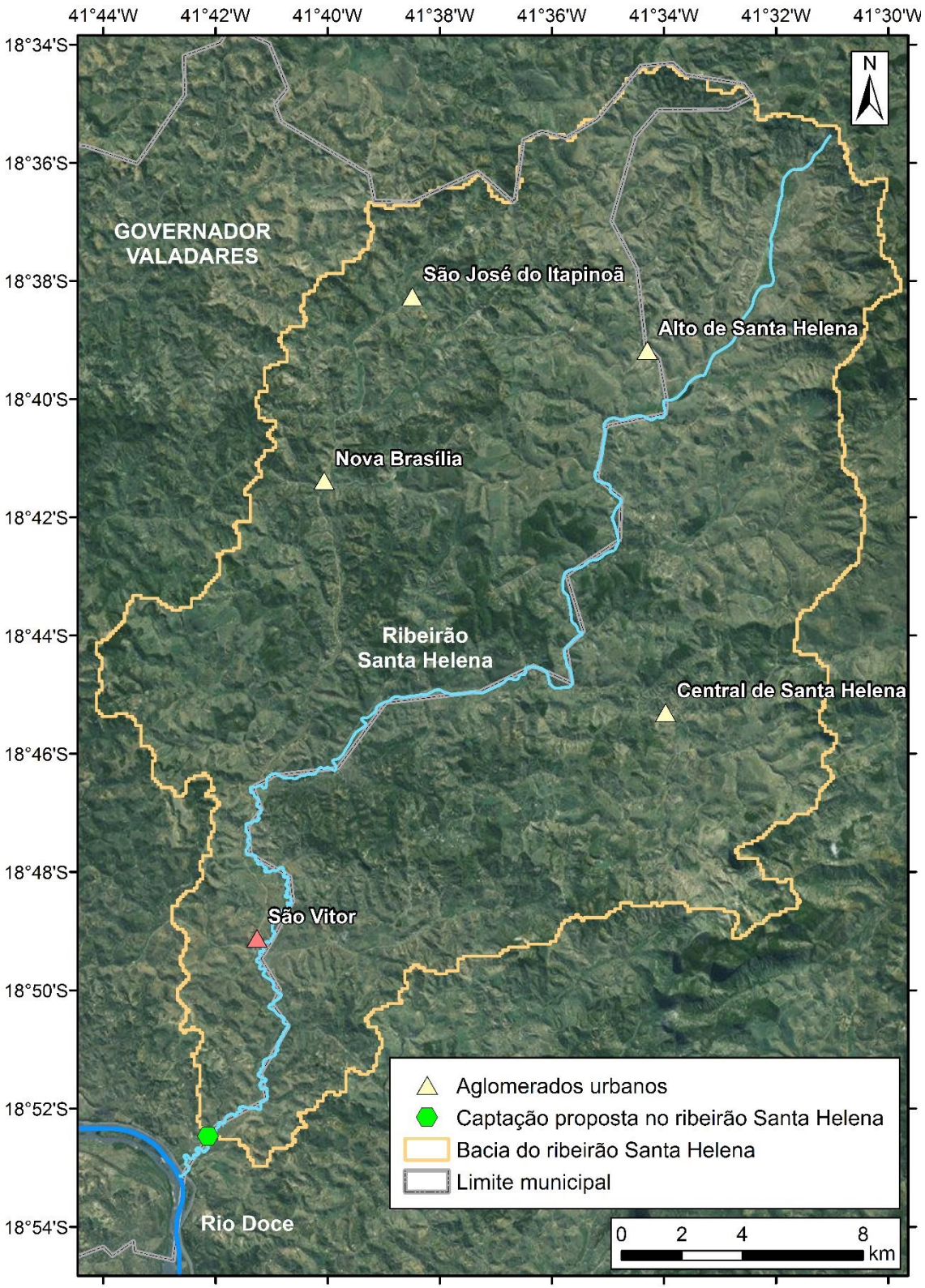


Figura 154. Bacia do ribeirão Santa Helena.

Manancial sem nome

Não foram observados aglomerados urbanos na área da bacia de 4.63 km², conforme a Figura 155.

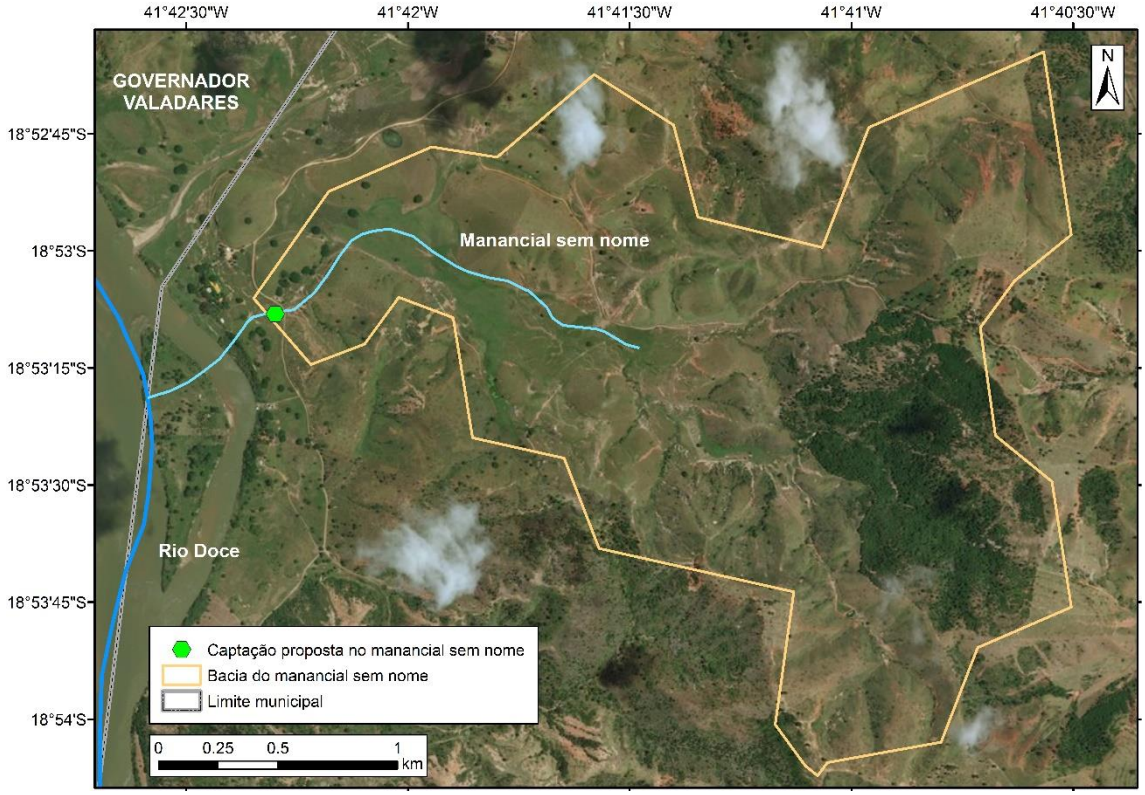


Figura 155. Bacia do manancial sem nome.

G.13 Itueta – Sede

Córrego Quatis

Na área da bacia (74.67 km²), foram encontrados os distritos de Quatituba e o a sede do município de Itueta, como é possível ver na Figura 156.

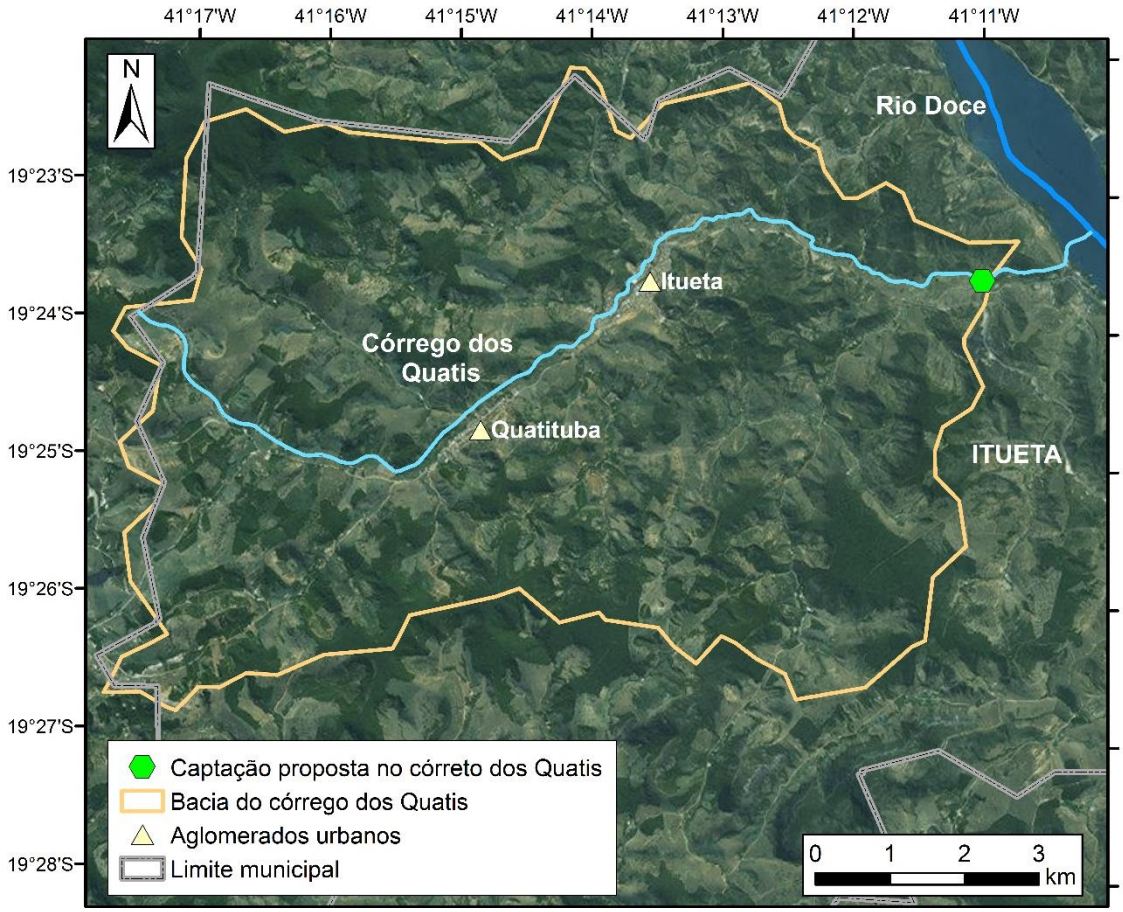


Figura 156. Bacia do córrego dos Quatis.

Córrego da Barata

Não foram encontrados aglomerados urbanos na área da bacia de 14.39 km² (Figura 157).

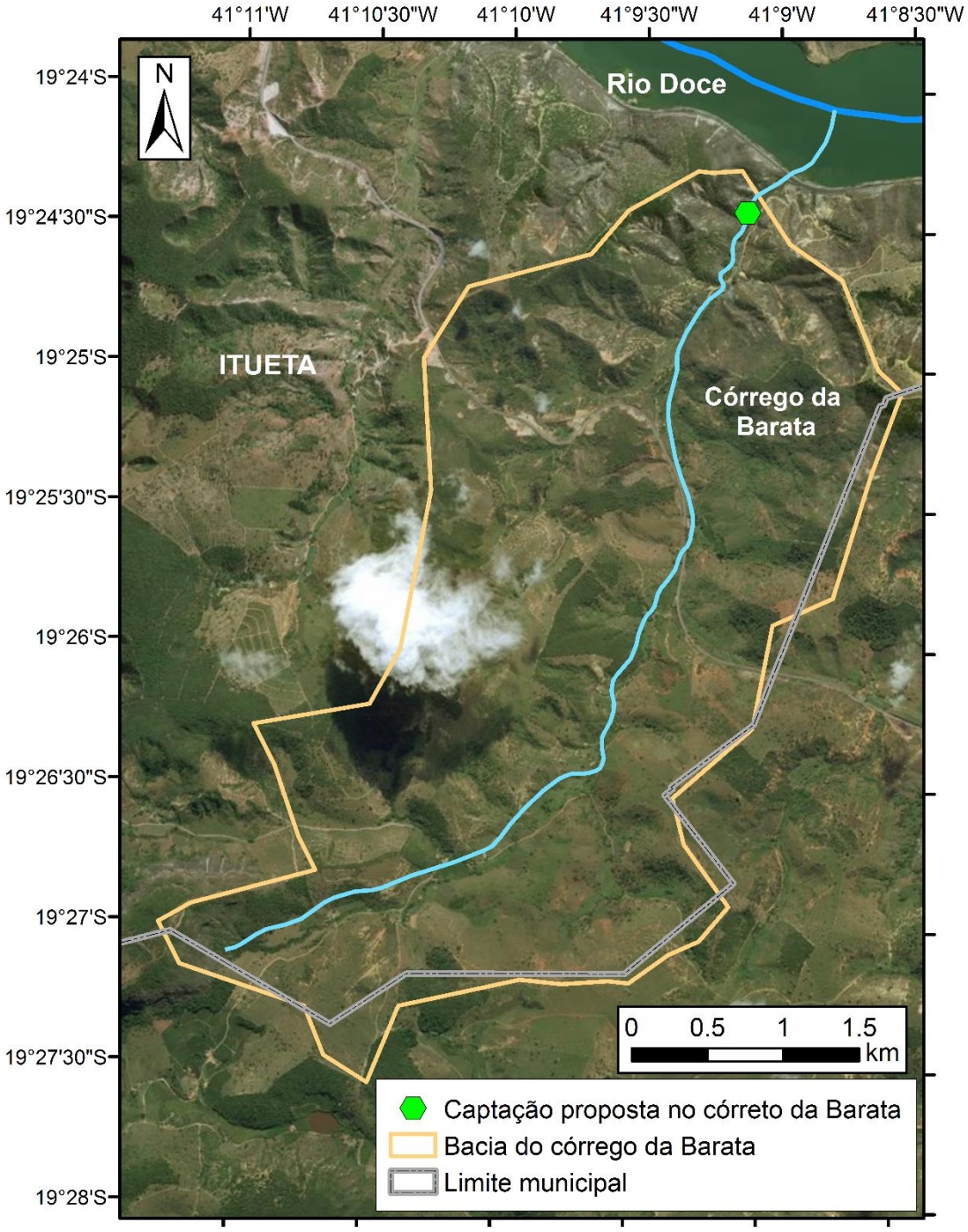


Figura 157. Bacia do córrego da Barata.

Córrego Quatisinho

Na região da bacia do córrego Quatisinho, com área de 6.86 km², não foram observados aglomerados urbanos, conforme a Figura 158.

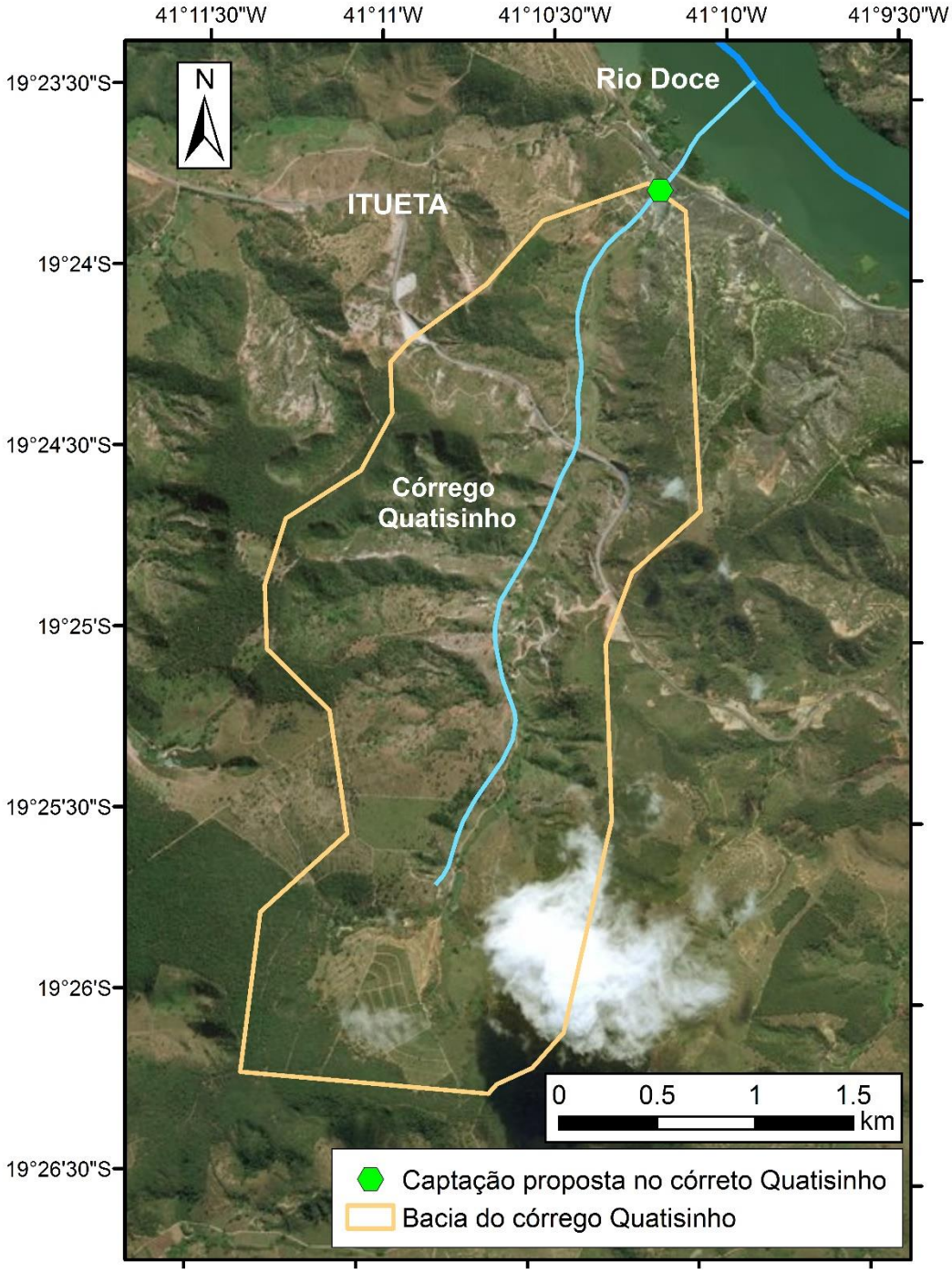


Figura 158. Bacia do córrego Quatisinho.

Rio Itueto

Na área da bacia (232.13 km²), foram observados um aldeamento e os distritos de São José do Itueto e Santa Rita do Itueto, conforme a Figura 159.

