



**PROPOSTA DE PROGRAMA DE  
GERENCIAMENTO DE ÁGUAS  
SUPERFICIAIS E SUBTERRÂNEAS,  
MONITORAMENTO DE CORPOS  
HÍDRICOS E DE QUALIDADE  
AMBIENTAL POR BIOINDICADORES  
(CONDICIONANTES 2.5.8, 2.5.9 E  
2.5.11) DA UTE CANDIOTA III**

**Abril de 2026**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de localização da UTE Candiota .....	10
Figura 2- Modelo conceitual do monitoramento do ambiente aquático na área de influência da UTE Candiota III .....	17
Figura 3 - Mapa de pontos de monitoramento de qualidade da água.....	21
Figura 4 -Direção do fluxo subterrâneo e potenciais fontes de contaminação.....	38
Figura 5 -Direção do fluxo subterrâneo e potenciais fontes de contaminação, com sobreposição no empreendimento .....	39
Figura 6 - Mapa de pontos de monitoramento da herpetofauna .....	103
Figura 7 – Mapa Biomonitoramento passivo do ar .....	114
Figura 8 – <i>Parmotrema tinctorum</i> .....	115
Figura 9 – <i>Ramalina celastri</i> . .....	115

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Pontos de monitoramento da qualidade das águas superficiais, coordenada e identificação dos pontos de amostragem a serem monitorados para a área de influência da Usina Termelétrica Candiota III.....	19
Tabela 2- Parâmetros avaliados, unidades de medida e métodos utilizados no monitoramento da qualidade da água da área de influência da UTE Candiota III.....	22
Tabela 3 - Matriz de Avaliação Integrada subprograma de monitoramento da qualidade da água superficial.....	29
Tabela 4- Cronograma de Execução do Programa de Gerenciamento de Águas Superficiais .....	30
Tabela 5- Características dos piezômetros de monitoramento da UTE Candiota.....	35
Tabela 6 - Escopo Amostral para o programa de qualidade das águas subterrâneas a ser executado na área de influência direta da UTE Candiota III.....	44
Tabela 7- Síntese dos indicadores adotados no Programa de Monitoramento da Qualidade da Água Subterrânea da UTE Candiota III.....	48
Tabela 8- Classificação hidrogeológica dos piezômetros da rede de monitoramento da UTE Candiota III. ....	51
Tabela 9 -Classificação hidrogeológica dos poços de monitoramento da UTE Candiota III para fins de interpretação espacial da qualidade da água subterrânea.....	53
Tabela 10- Matriz de Avaliação Integrada programa de monitoramento da qualidade da água subterrânea. ....	62
Tabela 11- Cronograma de Execução do Programa de Gerenciamento de Águas Subterrâneas .....	66
Tabela 12 – Pontos de monitoramento da qualidade das águas superficiais, coordenada e identificação dos pontos de amostragem a serem monitorados para a área de influência da Usina Termelétrica Candiota III.....	70
Tabela 13- Escopo analítico para os sedimentos dos arroios da área e influência da UTE Candiota III. ....	71
Tabela 14- Matriz de Avaliação Integrada subprograma de monitoramento dos sedimentos. ....	79
Tabela 15- Cronograma de Execução do Subprograma de Monitoramento de Sedimentos	83
Tabela 16- Matriz de Avaliação Integrada subprograma de monitoramento de bioindicadores ambientais aquáticos (fitoplâncton, zooplâncton, perifíton e macroinvertebrados) .....	93
Tabela 17- Cronograma de Execução do Subprograma de Bioindicadores Ambientais Aquáticos.....	95

Tabela 18 – Espécies da herpetofauna com ocorrência confirmada na área de influência da UTE Candiota III. .... 100

Tabela 19- Coordenadas das estações amostrais (EA) para amostragem do monitoramento da Herpetofauna da UTE Candiota III. .... 102

Tabela 20 - Matriz de Avaliação Integrada do subprograma de monitoramento da herpetofauna. .... 110