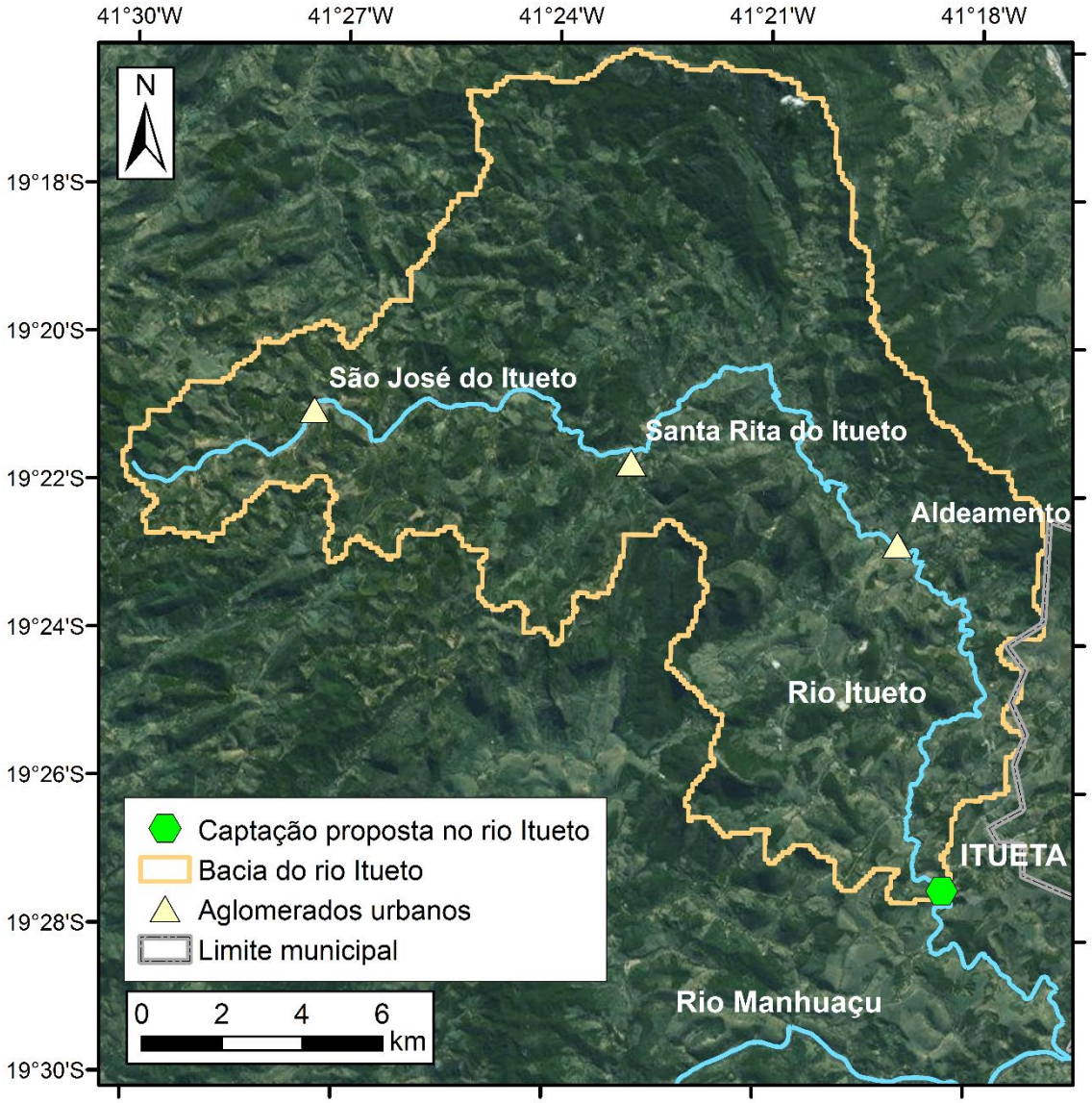


Figura 159. Bacia do rio Itueto.

G.14 Linhares – Sede

Lagoa Nova

Dentro da bacia da Lagoa Nova, com área de 323.78 km², de acordo com a Figura 160, foi observado o aglomerado urbano de Rio Bananal, além de habitações esparsas ao longo da bacia.

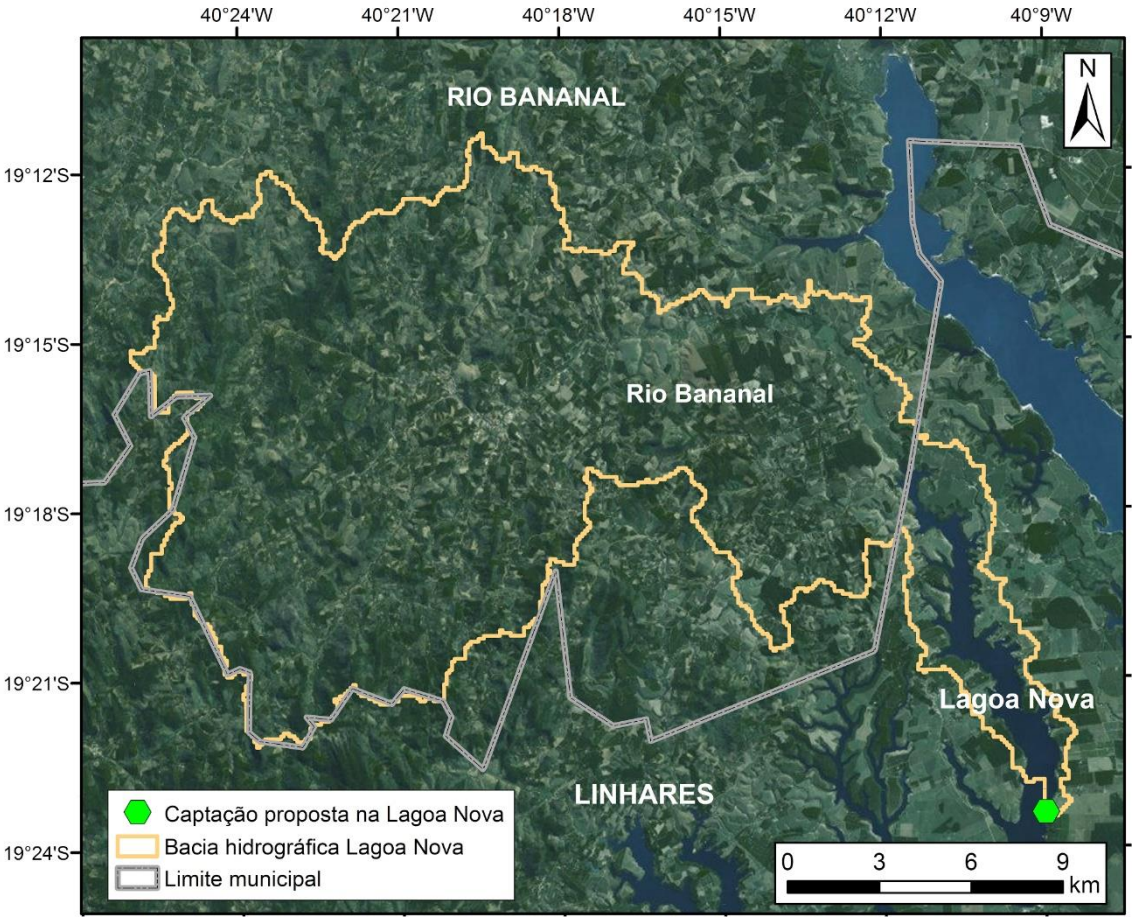


Figura 160. Bacia da Lagoa Nova.

G.15 Linhares – Regência

Lagoa do Aguiar

Na área da bacia da lagoa do Aguiar (147.24 km²), foram observados três aglomerados urbanos e habitações esparsas em toda a região, conforme apresenta a Figura 161.

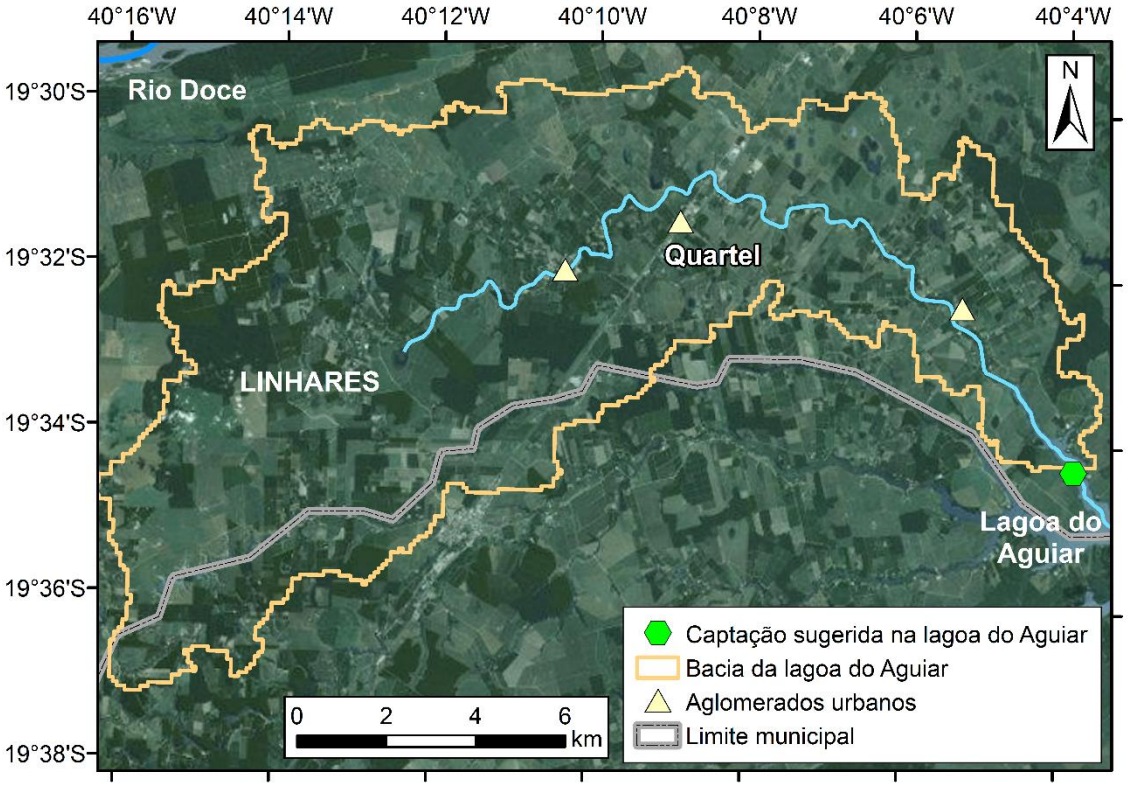


Figura 161. Bacia da Lagoa do Aguiar.

G.16 Mariana – Camargos

Córrego Camargo

Não foram observados aglomerados urbanos na região da bacia com área de 6.53 km², conforme mostra a Figura 162.

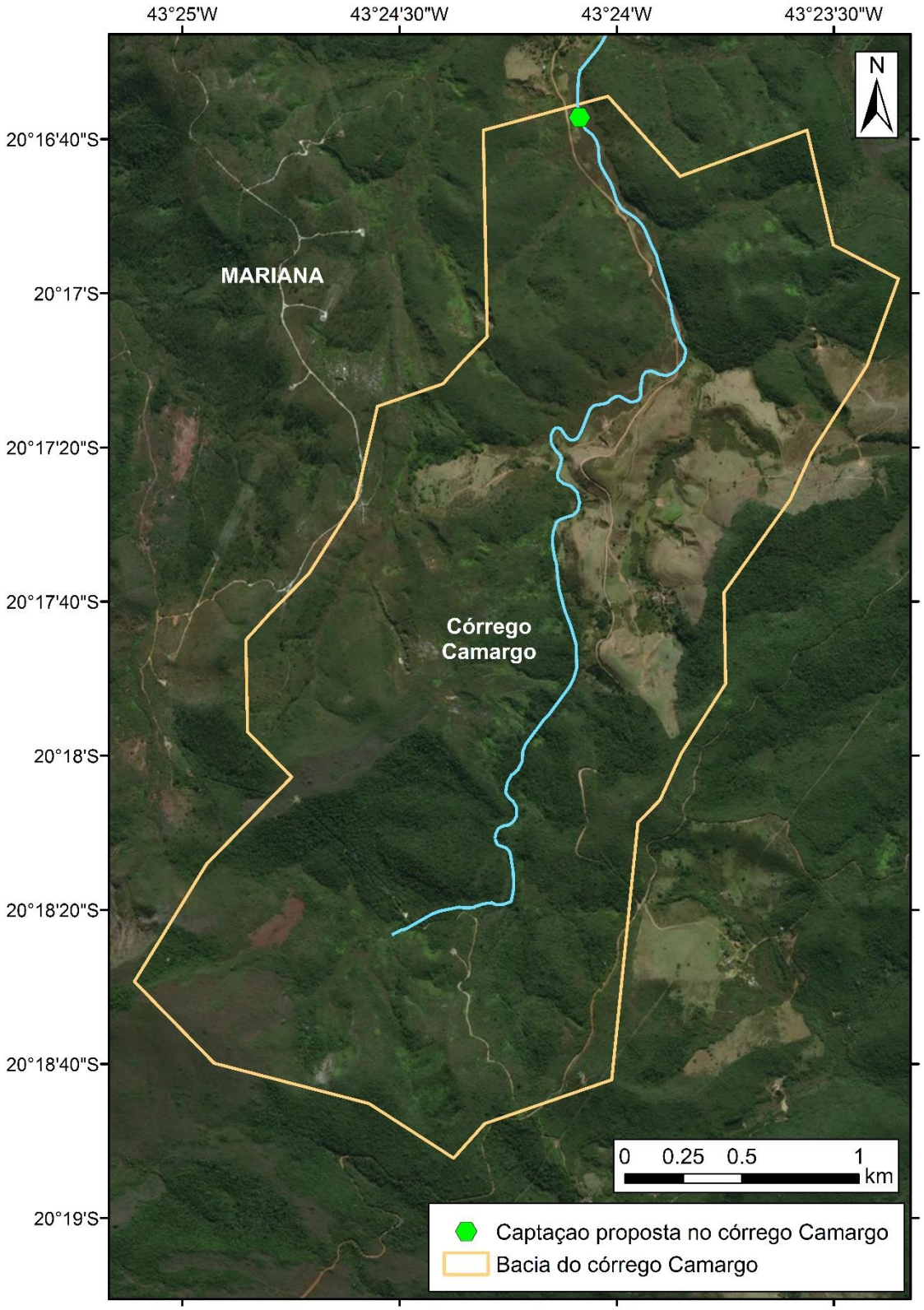


Figura 162. Bacia do córrego Camargo.

Córrego sem nome

Não foram observados aglomerados urbanos na região da bacia com área de 1.74 km², conforme mostra a Figura 163.

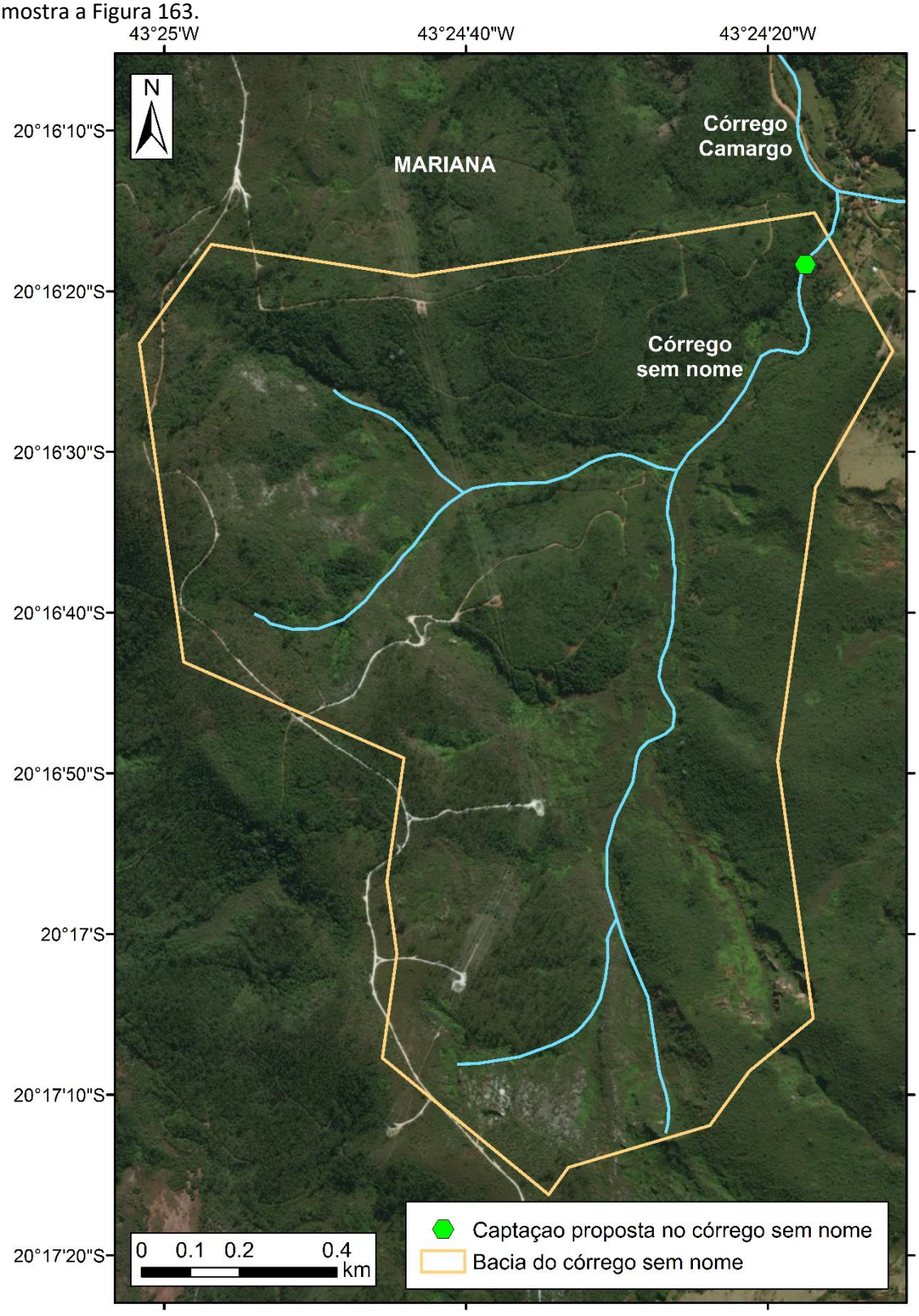


Figura 163. Bacia do córrego Sem Nome.

G.17 Mariana – Paracatu

Córrego Coelho

Foram observadas apenas poucas habitações ao longo do córrego do Coelho (área de 3.82 km²), como indica a Figura 164.

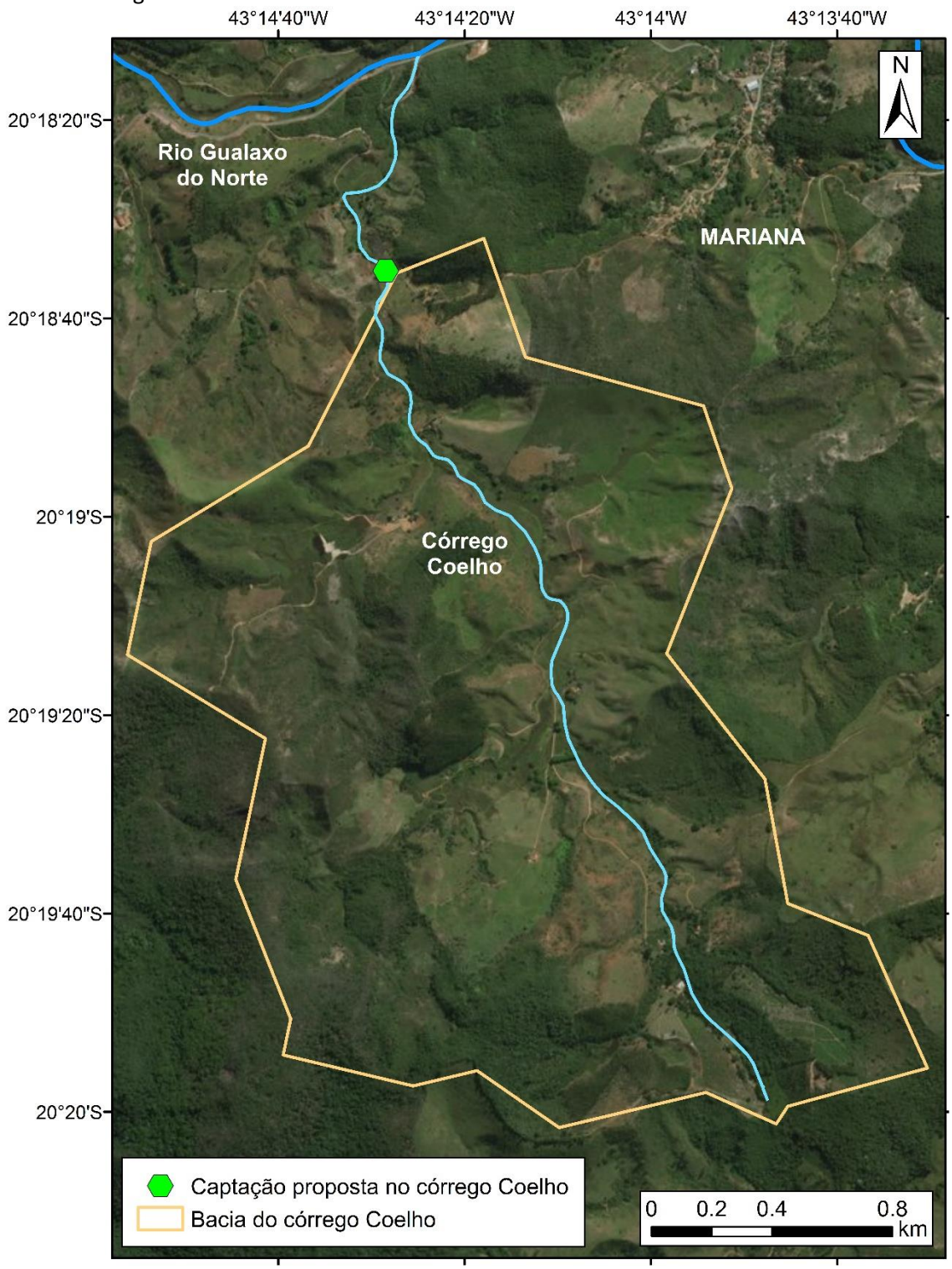


Figura 164. Bacia do córrego Coelho.

Córrego do Castro

Não foram observados aglomerados urbanos na região da bacia (área de 3.80 km²), conforme Figura 165.

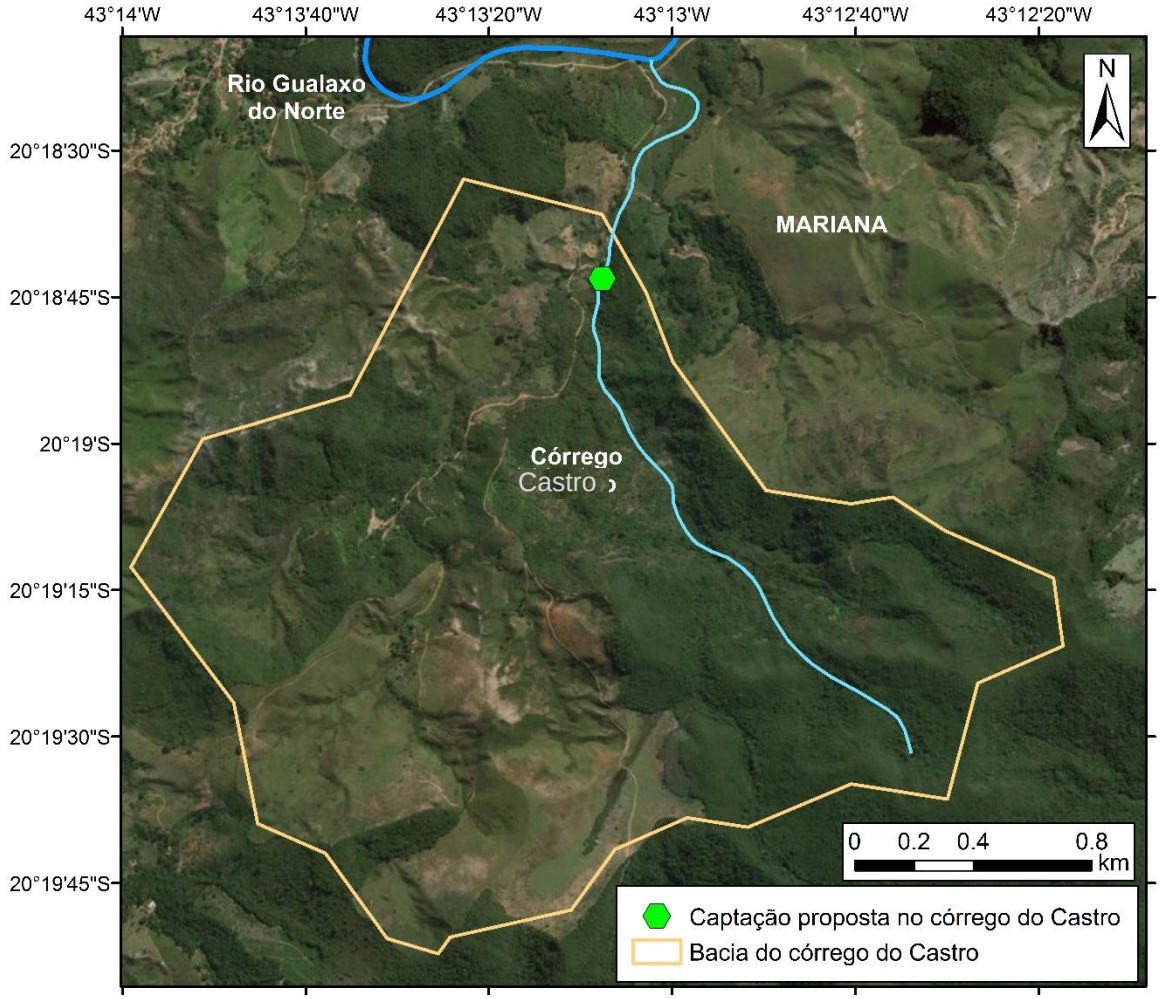


Figura 165. Bacia do córrego Castro.

G.18 Mariana – Pedras

Córrego das Pedras

Não foram encontrados aglomerados urbanos na região da bacia (área de 3.37 km²), conforme Figura 166.

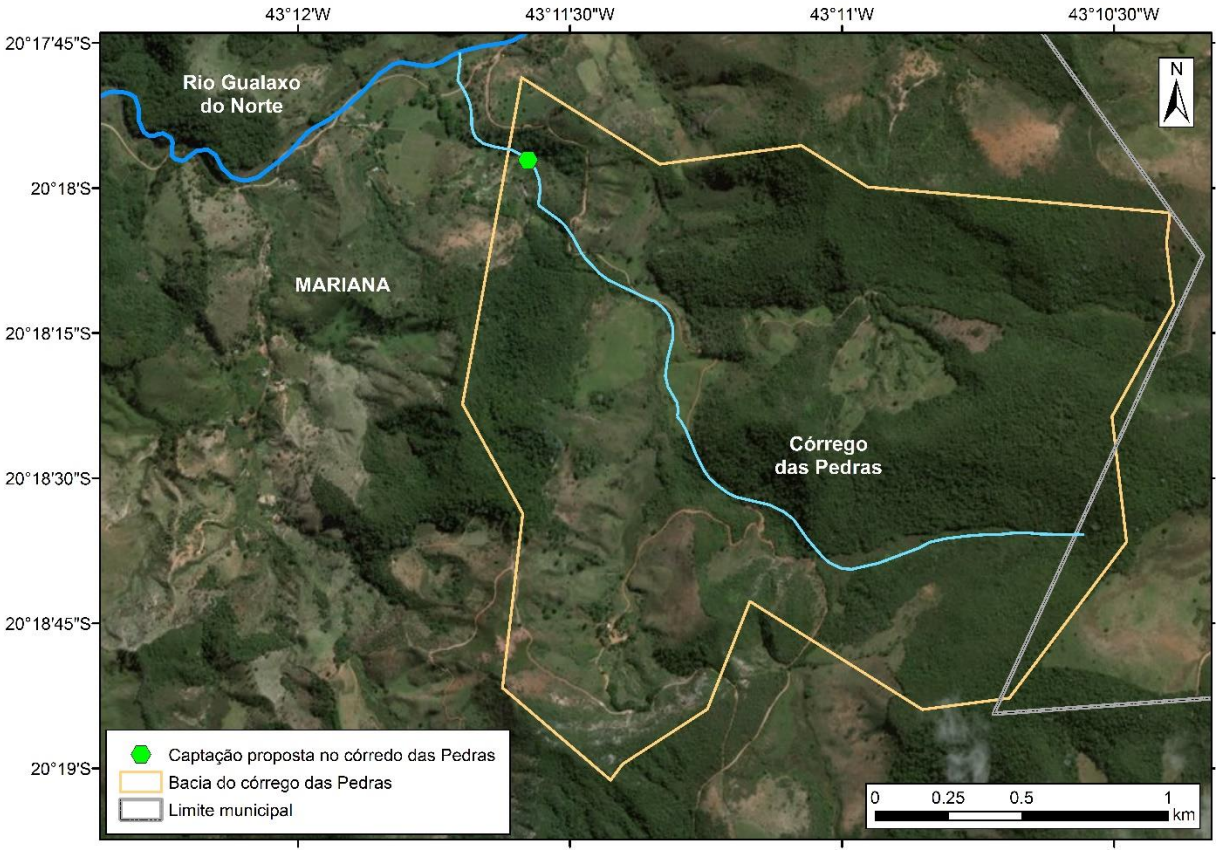


Figura 166. Bacia do córrego das Pedras.

Manancial sem nome

Na área da bacia (1.14 km²), não foram observadas habitações, conforme Figura 167.

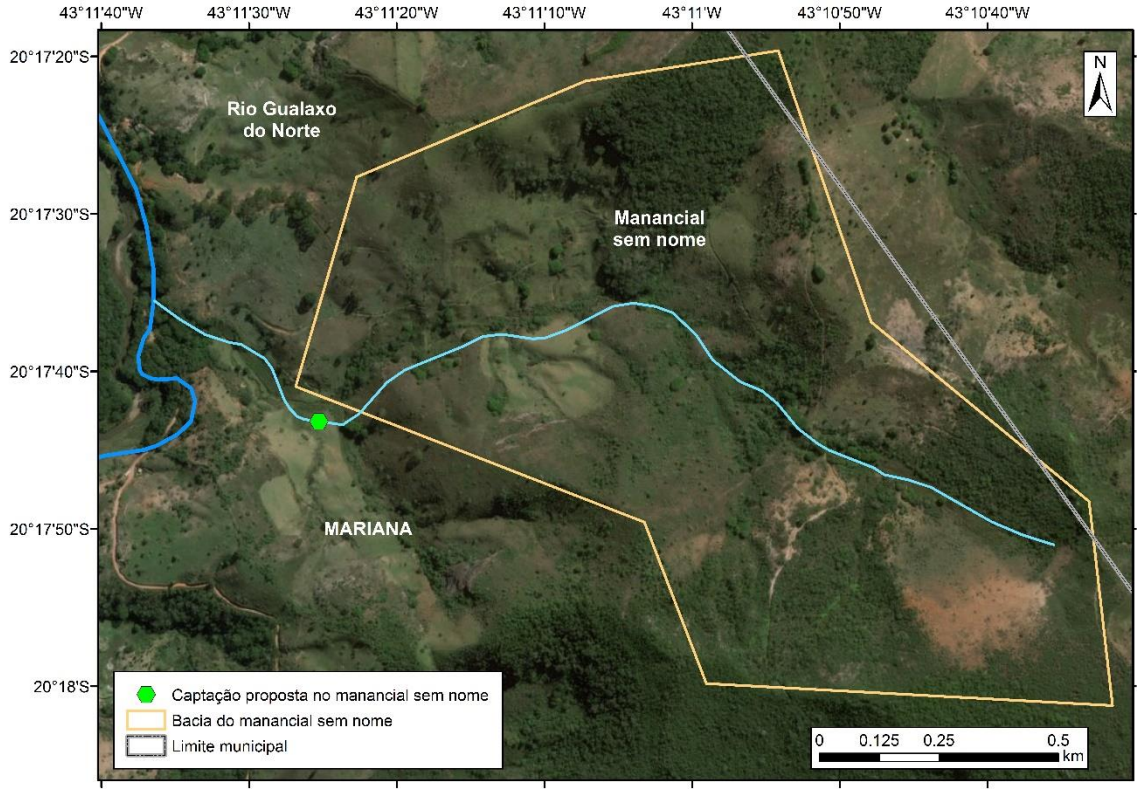


Figura 167. Bacia do manancial sem nome.

G.19 Marilândia – Boninsegna

Rio Liberdade

Na área da bacia (145.77 km²) encontram-se a sede municipal de Marilândia e habitações distribuídas ao longo da região, conforme Figura 168.

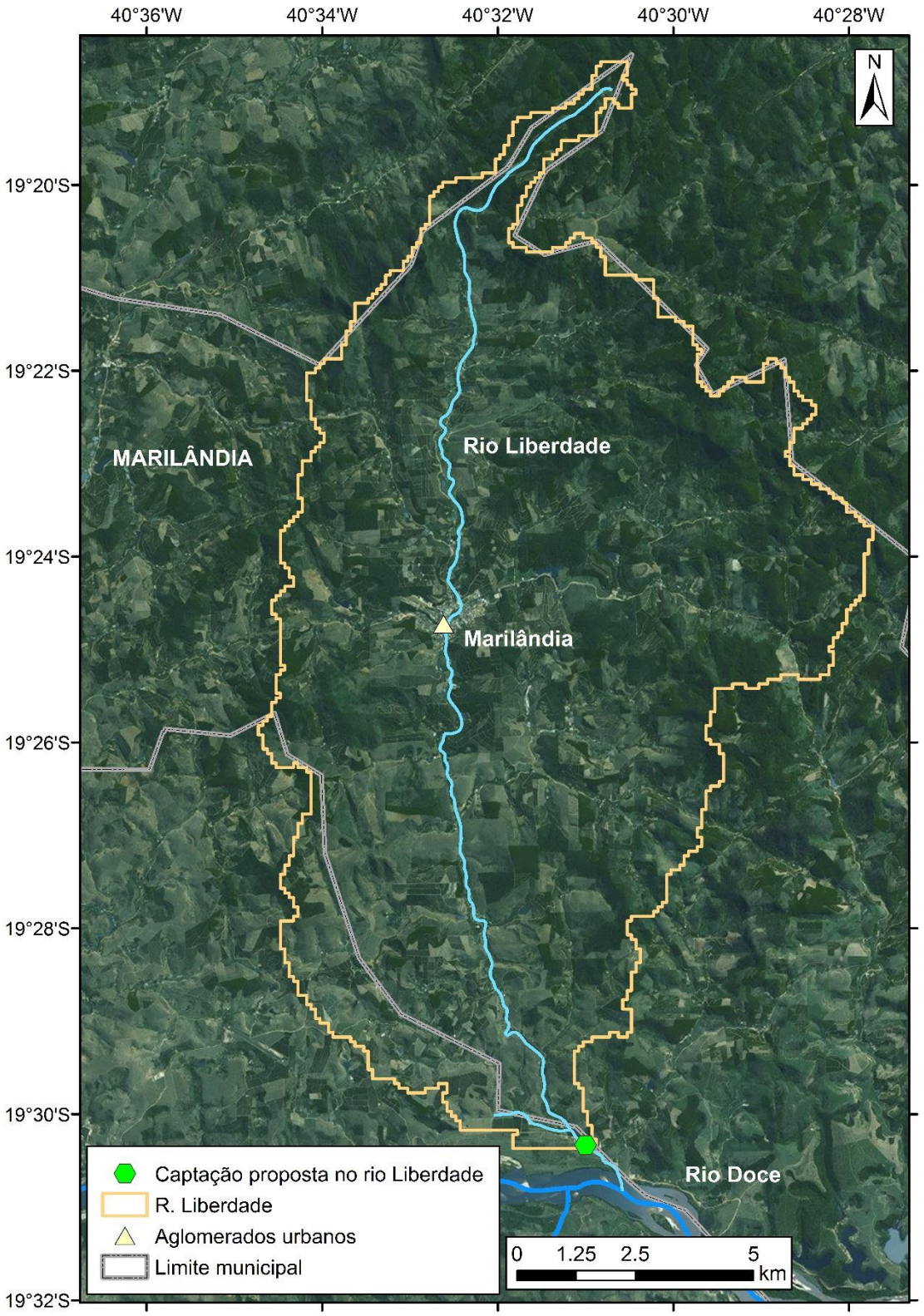


Figura 168. Bacia do rio Liberdade.

Córrego Taquaruçu

Foram observadas habitações esparsas na área da bacia (13.50 km²), como indicado na Figura 169.

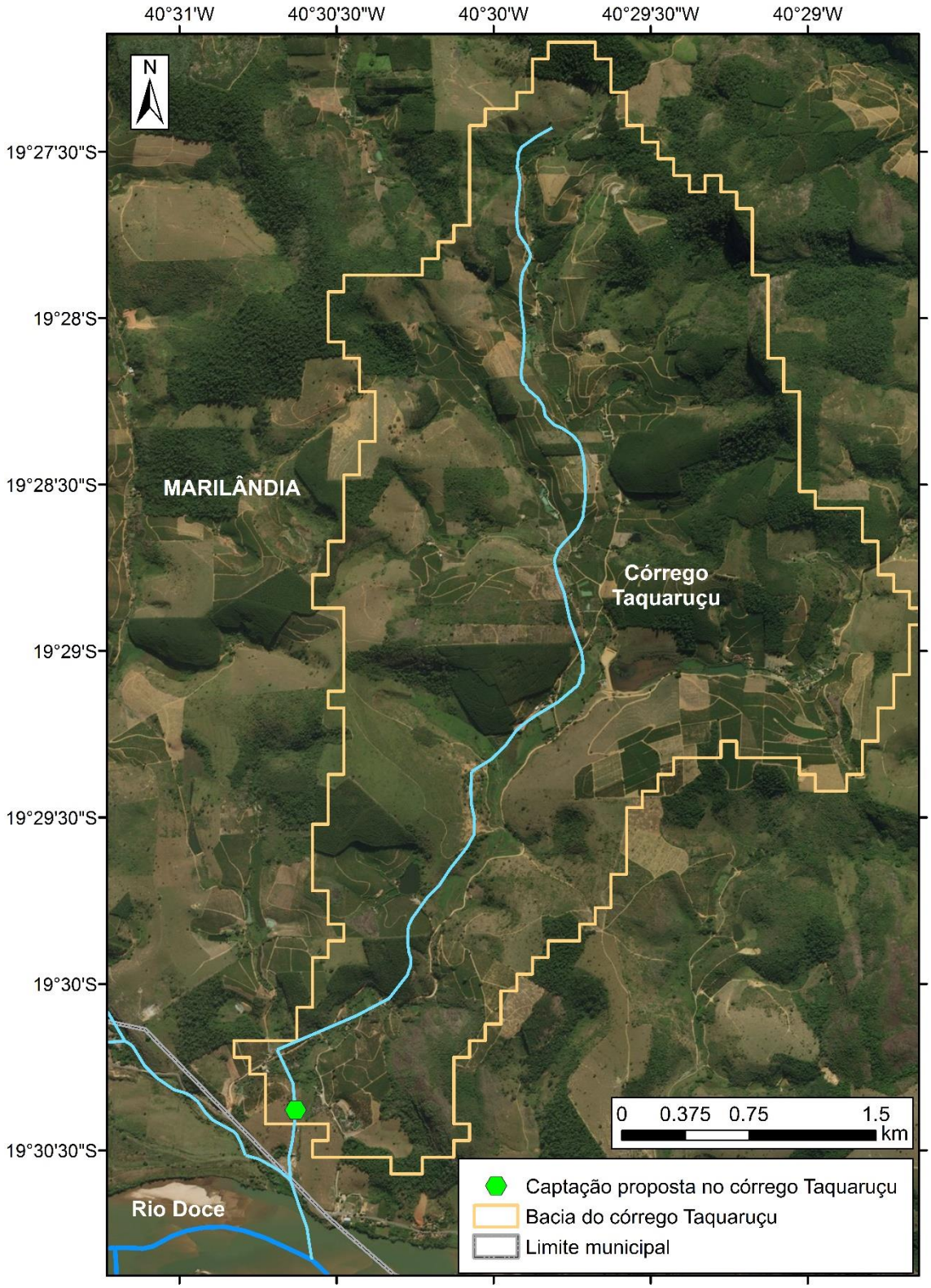


Figura 169. Bacia do córrego Taquaraçu.

Manancial 1

Não foram observadas habitações na área da bacia (0.95 km²), conforme mostra a Figura 170.