Tabela 21 – Unidades amostrais do biomonitoramento da qualidade do ar. .... 113

Tabela 22 – Matriz de avaliação integrada do subprograma bioindicadores da qualidade do ar. .... 120

## SUMÁRIO

<b>1 EQUIPE TÉCNICA</b> .....	<b>6</b>
1.1 RESPONSABILIDADE PELA EXECUÇÃO DOS PROGRAMAS AMBIENTAIS ...	6
<b>2 APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA UTE CANDIOTA III</b> .....	<b>8</b>
<b>3 OBJETIVO</b> .....	<b>11</b>
<b>4 REFERENCIAL LEGAL E NORMATIVO</b> .....	<b>12</b>
<b>5 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO AMBIENTE AQUÁTICO</b> .....	<b>14</b>
5.1 JUSTIFICATIVA .....	14
5.2 OBJETIVO GERAL .....	15
<b>5.2.1 Objetivos específicos</b> .....	<b>15</b>
5.3 ÁREA DE ABRANGÊNCIA.....	15
5.4 ESTRUTURA DO MONITORAMENTO DO AMBIENTE AQUÁTICO.....	16
5.5 SUBPROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS .....	17
<b>5.5.1 Justificativa</b> .....	<b>17</b>
<b>5.5.2 Objetivo</b> .....	<b>18</b>
<b>5.5.3 Rede de Monitoramento</b> .....	<b>19</b>
<b>5.5.4 Materiais e métodos</b> .....	<b>22</b>
5.6 PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS .....	31
<b>5.6.1 Justificativa</b> .....	<b>31</b>
<b>5.6.2 Objetivo Geral</b> .....	<b>33</b>
<b>5.6.3 Rede de Monitoramento</b> .....	<b>34</b>
<b>5.6.4 Materiais e Métodos</b> .....	<b>40</b>
5.7 SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO DOS SEDIMENTOS.....	67
<b>5.7.1 Justificativa</b> .....	<b>67</b>
<b>5.7.2 Objetivo</b> .....	<b>67</b>
<b>5.7.3 Rede de monitoramento</b> .....	<b>68</b>
<b>5.7.4 Materiais e Métodos</b> .....	<b>70</b>
5.8 SUBPROGRAMA DE BIOINDICADORES AMBIENTAIS AQUÁTICOS (FITOPLANCTON, ZOOPLANCTON, PERIFITON E MACROINVERTEBRADOS) ..	83
<b>5.8.1 Justificativa</b> .....	<b>83</b>
<b>5.8.2 Objetivo</b> .....	<b>84</b>
<b>5.8.3 Rede de monitoramento</b> .....	<b>85</b>
<b>5.8.4 Grupos Biológicos monitorados</b> .....	<b>86</b>

<b>5.8.5</b>	<b>Frequência de monitoramento .....</b>	<b>87</b>
<b>5.8.6</b>	<b>Materiais e Métodos .....</b>	<b>87</b>
<b>5.8.7</b>	<b>Cronograma .....</b>	<b>95</b>
<b>5.9</b>	<b>MONITORAMENTO DA ICTIOFAUNA.....</b>	<b>96</b>
<b>6</b>	<b>PROGRAMA DE MONITORAMENTO PARA O AMBIENTE TERRESTRE.....</b>	<b>98</b>
<b>6.1</b>	<b>MONITORAMENTO DA AVIFAUNA .....</b>	<b>98</b>
<b>6.2</b>	<b>MONITORAMENTO DA HERPETOFAUNA.....</b>	<b>99</b>
<b>6.2.1</b>	<b>Justificativa.....</b>	<b>99</b>
<b>6.2.2</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>101</b>
<b>6.2.3</b>	<b>Rede de Monitoramento.....</b>	<b>102</b>
<b>6.2.4</b>	<b>Metodologia .....</b>	<b>104</b>
<b>6.3</b>	<b>BIOMONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO CAMPESTRE.....</b>	<b>111</b>
<b>6.4</b>	<b>BIOINDICADORES DA QUALIDADE DO AR .....</b>	<b>111</b>
<b>6.4.1</b>	<b>Justificativa.....</b>	<b>111</b>
<b>6.4.2</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>112</b>
<b>6.4.3</b>	<b>Rede de Monitoramento.....</b>	<b>113</b>
<b>6.4.4</b>	<b>Metodologia .....</b>	<b>115</b>
<b>6.5</b>	<b>MONITORAMENTO DA ATIVIDADE PECUÁRIA .....</b>	<b>121</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>123</b>