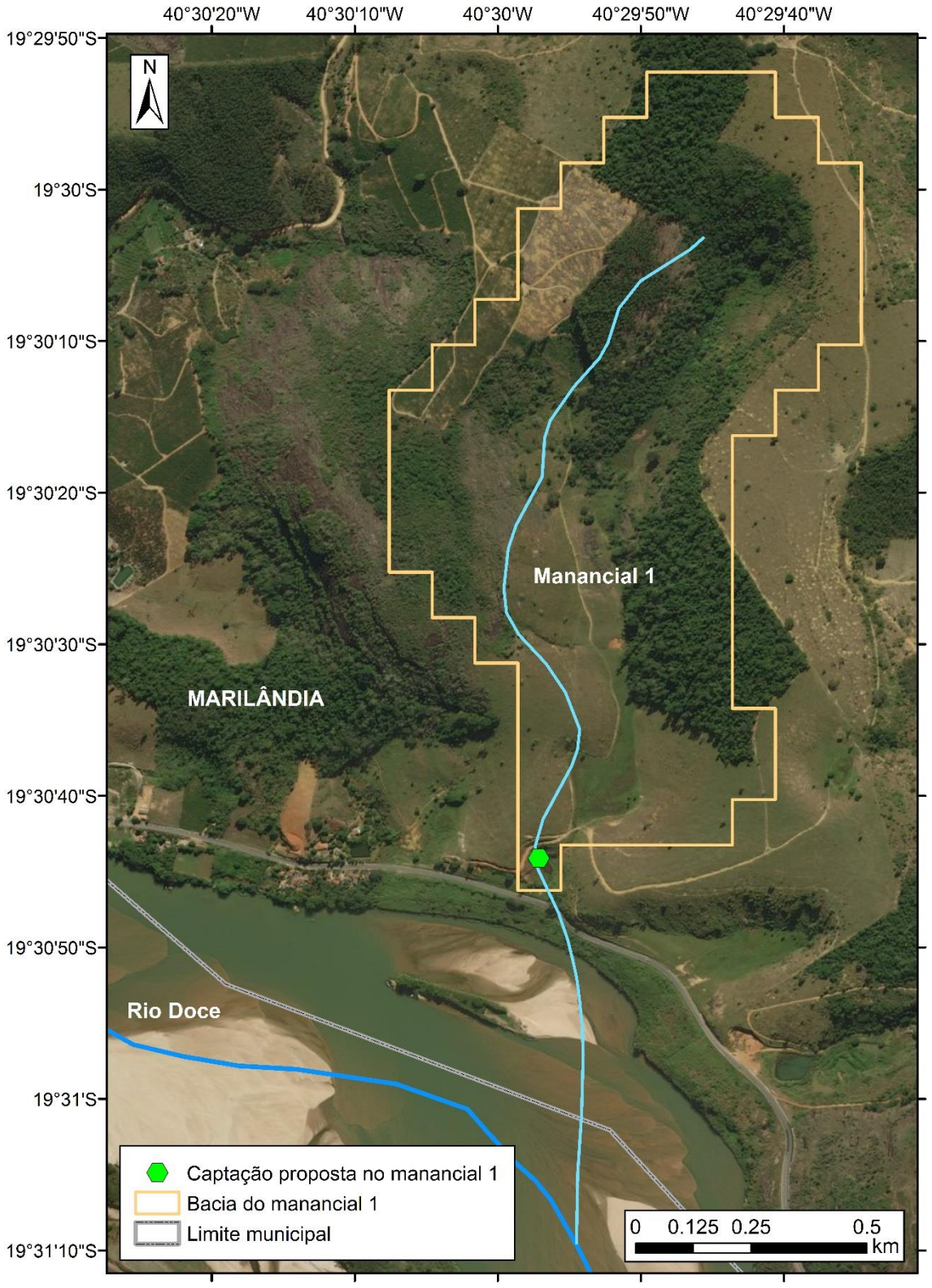


Figura 170. Bacia do manancial 1.

G.20 Periquito – Pedra Corrida

Ribeirão Salão

Foi observado, na área de 86.58 km², o distrito de São Sebastião do Baixio, na região central da bacia (Figura 171).

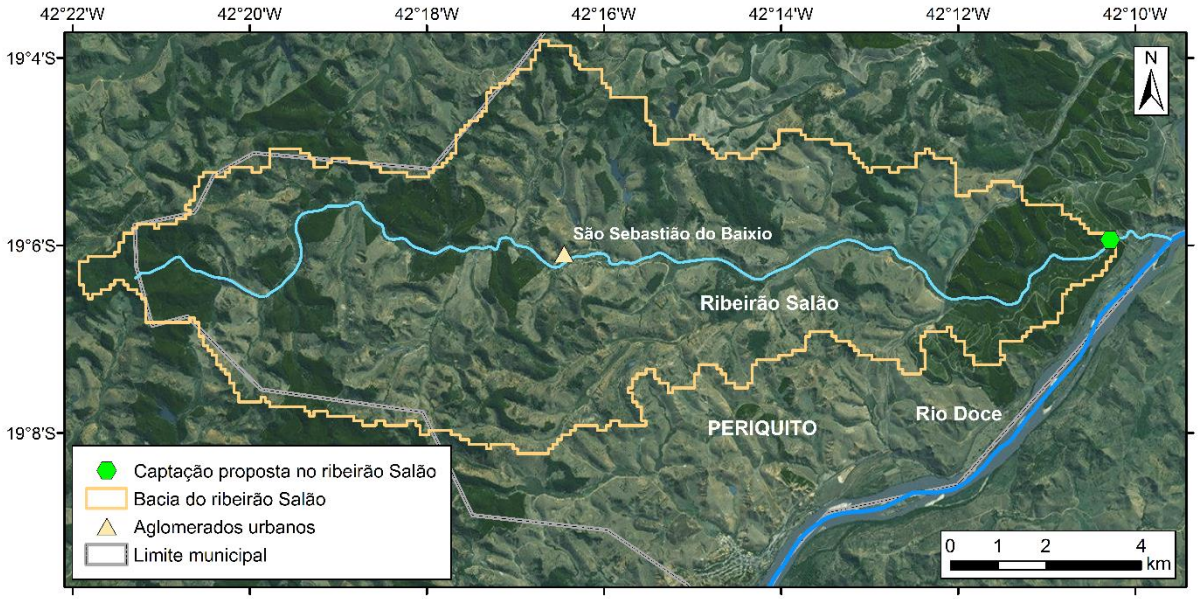


Figura 171. Bacia do ribeirão Salão.

Córrego Cemitério

Não foram encontrados aglomerados na área da bacia (3.31 km²), conforme indicado na Figura 172.

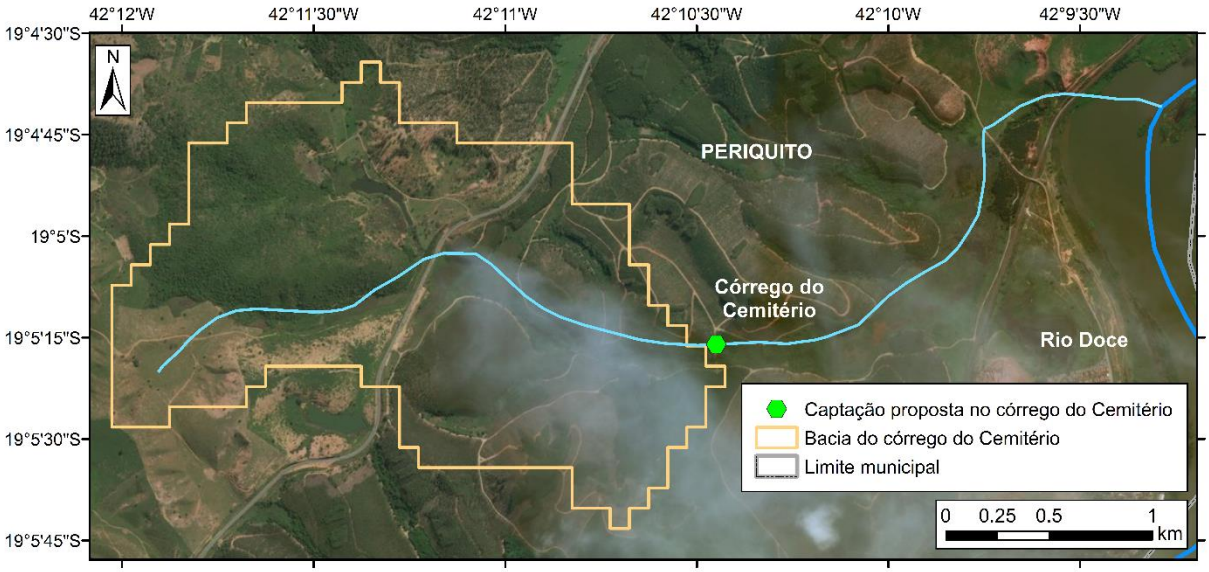


Figura 172. Bacia do córrego do Cemitério.

G.21 Resplendor – Sede

Córrego Vala Grande

Não foram encontrados aglomerados urbanos na área da bacia (57.49 km²), conforme a Figura 173.

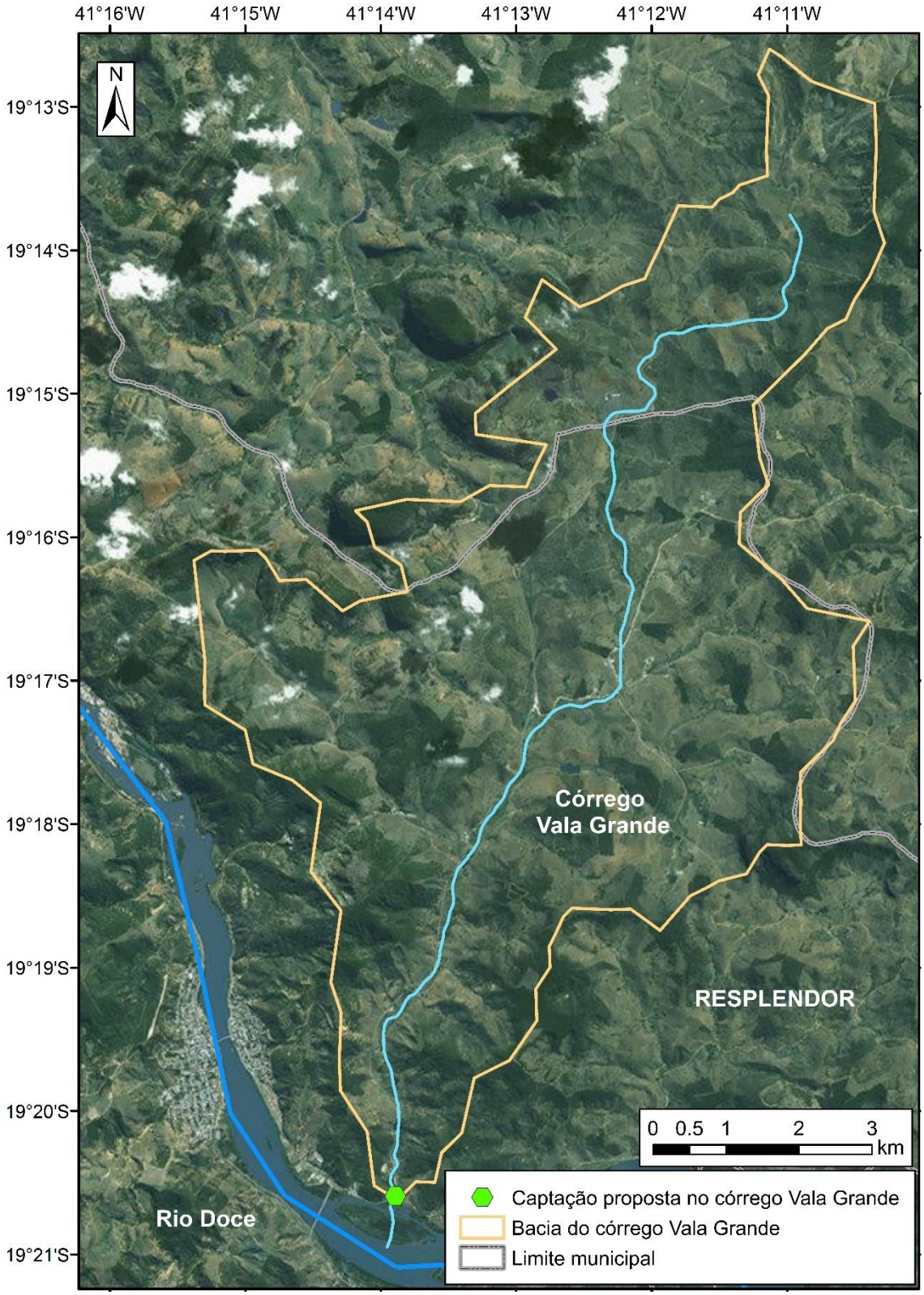


Figura 173. Bacia do córrego Vala Grande.

Córregos Barroso, Cascalho e Santana

Não foram encontrados aglomerados urbanos nas áreas das bacias do córrego Barroso (área de 15.61 km²), do córrego Cascalho (área de 12.11 km²) e do córrego Santana (área de 13.52 km²), conforme mostra a Figura 174.

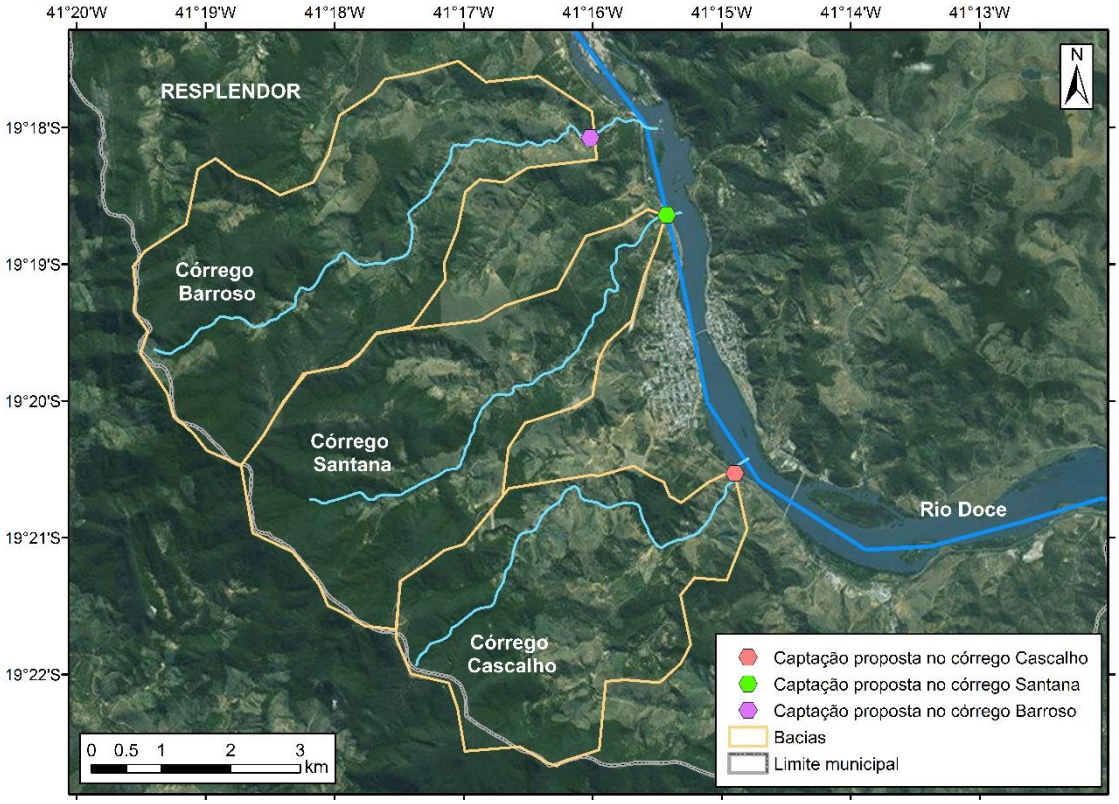


Figura 174. Bacias dos córregos Barroso, Santana e Cascalho.

Rio Eme

Não foram encontrados aglomerados urbanos na área da bacia (905.20 km²), como mostra a Figura 175.

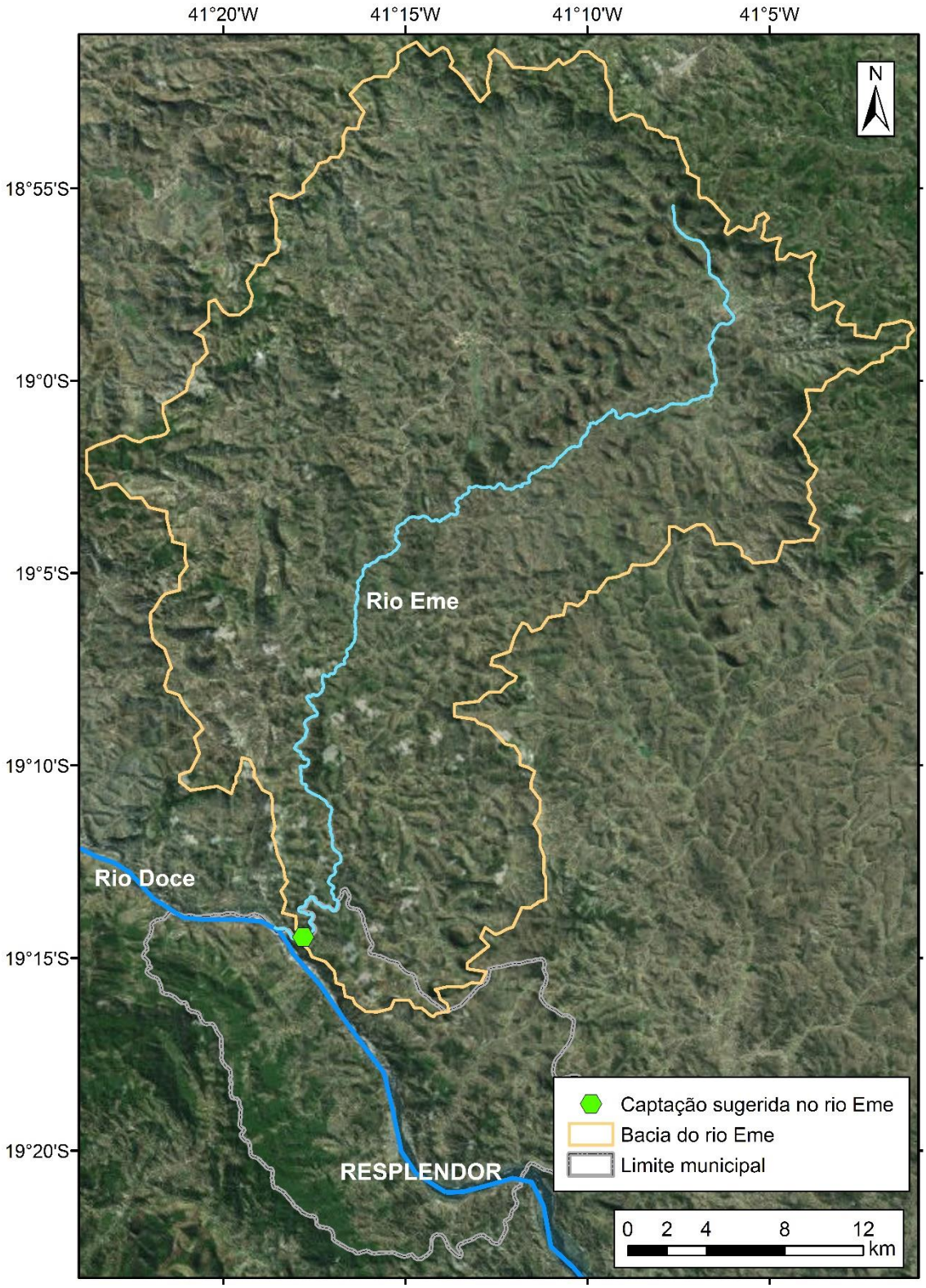


Figura 175. Bacia do rio Eme.

G.22 Santana do Paraíso – Ipaba do Paraíso

Córrego sem nome

Não foram encontrados aglomerados urbanos na área da bacia (5.32 km²), conforme a Figura 176.

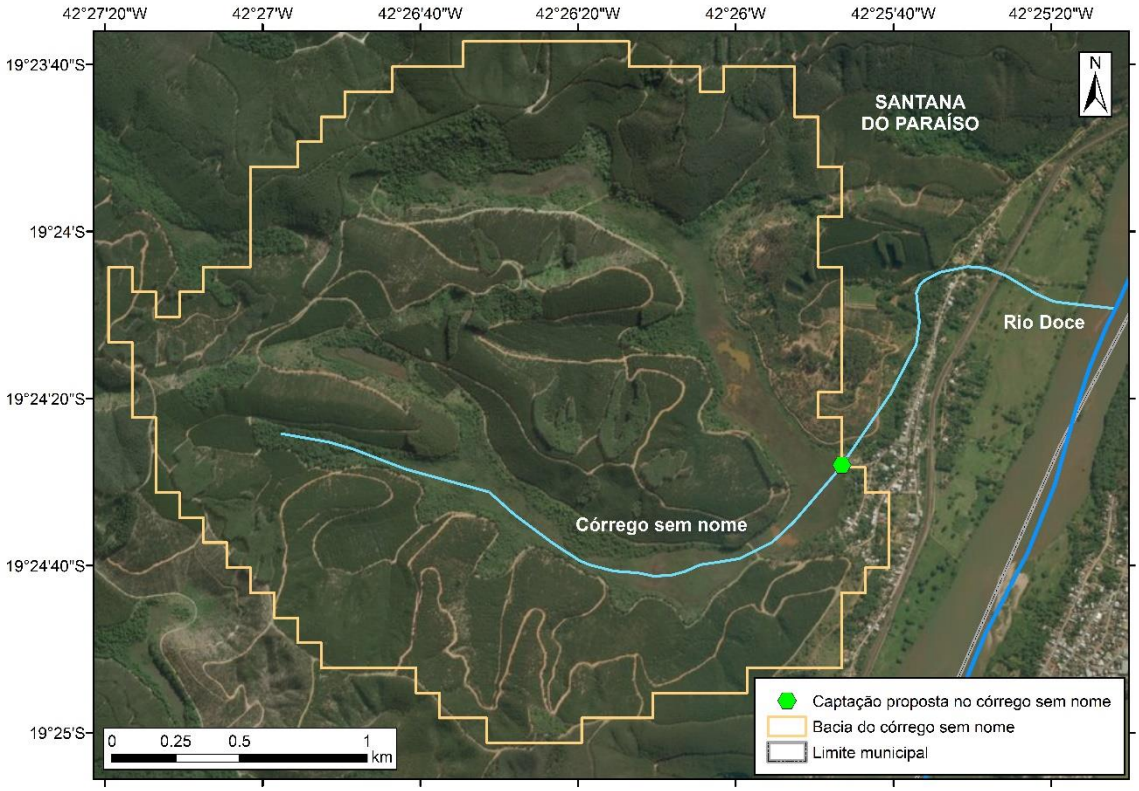


Figura 176. Bacia do córrego sem nome.

Córrego do Bueiro

Não foram encontrados aglomerados urbanos na área da bacia (4.82 km²), como mostra a Figura 177.

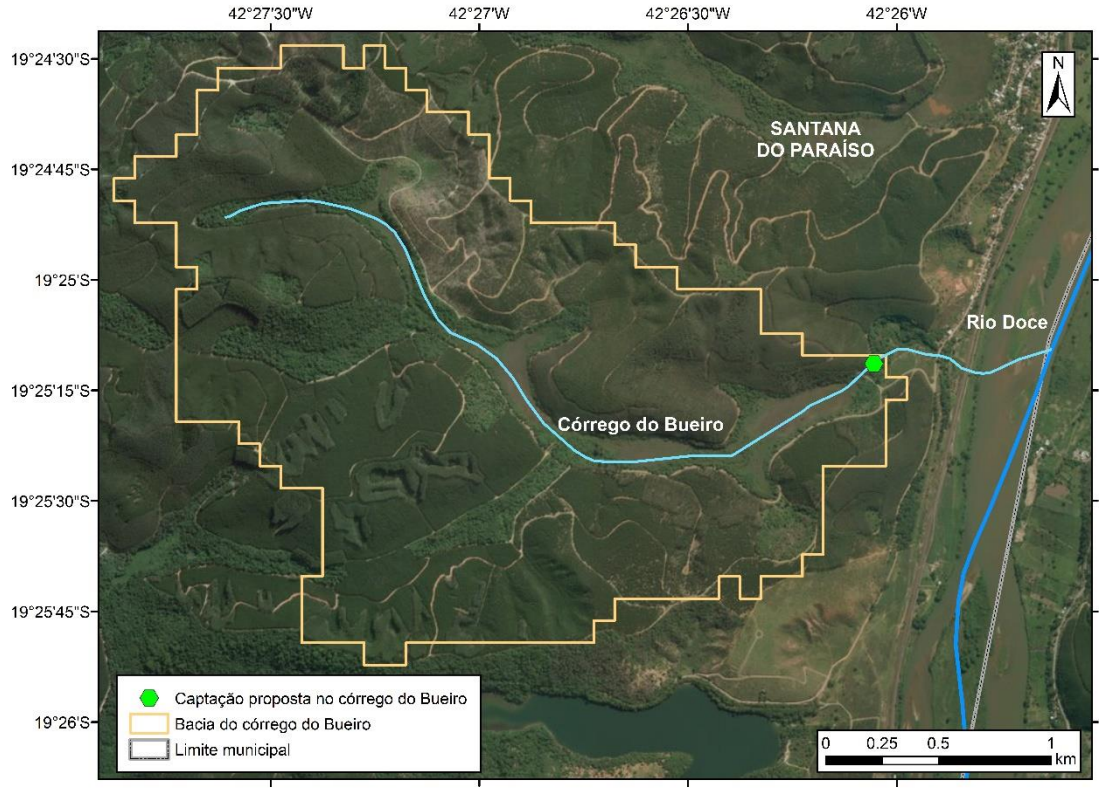


Figura 177. Bacia do córrego do Bueiro.

G.23 Tumiritinga – Sede

Córrego Limoeiro

Não foram encontrados aglomerados urbanos na área da bacia do córrego Limoeiro (20.03 km²), como indica a Figura 178.

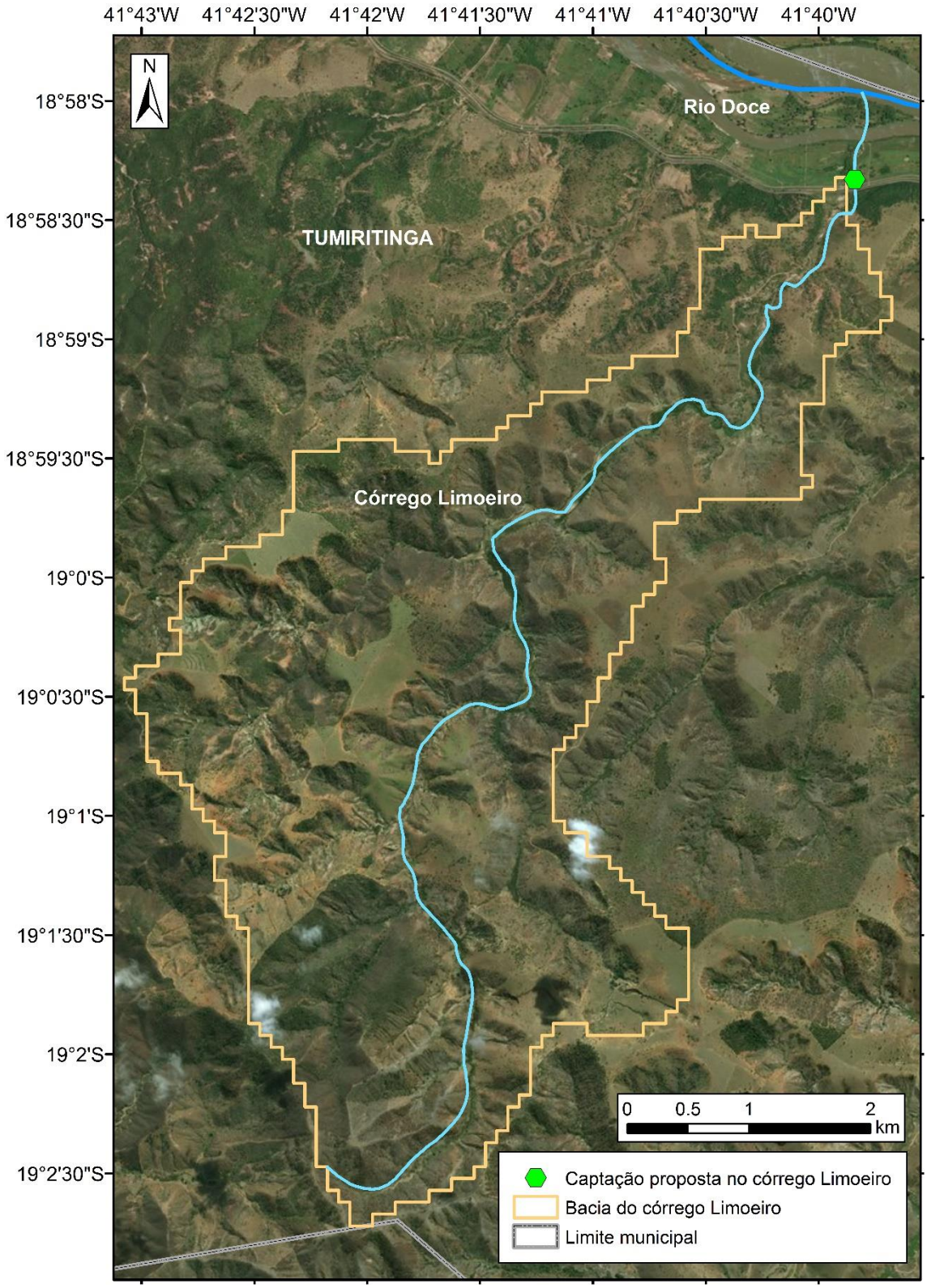


Figura 178. Bacia do córrego Limoeiro.

Córrego da Capivara

Não foram encontrados aglomerados urbanos na área da bacia (63.83 km²) do córrego da Capivara, conforme a Figura 179.

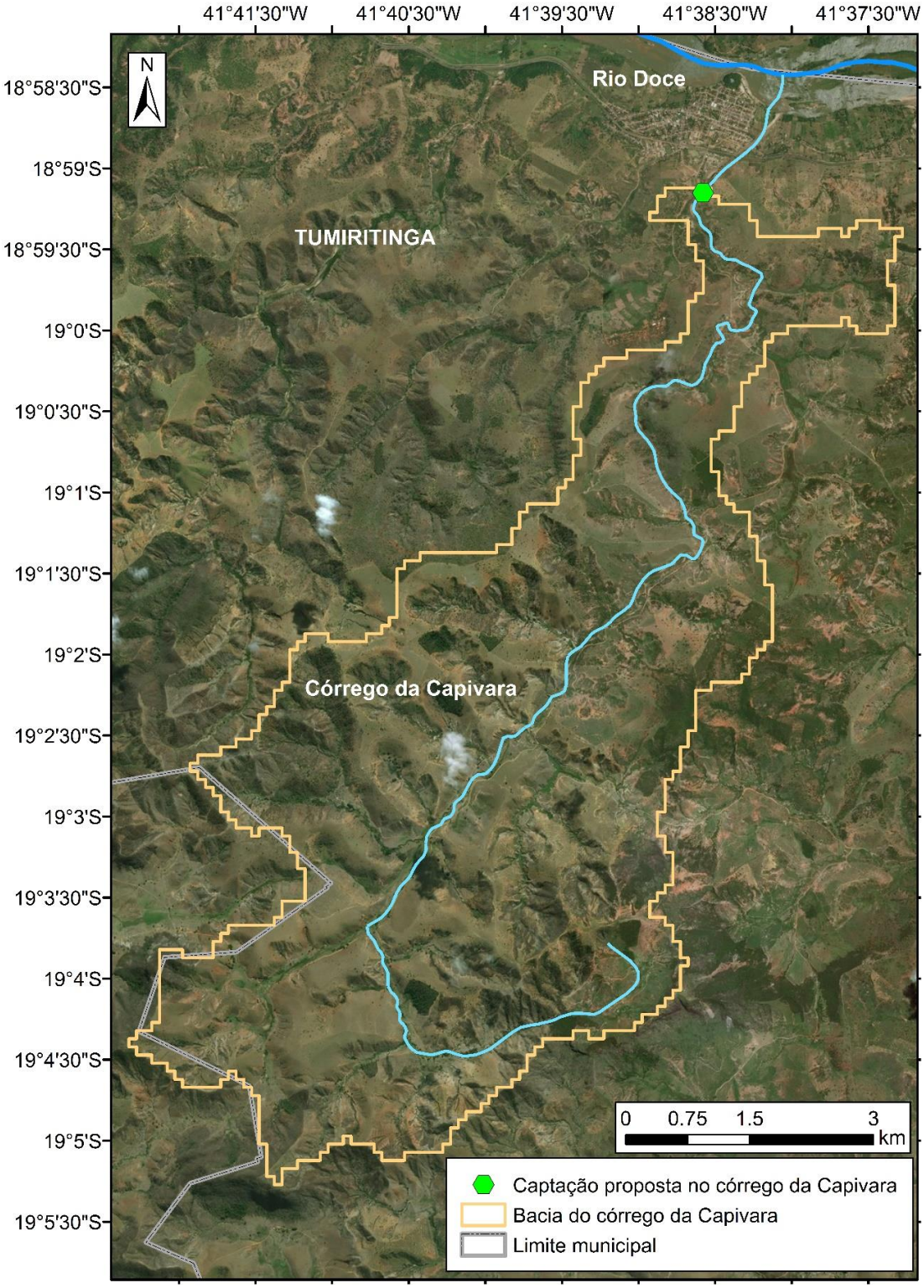


Figura 179. Bacia do córrego da Capivara.

G.24 Tumiritinga – São Tomé

Córrego Pedra de Agosto

Não foram encontrados aglomerados urbanos na área da bacia (7.0 km²), conforme mostra a Figura 180.

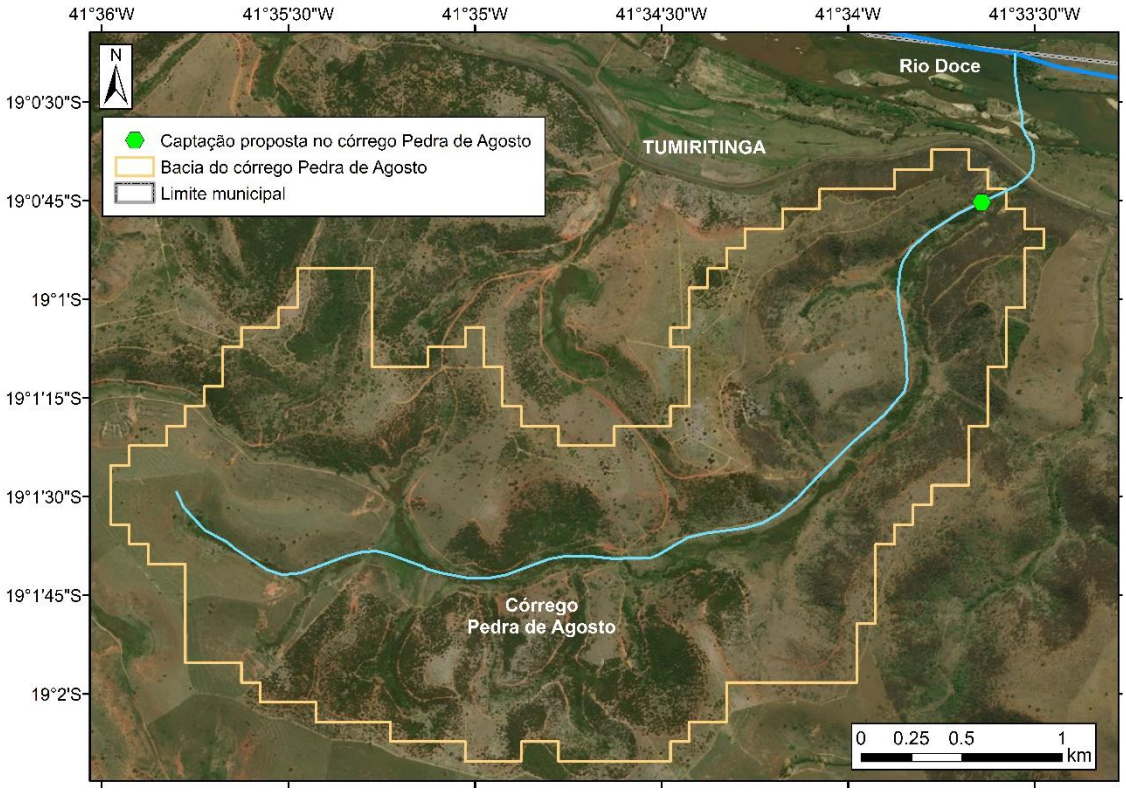


Figura 180. Bacia do córrego Pedra de Agosto.

Córrego Poço Dantas

Não foram encontrados aglomerados urbanos na área da bacia (2.06 km²), como mostra a Figura 181.

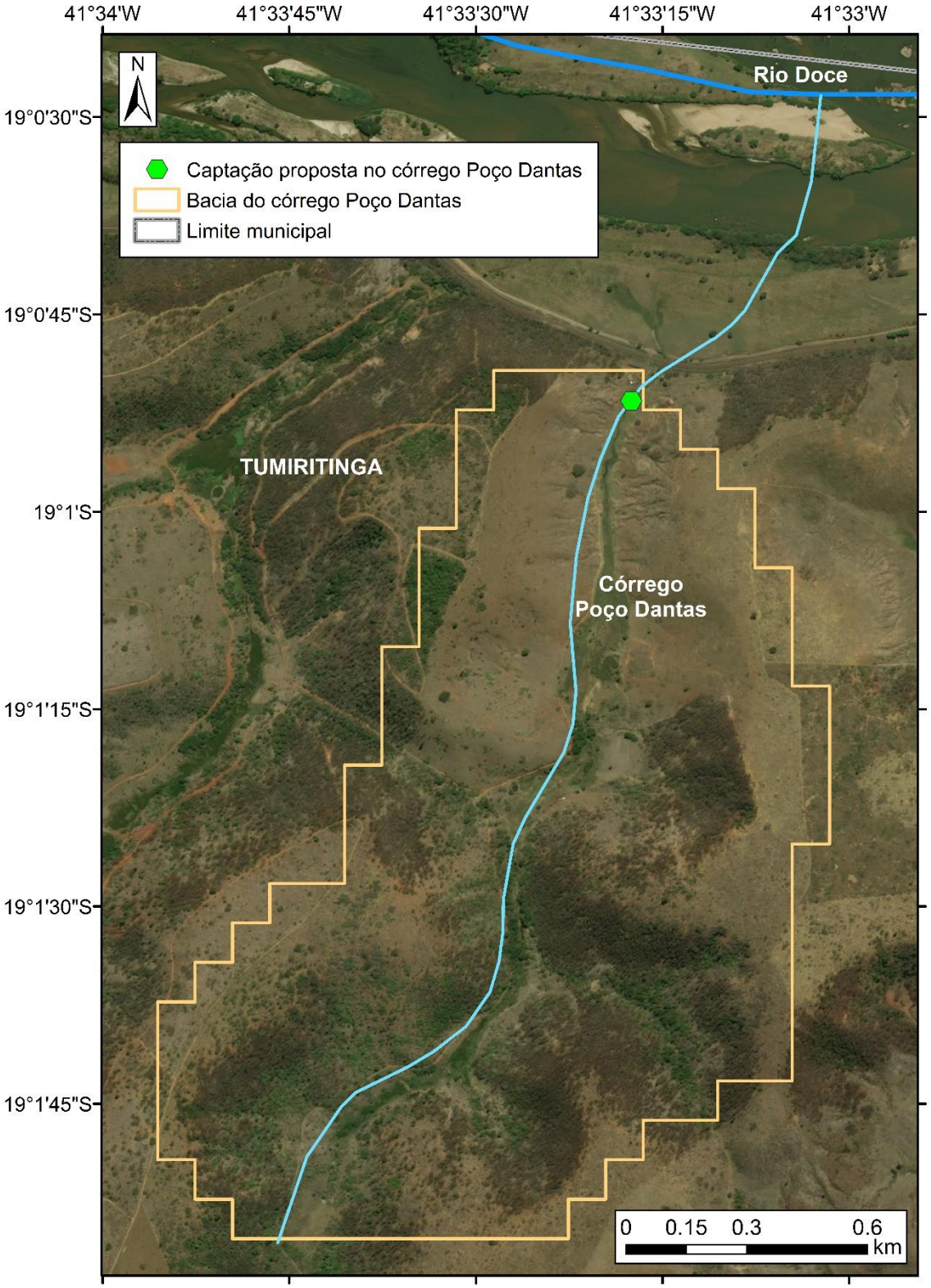


Figura 181. Bacia do córrego Poço Dantas.