## 1 EQUIPE TÉCNICA

Identificação	Formação Profissional	Responsabilidade	Assinatura
<b>Oswaldo Onghero Jr.</b> CRBIO 53504-03 e 01 CTF IBAMA 3520389	Especialista em Gestão Ambiental; Biólogo.	Coordenador técnico geral	
<b>Jerri Andre Berto</b> CRBIO 063781-03 e 01 CTF IBAMA 4551016	Mestre em Ciências Ambientais; Biólogo.	Biomonitoramento do ambiente aquático	
<b>Frederico Machado Urbim</b> CRBIO 88043-03 CTF IBAMA 5464291	Mestre em Ecologia; Biólogo.	Biomonitoramento do ambiente aquático	
<b>Máira Aparecida Dalavequia</b> CRBIO: 25755-03 CTF 2327863	Mestre em Engenharia Ambiental, Biólogo.	Biomonitoramento do ambiente aquático	
<b>Rodrigo Benedet</b> CRBIO 58387-03 CTF: 759482	Biólogo.	Campo	
<b>Marcelo Malysz</b> CRBIO 118758-03	Mestre em Ecologia e Doutor em Botânica; Biólogo.	Biomonitoramento da flora	
<b>João Carlos Marocco</b> CRBio 069945/03 CTF 4976706	Biólogo	Biomonitoramento da fauna terrestre	
<b>Julia Wahrlich</b> CREA/SC 186753-5 CTF IBAMA 8099253	Mestre em Ciências Ambientais; Engenheira Ambiental.	Geoprocessamento	
<b>Luciano Caramori</b> CRMV: SC-04377-VP	Médico Veterinário	Biomonitoramento da Pecuária	-

### 1.1 RESPONSABILIDADE PELA EXECUÇÃO DOS PROGRAMAS AMBIENTAIS

A execução do Programa de Gerenciamento de Águas Superficiais, do Programa de Gerenciamento de Águas Subterrâneas, do Programa de Monitoramento de Corpos Hídricos e do Programa de Monitoramento da Qualidade Ambiental por

Bioindicadores é de responsabilidade da J&F, na condição de responsável pelo empreendimento, sendo a execução técnica das atividades de campo, análises, interpretação dos dados e elaboração dos relatórios conduzida pela empresa Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente.

A equipe técnica apresentada no item anterior é responsável pela condução dos trabalhos de monitoramento ambiental, incluindo planejamento amostral, execução das campanhas de campo, análise integrada dos resultados e atendimento às condicionantes estabelecidas no âmbito do licenciamento e fiscalização ambiental federal.

A atuação conjunta entre o empreendedor e a equipe técnica executora visa garantir a adequada implementação dos programas ambientais, a confiabilidade dos dados gerados e o atendimento às exigências dos órgãos ambientais competentes, em especial às diretrizes estabelecidas pelo IBAMA.

## 2 APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA UTE CANDIOTA III

O município de Candiota está situado na Metade Sul do Estado do Rio Grande do Sul, estando a 387 km da Capital do Estado. No cenário turístico, o município integra-se a Região Turística denominada “Pampa Gaúcho”, a qual todos os elementos que estão no imaginário do turista a respeito do Rio Grande do Sul e ao gaúcho estão presentes (indumentária, danças, lidas campeiras, gastronomia e a própria figura do gaúcho), o que remete ao turismo cultural e histórico.