Apêndice H. CUSTOS UNITÁRIOS ASSOCIADOS ÀS ALTERNATIVAS

A seguir são apresentados os custos unitários utilizados para a estimativa da implantação dos sistemas de captação e adução, destacando as premissas e origem dos valores. Ressalta-se novamente que as estimativas de custo foram feitas com base em concepções de projeto simplificados para fins de comparação entre as alternativas, de modo que podem sofrer alterações significativas durante a fase de projeto básico e executivo.

Foi adotado um fator de segurança de 10 % sobre o valor calculado e os valores obtidos foram então arredondados na ordem dos milhares.

Poços

Custo de perfuração de poço: R$ 150.000,00

Inclui: perfuração, testes de bombeamento, amostra e teste de qualidade, instrumentação mecânica, painel elétrico e adequação de até 0,1 Km de rede elétrica, ligação a adutora em distâncias de até 0,2 km e urbanização do local. Nos casos de necessidade de adutoras e prolongamento de rede elétrica maiores os gastos são computados separadamente segundo método apresentado a seguir neste item.

Fonte de custos: custo apresentado em Volschan Jr. E Colaboradores (2017)[77] e consolidado junto à Fundação RENOVA com o responsável do contrato Mateus L. Mol em troca de e-mail datados de 8 de maio de 2017.

Adutoras

Para o pré-dimensionamento para fins de estimativa de custo foi definido o uso de tubulações em PEAD. Foi adotada velocidade de fluxo entre 0,5 e 1,0 m/s e os critérios de dimensionamento de acordo com a Assoc. Brasileira de Tubos Polioefícos e Sistemas (ABPE, 2013). Os custos estimados seguiram as tabelas do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2017a,b), sendo realizada a composição para de custo linear de adutora instalada, considerando a tubulação propriamente dita, luva, e custos de instalação. Foram utilizados diâmetros comerciais especificados pela ABPE (2013). Os custos de tubulação com diâmetros comerciais não contemplados pelo SINAPI foram estimados por extrapolação.

O custo estimado para poços profundos inclui adutoras de até 0,2 km, somente é computado custo adicional de construção de adutoras para casos com comprimentos de 0,3 km ou superiores.

A Tabela 178 apresenta os custos estimados para adutora já instalada em função do diâmetro e a Tabela 179 apresenta os diâmetros comerciais selecionados para cada localidade.

[77] Volschan Jr., I; Figueiredo, I. C.; Fonseca, D. L. (2017). Capítulo 10.1 – Abastecimento de Água. In: Volschan Jr. (2017) (coordenador), Avaliação dos impactos da ruptura da barragem de rejeitos de Fundão em Mariana nove meses após o desastre.. Relatório técnico elaborado pela Fundação COPPETEC para SAMARCO.

Tabela 178. Custos unitários das tubulações PEAD.

Diâmetro comercial e especificação tubulação PEAD	Custo unitário adutora instalada (R$/m)
DE = 75 MM X 6,9 MM PAREDE (SRD 11 - PN 12,5)	R$ 42,53
DE = 110 MM X 10,0 MM PAREDE (SDR 11 - PN 12,5)	R$ 87,94
DE = 160 MM X 14,6 MM PAREDE (SDR 11 - PN 12,5)	R$ 187,40
DE = 200 MM X 18,2 MM PAREDE (SDR 11 - PN 12,5)	R$ 291,44
DE = 315 MM X 28,7 MM PAREDE (SDR 11 - PN 12,5)	R$ 712,90
DE = 400 MM X 36,4 MM PAREDE (SDR 11 - PN 12,5)	R$ 1.213,20
DE = 500 MM X 45,5 MM PAREDE (SDR 11 - PN 12,5)	R$ 2.078,70
DE = 1.200 MM X 37,2 MM PAREDE (SDR 32,25 - PN 04)	R$ 4.349,05

Tabela 179. Diâmetros considerados para as adutoras nas localidades.

MUNICÍPIO	SEDE / LOCALIDADE	Vazão meta (L/s)	Diâmetro comercial utilizado (mm)
Aimorés	Santo Antônio do Rio Doce (Mauá)	6,00	110
Alpercata	Sede	7,12	110
Baixo Guandu	Sede	42,00	75
Baixo Guandu	Mascarenhas	1,80	315
Barra Longa	Gesteira	1,20	75
Barra Longa	Barreto	1,20	75
Belo Oriente	Perpétuo Socorro	12,00	160
Colatina	Sede	192,00*	400
Fernandes Tourinho	Senhora da Penha	1,20	75
Galiléia	Sede	7,09	110
Governador Valadares	Sede porção Norte (ETA CENTRAL)	900,00	1.200
Governador Valadares	Sede porção Sul (ETA Vila Isabel)	108,00	500
Governador Valadares	São Vitor	1,80	75
Itueta	Sede	17,16	200
Linhares	Sede	200,00	-
Linhares	Regência	6,00	110
Mariana	Camargos	1,20	75
Mariana	Pedras	1,20	75
Mariana	Paracatu de Baixo	1,20	75
Marilândia	Boninsegna	1,20	75
Periquito	Pedra Corrida	3,30	75
Resplendor	Sede	60,00	315
Santana do Paraíso	Ipaba do Paraíso	1,20	75
Tumiritinga	Sede	5,70	110
Tumiritinga	São Tomé do Rio Doce	1,50	75

** Possui dois SAA independentes, as adutoras não transportarão o total da vazão.*

Sistema de bombeamento

Adotou-se como sistema comum a todos os mananciais superficiais o uso de captação por sistema de bombeamento flutuante, sendo adotado sempre uma bomba de espera (*stand-by*). Para o pré-dimensionamento para fins de estimativa de custo foi definido a potência do sistema de bombeamento baseado nos itens apresentados na tabela SINAPI (SINAPI, 2017b), desnível geométrico a ser vencido amostrado no MDE do SRTM (deve-se ressaltar que a escala deste MDE não é adequada ao dimensionamento hidráulico adequado). Destaca-se a estimativa de potência do sistema de bombeamento foi feito de maneira preliminar sem considerar a perda de carga do sistema, devendo o mesmo ser recalculado na fase de projeto conforme especificação técnica. Assumiu-se um custo fixo para o sistema de plataforma de R$ 2.500,00 e o custo das bombas foi definido com base na tabela SINAPI (SINAPI, 2017b).

Barragem para elevação de nível em enrocamento

Adotou-se como sistema comum a todos os mananciais superficiais os quais não necessitam de regularização de vazão o uso de soleira de enrocamento para a manutenção de nível mínimo para funcionamento do sistema de bombeamento. O valor do enrocamento foi baseado na tabela SINAPI (SINAPI, 2017b) e o frete estimado, sendo considerado valor de R$ 200,00 / m³. Foi definido como altura padrão 1,0 m e a largura em função da largura do rio mensurada com base em imagem de satélite. O volume de enrocamento foi estimado considerando a face de montante com declividade 1:1 e a de jusante como 1:5. Foi calculado os dias de trabalho de retroescavadeira para construção do barramento como com capacidade de trabalho de assentamento de 7,5 m³/dia, considerando o custo horário apresentado na tabela SINAPI (SINAPI, 2017b) estimou-se o dia de trabalho da escavadeira em R$ 1.271,54.

Casa de máquinas e infraestrutura adjacente

Considerou-se necessária a construção de pequena casa de máquinas e estrutura de apoio para a captação. O custo foi estimado baseado na referência do SINAPI para construções de baixo padrão (SINAPI, 2017c) e foi definido como valor fixo a todas alternativas e igual a R$ 27.990,00.

Rede elétrica

O custo da expansão da rede elétrica foi baseado em relatório da CPFL Energia (CPFL, 2015) com um fator de segurança de correção de 21%. O custo do quilômetro construído foi estimado em R$ 43.000,00.

Monitoramento fluviométrico

Os custos associados instalação de estação linimétrica e da obtenção de curva-chave em consulta a empresa especializada (MP Engenharia Ambiental, 2017) e são apresentados na Tabela 180.

Tabela 180. Custo estimado para instalação de estação de monitoramento e de obtenção de curva-chave.

Tipo de licença	Custo unitário
Instalação	R$ 24.000,00
Curva-Chave	R$ 40.000,00

Licenciamento Ambiental

Os custos associados a assessoria do processo de licenciamento foram baseados em consulta a empresa especializada (ALPES Engenharia, 2017) e são apresentados na Tabela 181.

Tabela 181. Custo estimado para assessoria em procedimento de licenciamento ambiental.

Tipo de licença	Custo unitário
Outorga Barramento	R$ 7.500,00
Outorga Captação	R$ 5.000,00
Outorga Poço	R$ 5.000,00
Intervenção APP	R$ 7.000,00
Travessia Aérea em Rio	R$ 4.000,00

Barragem de acumulação

Destaca-se que o custo de construção de um barramento é altamente influenciado pelo seu porte, técnica construtiva, relevo e geologia local. Considerando que a escala de trabalho adotada e que dados geológicos e topográficos em escala adequada para projeto de barragens não fazem parte do escopo deste estudo, simplificações para a estimativa de custos de barragens foram adotadas. Os custos foram estimados baseados em informações do custo de construção de barragens de pequenas centrais hidrelétricas fornecidos por Magalhães (2009), sendo isolado o custo da construção do barramento em função da sua altura. Foi definido que o custo de uma barragem em função da sua altura é de R$ 289.051,73 por metro de altura.

Apêndice I. POSTOS FLUVIOMÉTRICOS PRÉ-SELECIONADOS PARA UTILIZAÇÃO NOS ESTUDOS DETALHADOS DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Tabela 182. Pré-seleção de postos fluviométricos localizados próximos aos mananciais superficiais sugeridos para abastecimento das localidades. Unidades hidrogeológicas: EFI = Embasamento Fraturado Indiferenciado. FB = Formação Barreiras.

Nome	Postos Fluviométricos (cód. ANA)	Nome	Extensão da série (anos)	Localização	Unidade hidrogeológica
Aimorés	56990000	São Sebastião da Encruzilhada	78	Dentro do município	EFI
	56989500	Assarai Montante	40	Próximo do município	EFI
	56989001	Mutum	43	Próximo do município	EFI
	56989400	Assarai Montante	40	Próximo do município	EFI
Alpercata	56850000	Governador Valadares	48	Próximo do município (em Gov. Valadares)	EFI
Baixo Guandu	56992000	Baixo Guandu	75	Dentro do município	EFI
	56991500	Laranja da Terra	49	Próximo do município	EFI
Barra Longa	56337000	Fazenda Ocidente	78	Dentro do município	EFI
	56335000	Acaiaca	36	Próximo do município	EFI
	56335001	Acaiaca Jusante	41	Próximo do município	EFI
Belo Oriente	567119998	Belo Oriente	31	Próximo do município	EFI
	56720000	Cachoeira Escura	48	Próximo do município	EFI
	56825000	Naque Velho	43	Próximo do município	EFI
Colatina	56993600	Santa Joana	27	Dentro do município	EFI
	56994510	Colatina Corpo de bombeiros	31	Dentro do município	EFI
Fernandes Tourinho	56935000	Dom Cavati	51	Cerca de 20 km do município	EFI
Galileia	56940002	Barra do Cuieté Jusante	42	Próximo do município (em Tumiritinga)	EFI
	56920000	Tumiritinga	45	Próximo do município (em Tumiritinga)	EFI
Governador Valadares	56850000	Governador Valadares	48	Dentro do município	EFI
	56891900	Vila Matias Montante	43	Próximo do município	EFI
	56892000	Vila Matias	38	Próximo do município	EFI
Itueta	56948005	Resplendor - Jusante	21	Próximo do município (em Resplendor)	EFI
	56990000	São Sebastião da Encruzilhada	78	Próximo do município (em Aimorés)	EFI

Nome	Postos Fluviométricos (cód. ANA)	Nome	Extensão da série (anos)	Localização	Unidade hidrogeológica
Linhares	56998000	Linhares	28	Dentro do município	FB
	56998400	Barra de São Gabriel	50	Cerca de 50 km do município	EFI
Mariana	56145000	São Caetano de Mariana	36	Dentro do município	EFI
	56240000	Fazenda Paraíso	87	Dentro do município	EFI
	56335000	Acaiaca	36	Próximo do município	EFI
	56335001	Acaiaca Jusante	41	Próximo do município	EFI
Marilândia	56993600	Santa Joana	27	Próximo do município (em Colatina)	EFI
	56994510	Colatina Corpo de bombeiros	31	Próximo do município (em Colatina)	EFI
	56998400	Barra de São Gabriel	50	Cerca de 30 km do município	EFI
Periquito	56846000	Porto Santa Rita	41	Próximo do município	EFI
Resplendor	56948000	Resplendor	45	Dentro do município	EFI
	56948005	Resplendor - Jusante	21	Dentro do município	EFI
Santana do Paraíso	56696000	Mario de Carvalho	31	Cerca de 15 km do município	EFI
	567119998	Belo Oriente	31	Próximo do município	EFI
	56720000	Cachoeira Escura	48	Próximo do município	EFI
Tumiritinga	56920000	Tumiritinga	45	Dentro do município	EFI
	56940002	Barra do Cuieté Jusante	42	Dentro do município	EFI

Apêndice J. MODELO PARA ESTIMATIVA DE VAZÃO EM BACIAS PEQUENAS

O modelo utilizado foi testado por Silveira e colaboradores (1998). O modelo proposto nesse estudo contém as seguintes premissas:

- Possuir o menor número de parâmetros possíveis que permitam estimar a série de vazões médias diárias em uma pequena bacia hidrográfica e;
- Permitir fácil ajuste e extensão de séries.

Para tanto, foram estabelecidas as seguintes simplificações principais no seu equacionamento:

1. O armazenamento na camada superior do solo é desprezível no intervalo de tempo de análise (diário);
2. A evapotranspiração potencial é retirada da precipitação, quando houver, em cada intervalo de tempo.

Formulação:

A estrutura do modelo é descrita a seguir e é apresentada na Figura 182:

- A evapotranspiração potencial E_t (mm), em cada intervalo de tempo (diário), é subtraída da precipitação P_t (mm). Quando $P_t - E_t < 0$, não há precipitação capaz de gerar escoamento.
- Na situação em que $P_t - E_t > 0$, uma parcela da precipitação irá gerar escoamento superficial e outra infiltrará. Neste caso:

$$Pr_t = P_t - E_t \tag{21}$$

A precipitação efetiva fica:

$$P_{ef} = \left(1 - C_{inf}\right).P_r(t) \tag{22}$$

Onde C_{inf} representa a parcela da precipitação que infiltra; e P_{ef} , a precipitação efetiva. O volume de infiltração V_i , fica expresso por:

$$V_i = C_{inf}.P_r(t) \tag{23}$$

A parcela infiltrada alimenta diretamente o aquífero, desprezando-se a variabilidade da camada superior do solo associada a períodos úmidos e, geralmente, de pequena profundidade na cabeceira das bacias.

O reservatório subterrâneo pode ser expresso pela equação da continuidade:

$$\frac{dS}{dt} = V_i - Q_b \tag{24}$$

Onde S é o armazenamento, em mm; e Q_b, a vazão de escoamento subterrâneo, em milímetros por dia (mm/dia).

O armazenamento (mm) e a vazão de saída estão relacionadas pela expressão:

$$S = K_b . Q_b \quad (25)$$

Onde K_b representa o tempo de esvaziamento do reservatório em segundos.

Derivando-se a equação (25) e substituindo-se na equação da continuidade, resulta a equação diferencial do modelo do reservatório linear simples.

$$K_b \frac{dQ_b}{dt} + Q_b = V_i \quad (26)$$

A solução desta equação é a seguinte:

$$Q_b(t) = Q_b(t-1).e^{-\Delta t/K_b} + V(t).(1 - e^{-\frac{\Delta t}{K_b}}) \quad (27)$$

No período chuvoso em que $P_r>0$, a vazão incorpora também a parcela de origem superficial e é dada por:

$$Q(t) = \left[P_{ef}(t) + Q_b(t)\right] \quad (28)$$

Onde *Q(t)* é a vazão total em mm/dia.

Quando *Pr*=0, a equação se reduz a:

$$Q(t) = Q_b(t) \quad (29)$$

Para transformar as vazões de mm/dia para $m^3.s^{-1}$ basta multiplicá-las pela área da bacia em km^2 e, em seguida, dividir o resultado pelo fator 86,4.

O valor inicial do parâmetro K_{sub} para simulação pode ser obtido a partir das medições onde Q_1, Q_2 e Q_3 são as vazões conhecidas. Considerando-se a equação (27), na ausência de precipitação pelo modelo, o valor do parâmetro pode ser obtido da seguinte forma:

$$Q_2 = Q_1.e^{-\Delta t/K_{1sub}} \therefore Q_3 = Q_2.e^{-\Delta t/K_{2sub}} \quad (30)$$

Logo, o valor de K estimado pelas equações é:

$$K_{1sub} = \Delta t.\ln\frac{Q_1}{Q_2} \therefore K_{2sub} = \Delta t.\ln\frac{Q_2}{Q_3} \quad (31)$$

$$\widehat{K}_{sub} = \frac{K_{1sub} + K_{2sub}}{\Delta t} \quad (32)$$

Onde Δt é o intervalo de tempo entre as medições locais em dias; $\hat{K}_{sub}$, a estimativa inicial para o parâmetro K_{sub}.

A estrutura do modelo pelo equacionamento proposto define, então, dois parâmetros de ajuste para o desenvolvimento do balanço hídrico:

1. O primeiro relaciona-se à quantidade de água que infiltra e chega ao reservatório hipotético de escoamento subterrâneo e é definido por um coeficiente de infiltração C_{inf}.

2. O segundo relaciona-se ao decaimento das vazões ao longo do tempo, liberadas pelo reservatório de escoamento subterrâneo, sendo definido pelo parâmetro K_{sub} do modelo do reservatório linear simples.

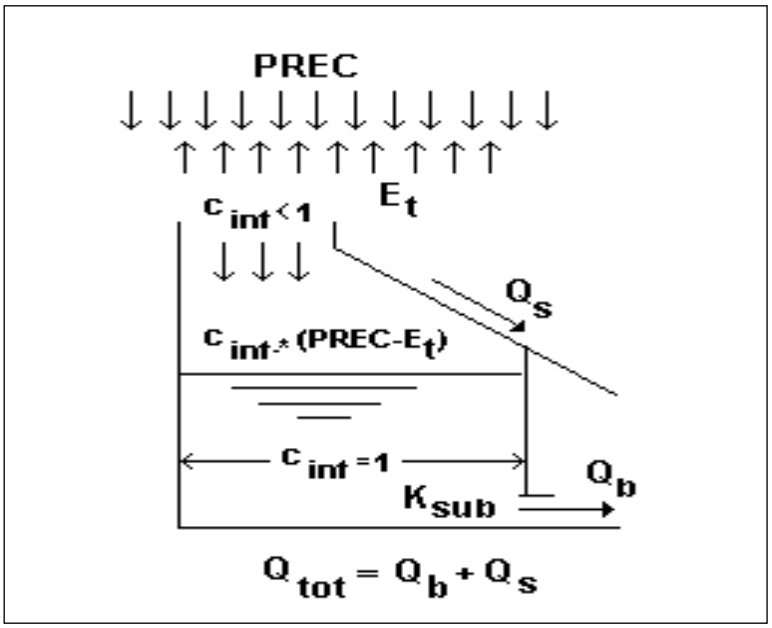


Figura 182. Modelo simplificado de balanço hídrico.

Metodologia de ajuste

O ajuste do modelo pode ser realizado por tentativa e erro ou por otimização. Considerando-se a existência de apenas três valores de vazões observadas, o ajuste manual tende a ser rápido (Figura 183). Além disso, é desejável que o usuário adquira uma sensibilidade hidrológica no processo de ajuste dos parâmetros para melhor interpretar os resultados.

As principais incertezas são consequência do seguinte:

- Se o registro de precipitação do período com vazões contiver erros, os mesmos são transferidos aos parâmetros e aos resultados. Evidentemente, quanto maior forem os registros de vazões, menores serão as incertezas,
- O conjunto de três vazões ajusta principalmente o parâmetro K_{sup} e o C_{inf} é obtido indiretamente e depende muito do evento ocorrido,
- O coeficiente K_{sub} pode variar entre o período chuvoso e a estiagem, à medida que diferentes partes do aquífero contribuam para a vazão de saída e,
- O modelo despreza a evapotranspiração do solo. Quando a camada superior do solo retém muita umidade, e perde por evapotranspiração, esta limitação pode comprometer o balanço.

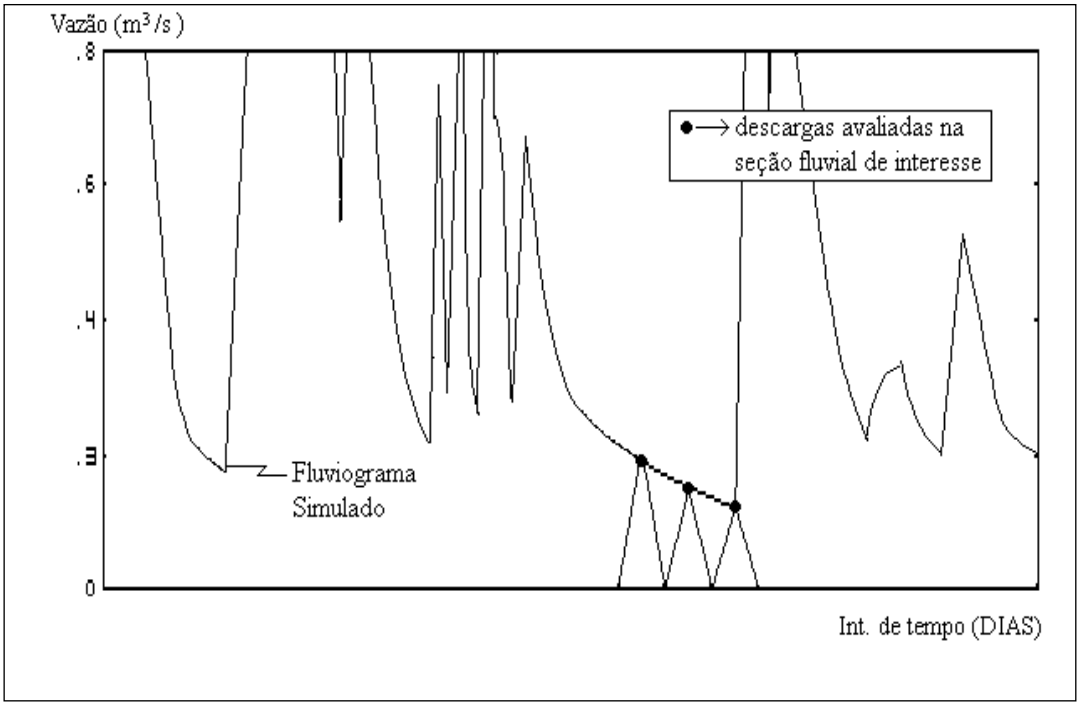


Figura 183. Esquema de estiagem simulada.

A Tabela 183, a seguir, mostra exemplos de ajuste do modelo em diferentes bacias.

Tabela 183. Exemplos de ajuste do modelo.

Bacia	Área de drenagem (km²)	C_{inf}	K_{sub} (dia)
SÃO JACÓ	8,98	0,40	9,41
SCHNEIDER II	3,23	0,31	6,86
SCHNEIDER I	6,13	0,33	6,00
CARPINTARIA	10,78	0,37	10,14
V. DIREITO	6,88	0,39	8,82
V.ESQUERDO	5,92	0,32	7,25

Apêndice K. SIMULAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO EM RESERVATÓRIO

A simulação é a metodologia direta de cálculo do volume necessário (V) para regularizar uma vazão q. Existe uma relação entre V e q para um determinado nível de probabilidade de atendimento da vazão, denominado de P, ou seja

$$V = F(g, P) \tag{33}$$

Para determinar V em função de Q, o método mais adequado é o da simulação, descrito a seguir.

O balanço de volumes de um reservatório é obtido pela seguinte equação:

$$S_{t+1} = S_t + (Q_t - q_t).\Delta t + (P_t - p_t).A.k \tag{34}$$

Onde S_{t+1} e S_t são os armazenamentos do reservatório nos tempos t+1 e t;

Q_t é a vazão total de entrada;

P_t é precipitação do período;

E_t é a evaporação;

A é a área de inundação do reservatório que depende do estado de armazenamento em km^2;

k é um fator de conversão de unidades que varia com o intervalo de tempo Δt ; a vazão q_T é:

$$q_t = q_{reg} + q_i \tag{35}$$

Onde q_{reg} é a vazão a ser mantida a jusante da barragem de acordo com a legislação de recursos hídricos e q_j é o restante da vazão que varia com o tempo t.

O armazenamento S_t varia entre S_{min} e S_{max};

S_{min} é a capacidade mínima do reservatório, a partir do qual não é possível atender à demanda. Este volume representa *o volume morto* do reservatório;

V = S_{max} – $S_{min,}$ que é o volume útil do reservatório,

S_{max} representa o volume máximo do reservatório. Quando o mesmo atinge este volume, toda a vazão restante é transferida para jusante. O valor de S_{max} representa V para cada simulação.

Para cada V = S_{max} e um valor de q haverá uma probabilidade P obtida por:

$$P = \left(1 - \frac{N_{if}}{N_{id}}\right).100 \tag{36}$$

Onde:

N_{if} é o número de intervalo das falhas de atendimento da demanda;

N_{id} é o número de intervalo de tempo com demanda.

O intervalo de tempo depende do volume do reservatório. Quando o volume é pequeno e pode encher e esvaziar dentro do mês, o intervalo de tempo tem que ser diário. Nos outros casos, é possível utilizar um intervalo de tempo mensal.

Para estabelecer a função da equação (33), pode-se executar a simulação para uma combinação de valores de V e q, obtendo-se os valores de P para se ajustar a função. Para determinar a função para P = 100%, que significa que a relação garante 100% de probabilidade para a série histórica que o volume atende à demanda. Não é garantia para a população de realizações das vazões, mas para a amostra. Neste caso, basta variar o volume V de um valor pequeno até um valor em que não ocorra nenhuma falha, para uma vazão de demanda fica q.

Apêndice L. LOCALIZAÇÃO SUGERIDA PARA INVESTIGAÇÃO E PERFURAÇÃO DE POÇOS

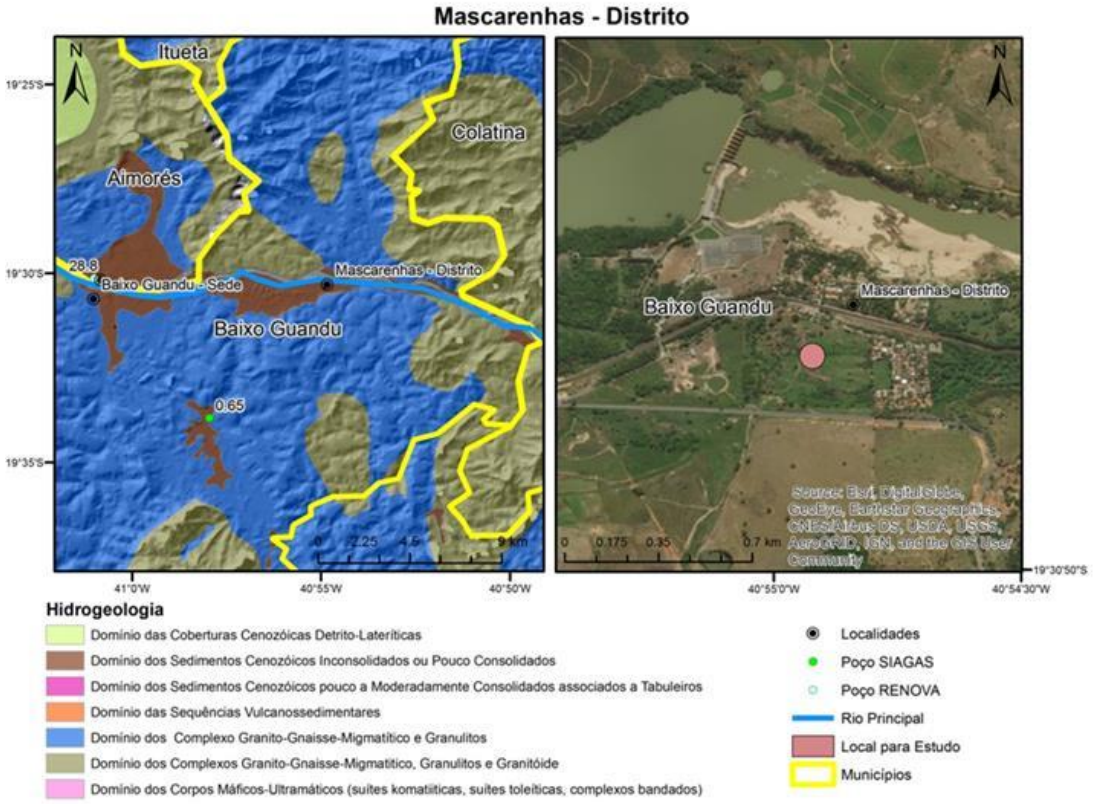


Figura 184. Hidrogeologia e local de investigação e perfuração de poço na localidade de Mascarenhas, em Baixo Guandu.

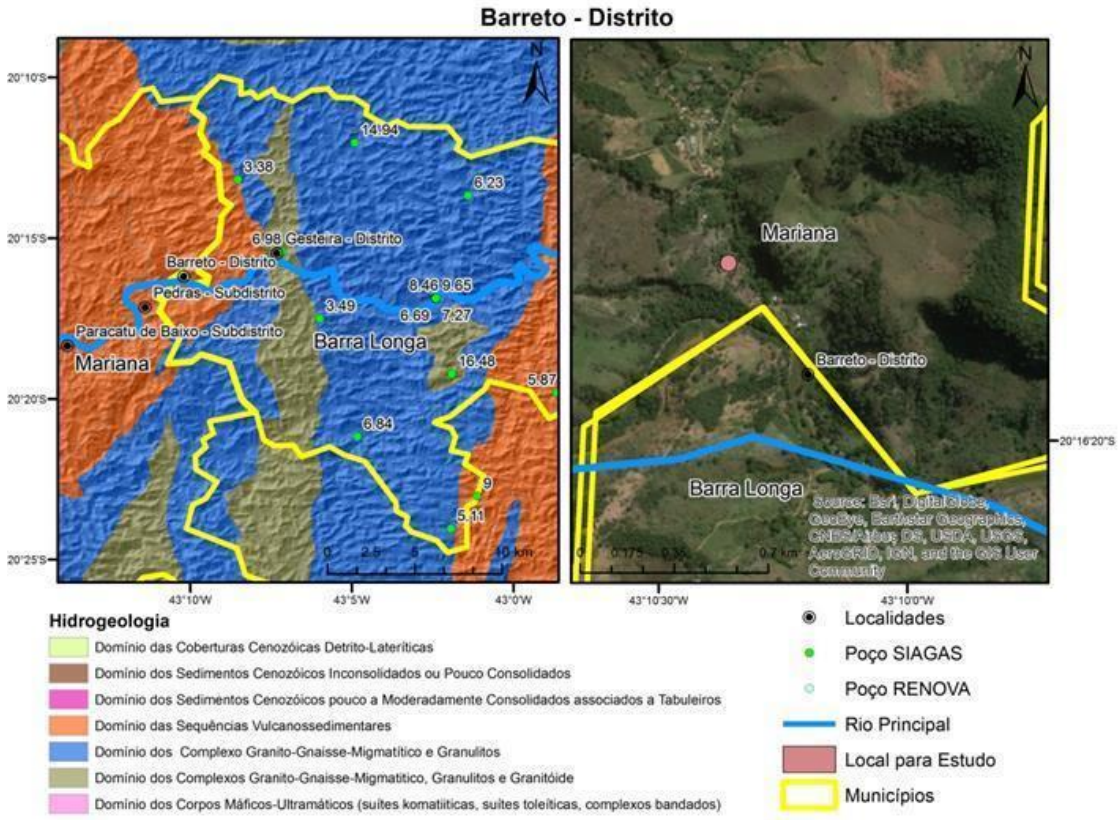


Figura 185. Hidrogeologia e local de investigação e perfuração de poço na localidade de Barreto, em Barra Longa.

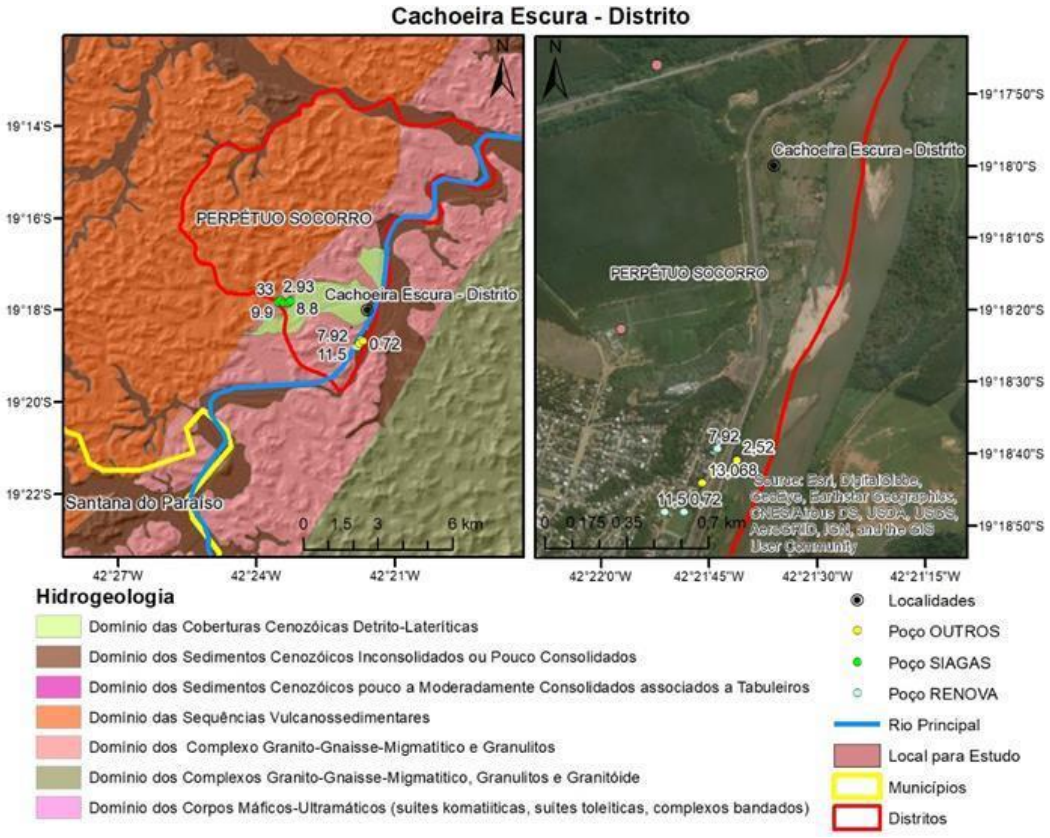


Figura 186. Hidrogeologia e local de investigação e perfuração de poço na localidade de Cachoeira Escura, em Belo Oriente.

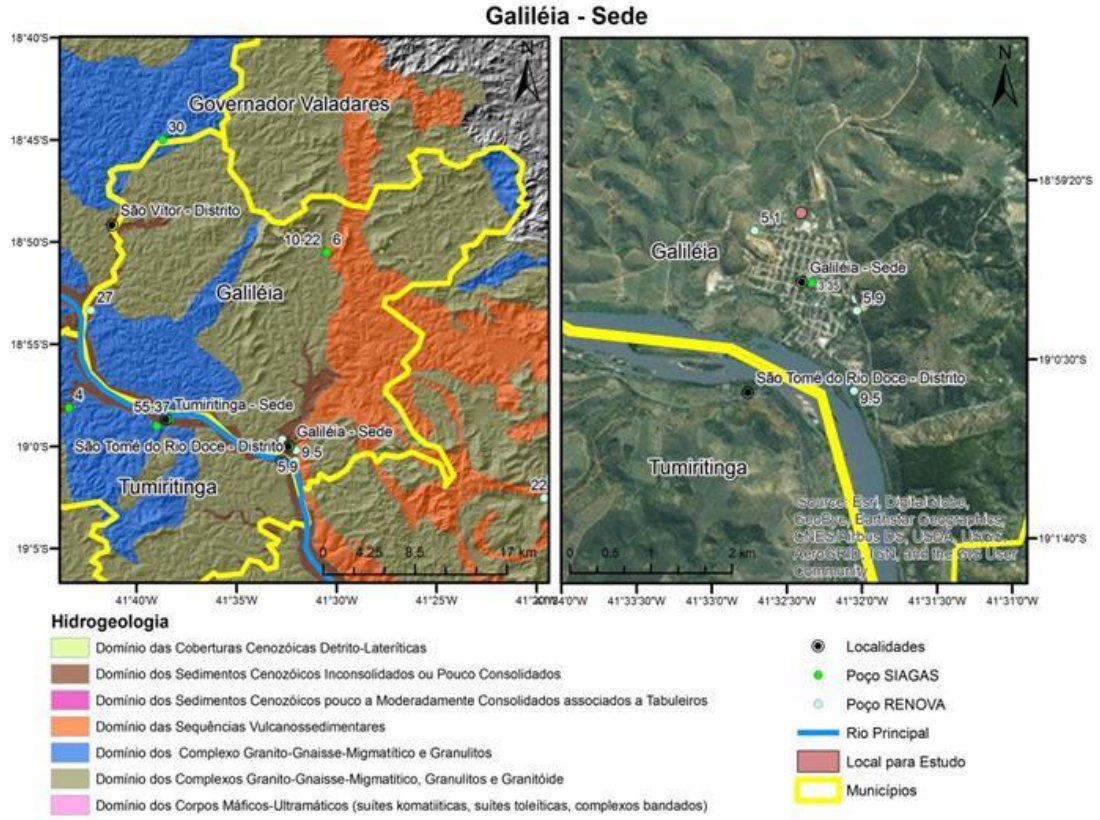


Figura 187. Hidrogeologia e local de investigação e perfuração de poço na localidade da sede, em Galiléia.

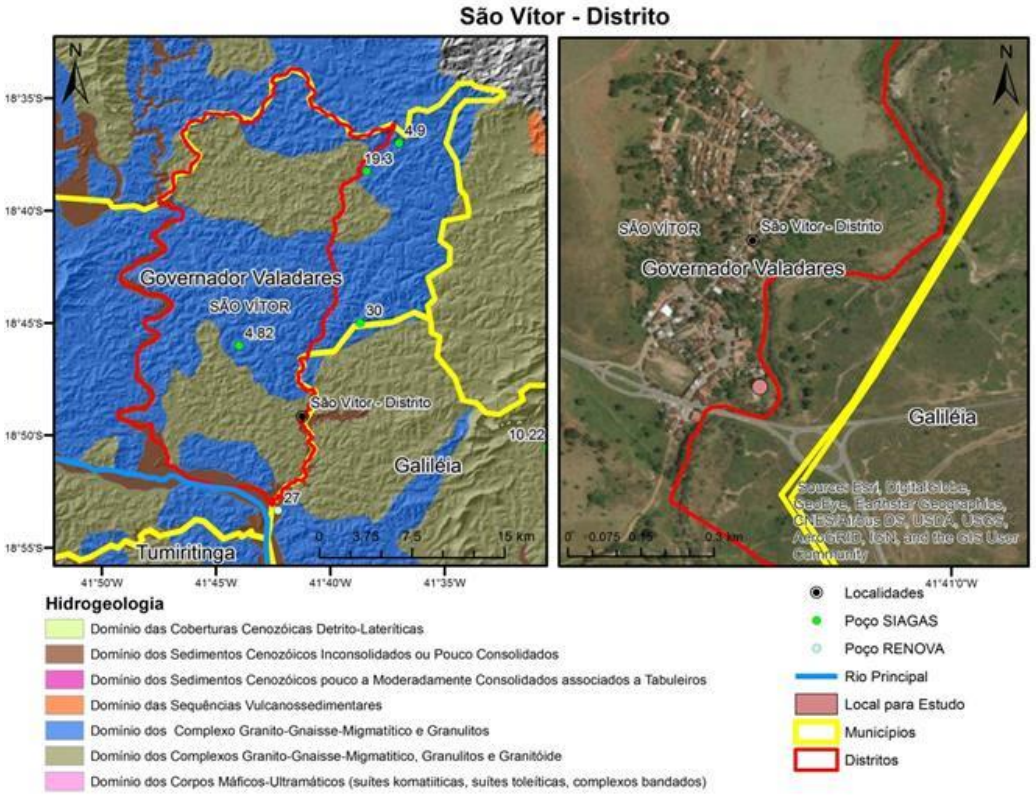


Figura 188. Hidrogeologia e local de investigação e perfuração de poço na localidade de São Vitor, em Governador Valadares.