No campo, o destaque fica por conta da criação de gado leiteiro e a ovinocultura. A agricultura ganha força com o desenvolvimento da orizicultura e da fruticultura. Candiota também é reconhecida nacionalmente pela produção de sementes olerícolas e agroecológicas, e começa a se destacar com a produção de soja, onde grandes áreas de campos nativos vêm sendo transformados para cultivo deste grão. Ademais, em alguns trechos os campos nativos foram convertidos em áreas de silvicultura, porém, ainda em escala significativamente inferior a expansão da soja para a região.

Candiota apresenta em seu território o único Bioma restrito a um Estado Brasileiro, o Rio Grande do Sul, o Bioma Pampa. Ecologicamente, esse bioma é caracterizado por uma vegetação composta por gramíneas, plantas rasteiras e algumas árvores e arbustos encontrados próximos a cursos d’água, que não são abundantes. Com um subsolo rico em carvão e calcário, o município representa um centro de geração de energia termelétrica e produção de cimento pozolânico, o que permite atividades relacionadas ao turismo pedagógico e turismo técnico-científico.

Considerando a atividade de geração energética, destaca-se a Usina Termelétrica Presidente Médici (UTE Presidente Médici), onde atualmente se encontra operando apenas sua fase C, a qual está nomeada como Usina Termelétrica Candiota III, desempenhando um papel importante no cenário energético do país.

A construção da UTE Presidente Médici teve início na década de 1970, em um período em que o Brasil buscava expandir sua capacidade de geração de energia. A usina foi inaugurada em 1973 e foi uma das primeiras grandes usinas a utilizar carvão mineral como fonte de energia no país, contribuindo para diversificar a matriz energética brasileira.

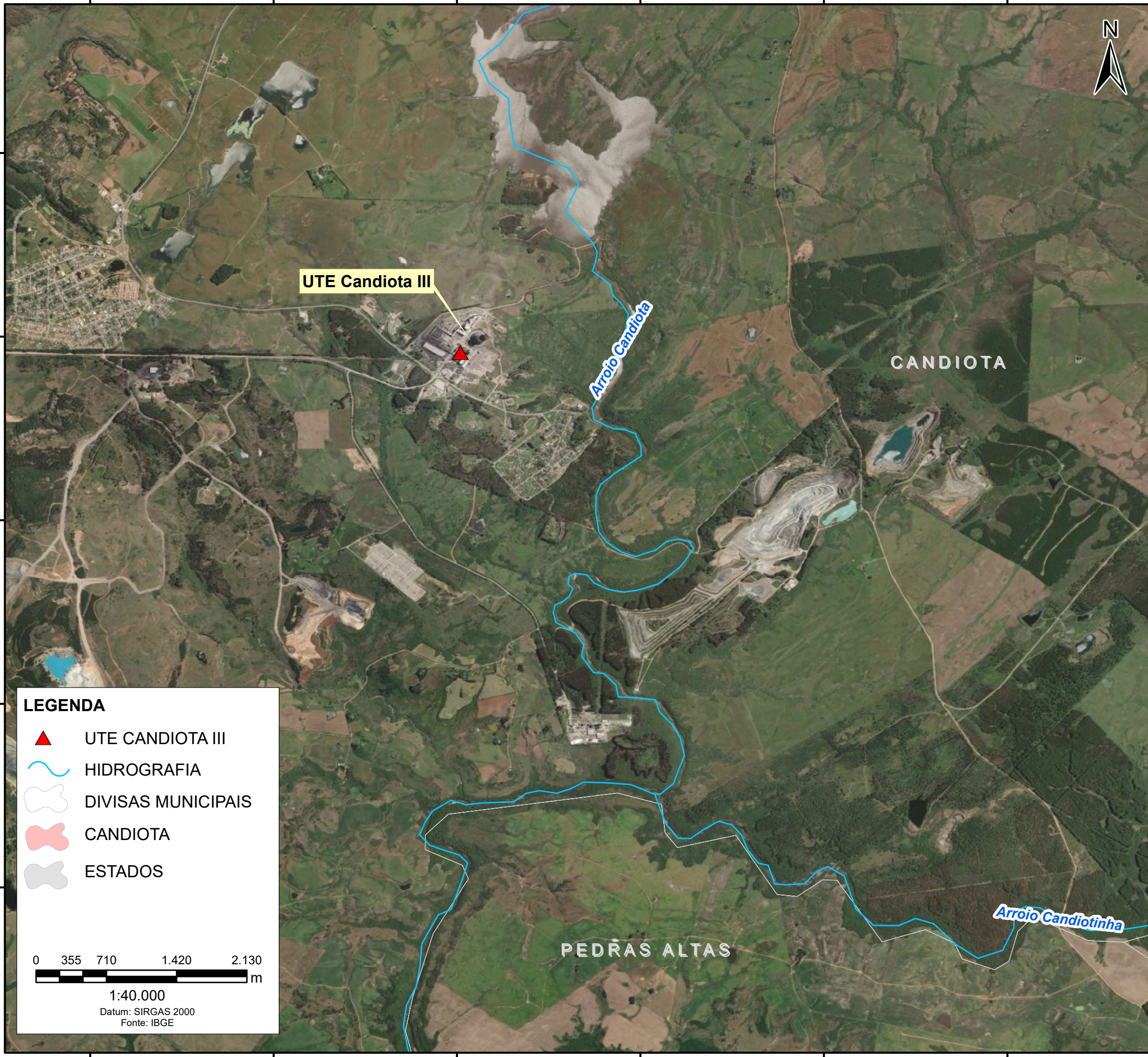
Desde sua inauguração, a UTE Presidente Médici passou por diversas etapas de operação e expansão. A usina inicialmente teve uma capacidade instalada de 210 MW, mas ao longo dos anos, foram realizadas ampliações e modernizações que aumentaram sua eficiência. Com o tempo, a usina se tornou uma das principais fontes de energia da região sul do Brasil.