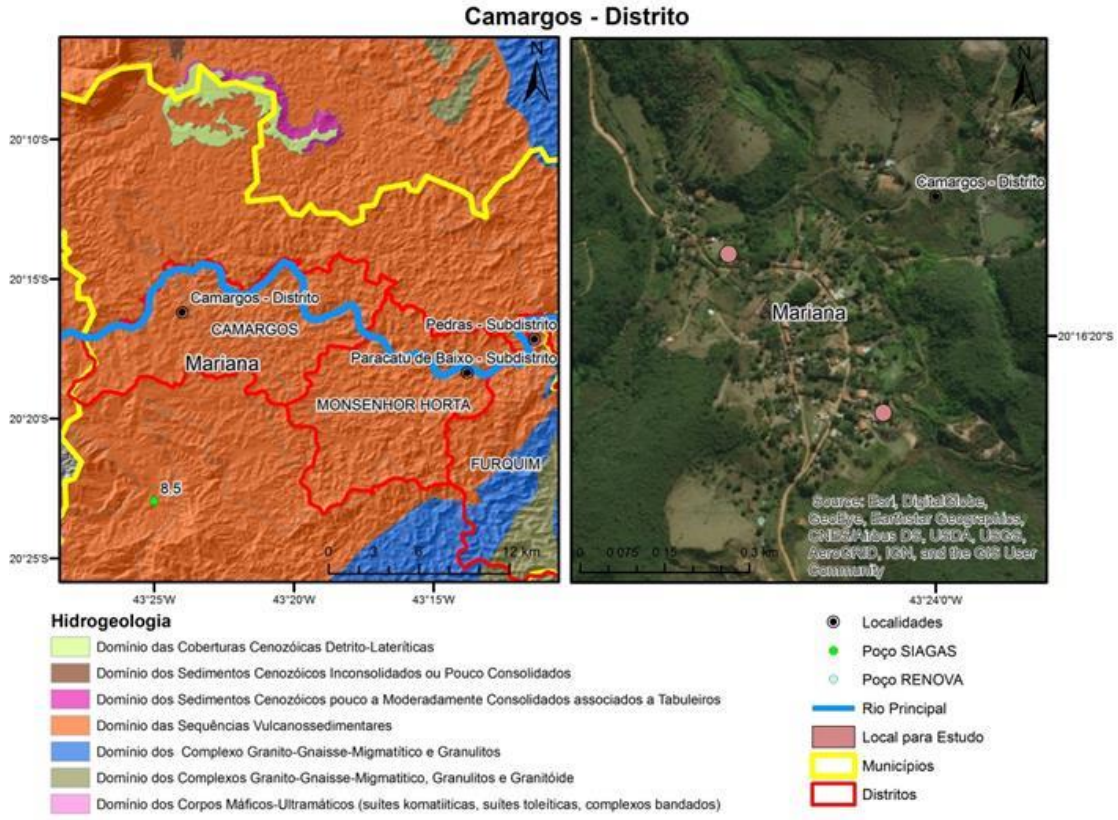


Figura 189. Hidrogeologia e local de investigação e perfuração de poço na localidade de Camargos, em Mariana.

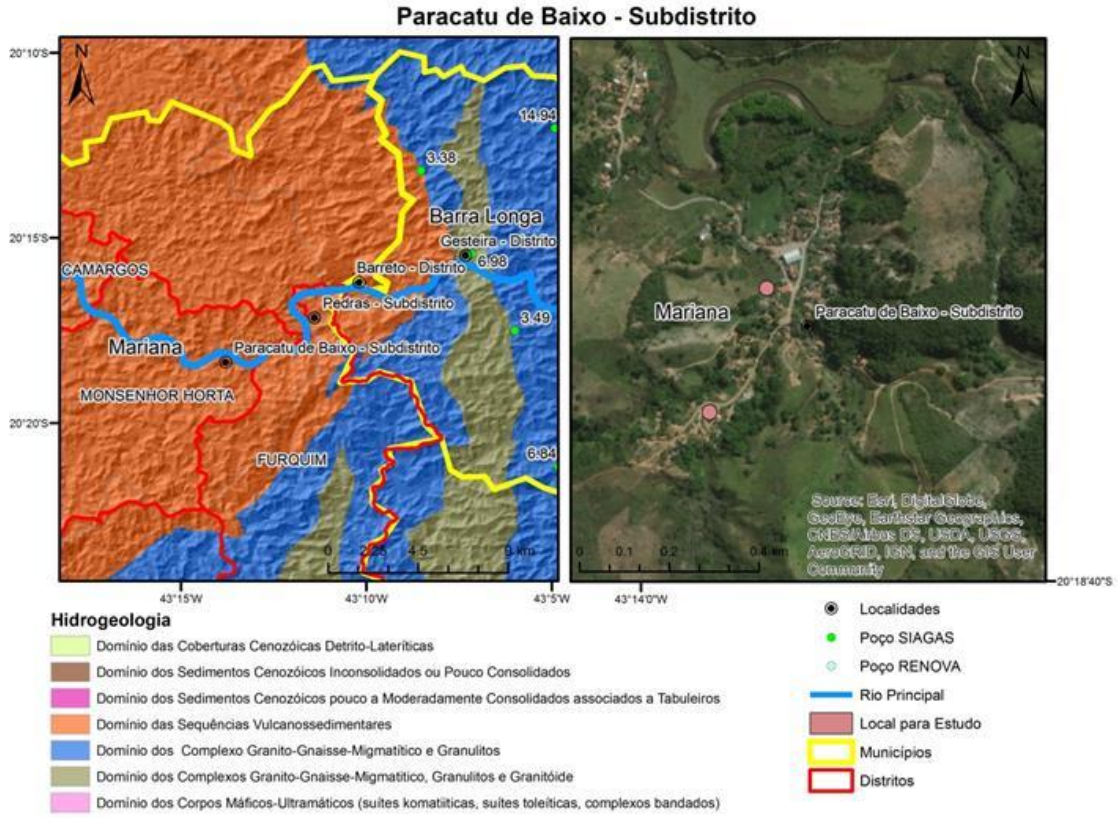


Figura 190. Hidrogeologia e local de investigação e perfuração de poço na localidade de Paracatu de Baixo, em Mariana.

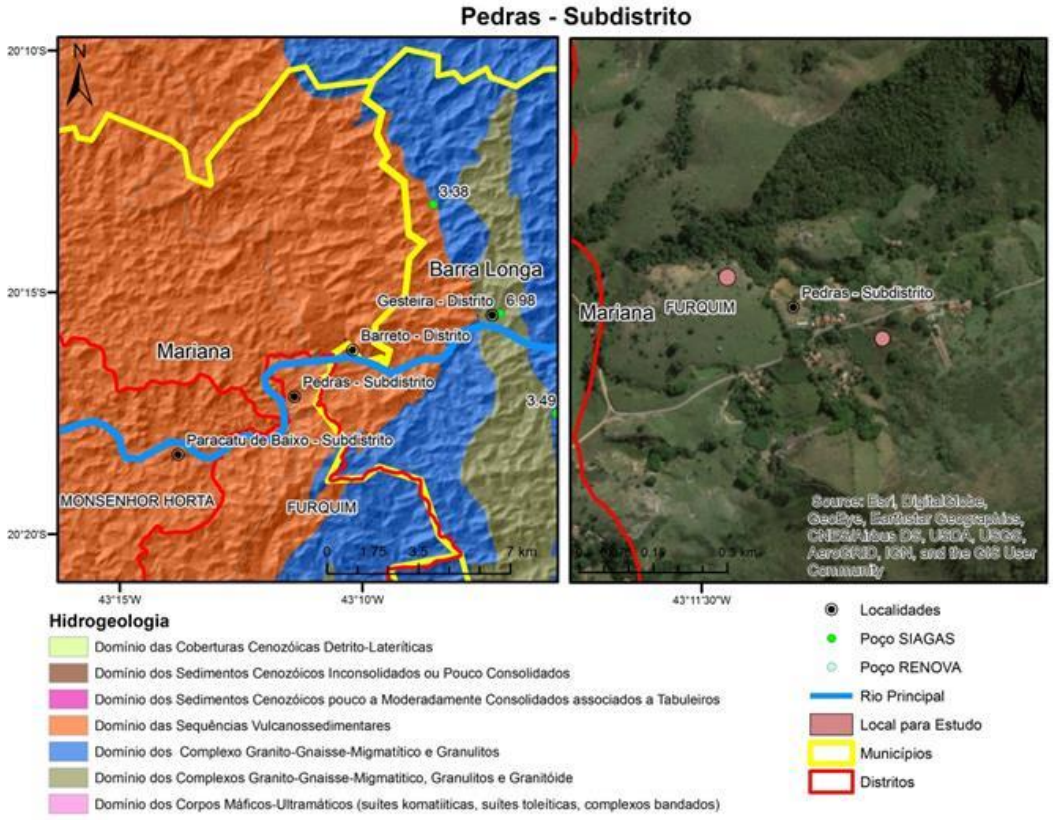


Figura 191. Hidrogeologia e local de investigação e perfuração de poço na localidade de Pedras, em Mariana.

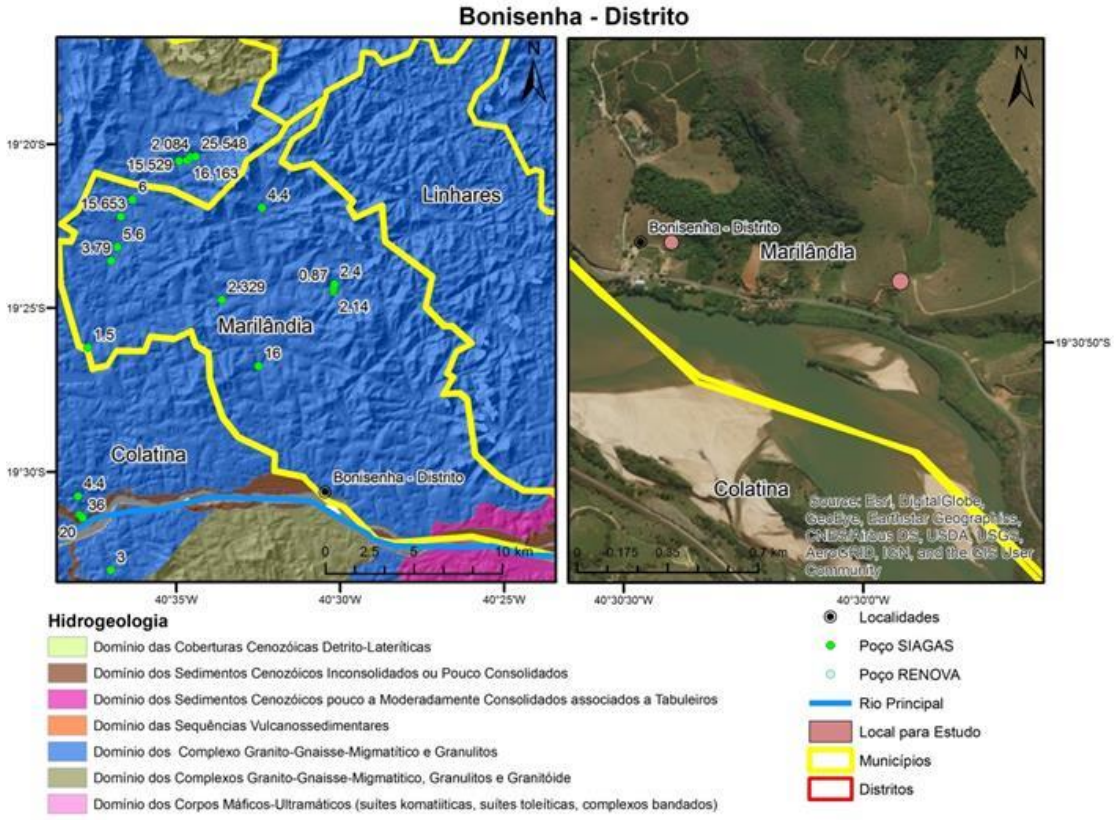


Figura 192. Hidrogeologia e local de investigação e perfuração de poço na localidade de Boninsegna, em Marilândia

Apêndice M. Análise sobre as Notas Técnicas de Regionalização de Vazão do estado do Espírito Santo

Antecedentes

Durante reunião do projeto foi solicitado a avaliação dos estudos de regionalização do Espírito Santo. Para esta análise foram enviadas as notas técnicas correspondentes.

Análise foi realizada sobre os resultados das bacias do rio Doce no Espírito Santo. São as regiões B1 e A1 apresentada na nota técnica 7/2013.

REGIÃO A1

As equações da vazão média e Q_{90} para esta região são

$$Q_m\ (l/s) = 6{,}651\ .\ A\ (km^2) \quad (37)$$

$$Q_{90}\ (l/s) = 2{,}2105\ .\ A\ (km^2) \quad (38)$$

A primeira impressão obtida destas equações é que a vazão média está subestimada, porque representa uma vazão específica muito baixa. Na nota técnica 3/2011 são apresentadas as precipitações que nesta região variam da ordem de 1000 a 1200 mm. Neste sentido a vazão específica da equação da vazão média (Q/A) é 6,651. Usando um multiplicador de 31,536 (conversor de unidades) e obtém-se a vazão de 209,5 mm e coeficiente de escoamento da ordem de 0,2. Este valor é baixo. Espera-se que uma região com 1000 a 1200 mm tenha um coeficiente de escoamento entre 0,25 e 0,45 e uma vazão específica próximo de 12 a 16 L/s/km^2. O coeficiente 0,2 é pouco superior a uma região de transição entre o úmido e semiárido que tende a ter 0,16 de coeficiente de escoamento.

No estudo desenvolvido neste estudo a região A1 e B1 ficaram na região Leste. Os resultados da regionalização mostraram uma regressão com coeficiente de correlação de 0,98 para a vazão média e 0,96 (a equação representa 98% e 96% da variância dos valores observados) para o Q_{90} e foram obtidas as equações abaixo.

$$Q_m = 14{,}4\ .\ A^{0{,}9845} \quad (39)$$

$$Q_{90} = 3{,}4\ .\ A^{1{,}0288} \quad (40)$$

Estas equações foram obtidas com 48 postos (grau de liberdade de 46) com a distribuição de frequências de postos como mostra a Figura 193. Pode-se observar que a menor área é de 162 km^2 e maior acima de 40.000 km^2. A maioria dos postos está entre 1000 e 2000 km^2.

Analisando as equações acima e como os expoentes são próximos de 1 pode-se usar somente os coeficientes e a vazão específica é da ordem de 14 L/s/km^2. Este coeficiente representa um coeficiente de escoamento da ordem de 0,39 a 0,45. A relação Q_{90}/Q_m é aproximadamente 0,24 (varia com a área).

Como não temos os elementos que permitiram gerar as equações da região usados nas notas técnicas não temos como fazer uma comparação adequada, mas existe a possibilidade de os valores estarem subestimados. A nota técnica não menciona as variáveis estatísticas fundamentais para avaliar estatisticamente o ajuste das equações que são o coeficiente de determinação e o grau de liberdade dos dados usados.

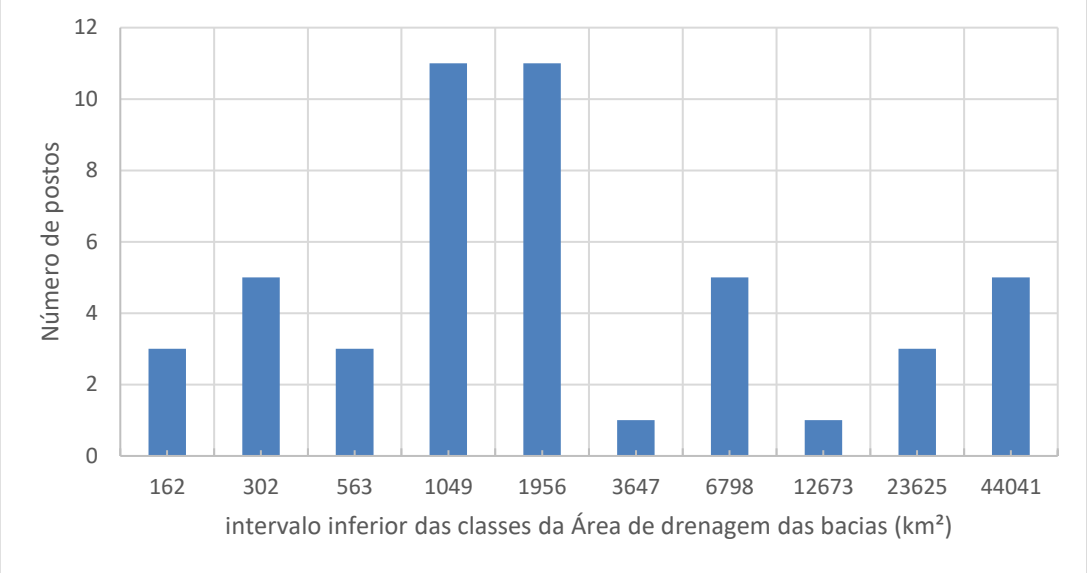


Figura 193. Distribuição dos postos usadas na regionalização.

Região B1

As equações apresentadas na nota técnica sobre esta região são as seguintes:

$$Q_m = 8{,}6933 \cdot 10^{-3} \cdot A^{0{,}7865} \cdot P^{1{,}2268} \quad (41)$$

$$Q_{90} = 0{,}19 \cdot Q_m \quad (42)$$

Quando os valores ficam irreais com coeficiente de escoamento acima de 0,6 é usada uma equação alternativa que foi imposta. Não se deve usar este tipo de resultado, pois perde-se totalmente a noção dos resultados. A nota técnica n.3/2011 mostra resultados incoerentes para outras regiões, quando a equação determina valores que resultam em coeficientes de escoamento maiores que 0,6 e mesmo maiores que 1 que não são reais. Numa bacia rural em regiões úmidas brasileiras os coeficientes de escoamento chegam até a 0,45. Acima deste valor deve-se esperar algum problema nos dados. Portanto, estas equações deveriam ser revisadas e evitar o uso das mesmas.

A busca de determinação de vazão em bacias menores (< 20 km^2) não devem usar regionalização devido aos erros de estrapolação. Para o restante deve-se procurar analisar a extrapolação da regionalização e usar equações com o menor número de termos explicativos possíveis e aumentar o grau de liberdade para se obter representatividade. Evitar o uso de um grau de liberdade inferior a 10. O grau de liberdade é N-P-1 (N = número de postos, número de parâmetros na equação P). Numa região com 3 postos a amostra da regressão é 0, ou seja, sem informações.

As estimativas de valores de equações empíricas fora da faixa dos postos usados no ajuste apresenta muitas incertezas, e mesmo dentro destes, quando a regressão possui vícios de origem, como correlação espúria e baixo grau de liberdade. Este último ocorre com frequência em hidrologia, quando prefere-se se subdividir em muitas regiões com poucos postos. As regressões tornam-se irreais, principalmente quando não existe uma boa triagem inicial nos dados.

Nas equações acima verifica-se que para uma área de 1000 km^2 a vazão específica é da ordem de 10 L/s/km^2 para uma precipitação de 1000 mm. Este valor aumenta para áreas maiores e precipitações maiores chegando mais próximo das equações usadas neste estudo. Desconhece-se como foram obtidas estas equações com dois parâmetros e qual o número de postos usados, se foram analisados quanto a consistência das vazões e o número de anos de dados. Estes fatores afetam os resultados finais.

Conclusões

Nesta análise dos estudos de regionalização do Espírito Santo na bacia do Doce não foi possível fazer uma análise completa porque não se dispunha do estudo que gerou as equações obtidas, mas observa-se que as mesmas podem estar subestimando as vazões no caso da região A1 e na região B1 observa-se inconsistências nas extrapolações.