A utilização do carvão mineral, abundante na região de Candiota, destacou a UTE Presidente Médici como uma referência na geração de energia a partir de recursos locais. Essa característica, no entanto, trouxe também desafios em termos ambientais, levando à necessidade de implementar práticas de controle e mitigação. Na sequência é apresentada imagem com a localização da UTE Candiota III, em que a fase C é atualmente a única fase em operação.

# MAPA DE LOCALIZAÇÃO - UTE CANDIOTA III

53°43'0"W    53°42'0"W    53°41'0"W    53°40'0"W    53°39'0"W    53°38'0"W

31°32'0"S  
31°33'0"S  
31°34'0"S  
31°35'0"S  
31°36'0"S



**LEGENDA**

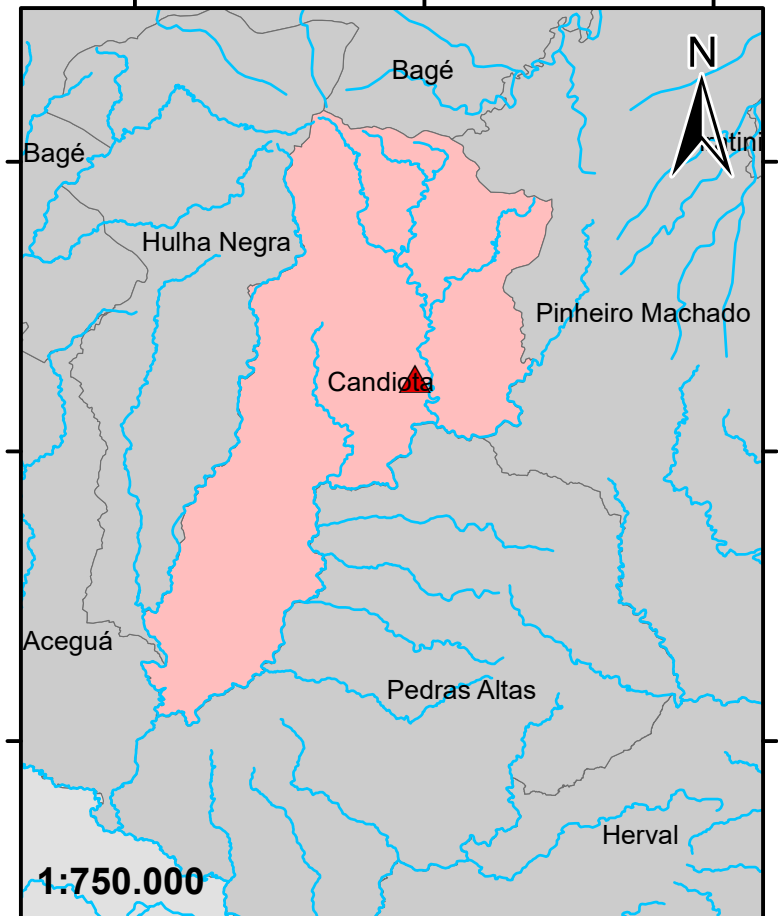
- UTE CANDIOTA III
- HIDROGRAFIA
- DIVISAS MUNICIPAIS
- CANDIOTA
- ESTADOS

0    355    710    1.420    2.130  
m

1:40.000  
Datum: SIRGAS 2000  
Fonte: IBGE

53°56'0"W    53°40'30"W    53°25'0"W

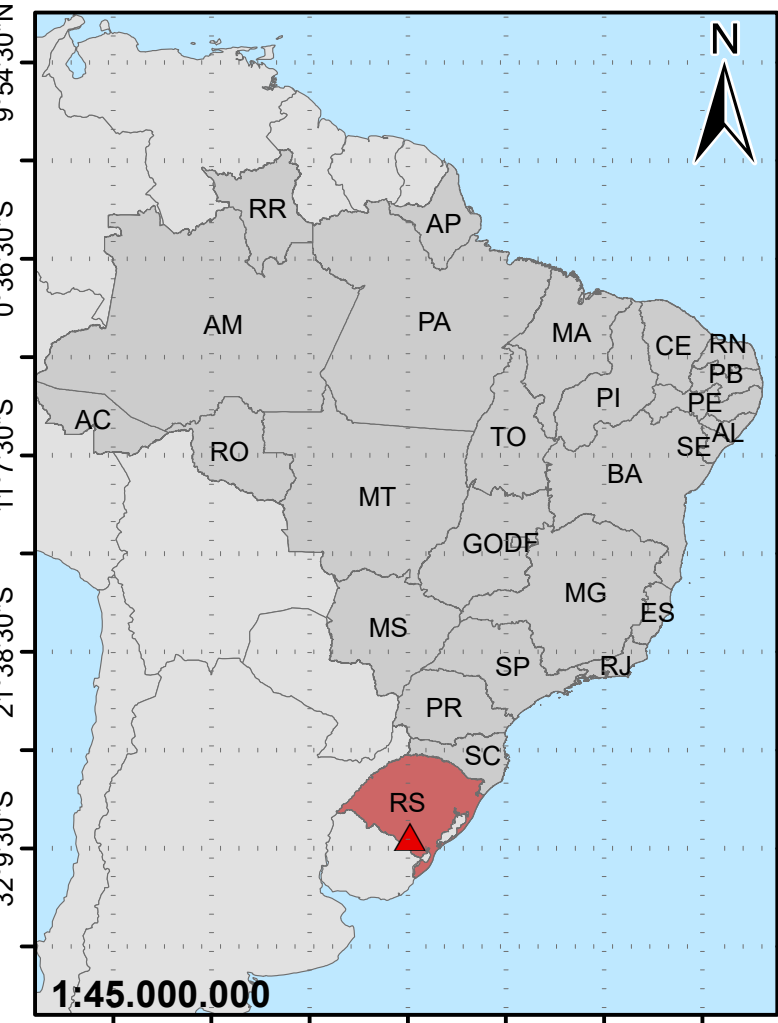
31°21'30"S  
31°37'0"S  
31°52'30"S



1:750.000

69°34'30"W    59°3'30"W    48°32'30"W    38°1'30"W

9°54'30"N  
0°36'30"S  
11°7'30"S  
21°38'30"S  
32°9'30"S



1:45.000.000

### 3 OBJETIVO

O objetivo do presente Plano de Trabalho apresenta as diretrizes para a execução das atividades de campo e elaboração dos relatórios técnicos, a fim de atender o Programa de Monitoramento de Bioindicadores Ambientais Aquáticos e Terrestres, Águas Superficiais e Subterrâneas na região de influência da Usina Termelétrica Candiota III, Rio Grande do Sul, conforme determinação da Licença de Operação nº 991/2010 – 1ª Renovação, e Parecer Técnico nº 98/2025-Coert/CGTef/Dilic.

Adicionalmente, o plano tem como objetivo avaliar os impactos ambientais nos ambientes aquático e terrestre, considerando a influência integrada dos diferentes usos da Bacia Hidrográfica do Arroio Candiota, incluindo atividades agrícolas, pecuárias, minerárias, industriais, disposição de resíduos e processos de urbanização, bem como a interferência da operação da UTE Candiota III – Fase C sobre os compartimentos ambientais e indicadores monitorados.

O programa visa ainda manter atualizado um banco de dados técnico e sistematizado, contendo informações relevantes ao gerenciamento dos recursos hídricos e ambientais da área de estudo, de modo a subsidiar a identificação de alterações ambientais, a avaliação de tendências espaciais e temporais e a proposição de medidas de mitigação, controle e, quando aplicável, remediação de impactos identificados.

#### 4 REFERENCIAL LEGAL E NORMATIVO

A execução dos programas de monitoramento ambiental propostos para a UTE Candiota III está fundamentada em um conjunto de instrumentos legais, normativos e técnicos que orientam a avaliação da qualidade ambiental e a gestão de impactos associados às atividades do empreendimento.

No âmbito do licenciamento ambiental federal, destaca-se a Portaria nº 1.729, de 28 de julho de 2020, que aprova a estrutura do Plano de Gestão Ambiental do Licenciamento Ambiental Federal (LAF), estabelecendo diretrizes para a organização, execução e avaliação dos programas ambientais, incluindo a necessidade de definição de objetivos, indicadores, metas, critérios de avaliação e mecanismos de resposta.

Adicionalmente, o programa observa as seguintes normas e instrumentos legais aplicáveis:

- Resolução CONAMA nº 357/2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece os padrões de qualidade da água;
- Resolução CONAMA nº 430/2011, que complementa e dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes;
- Resolução CONAMA nº 396/2008, que trata da classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas;
- Portaria GM/MS nº 888/2021, que estabelece os padrões de potabilidade da água para consumo humano (quando aplicável);
- Diretrizes técnicas da FEPAM, especialmente a Diretriz Técnica nº 04/2021, referente à avaliação e monitoramento de águas subterrâneas;

No âmbito técnico-metodológico, são adotadas as seguintes referências:

- Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (ANA; CETESB, 2011);
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA, WEF);
- Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) aplicáveis, incluindo aquelas relacionadas à amostragem e ensaios ecotoxicológicos;

- Métodos da United States Environmental Protection Agency (USEPA), quando pertinentes.

O conjunto desses instrumentos assegura que o programa de monitoramento esteja alinhado às exigências legais vigentes, garantindo a rastreabilidade, a confiabilidade dos dados obtidos e a adequada interpretação dos resultados no contexto do licenciamento ambiental federal.

Este referencial também orienta a definição das matrizes de avaliação, critérios de interpretação e ações de resposta adotadas nos subprogramas.

## 5 PROGRAMA DE MONITORAMENTO DO AMBIENTE AQUÁTICO

### 5.1 JUSTIFICATIVA

A operação da Usina Termelétrica de Candiota ocorre em uma região com intensa interação entre atividades industriais, mineração de carvão e usos múltiplos dos recursos hídricos. Nesse contexto, o acompanhamento sistemático das condições ambientais dos corpos hídricos superficiais e subterrâneos constitui instrumento fundamental para avaliar possíveis alterações associadas às atividades do empreendimento.

O monitoramento ambiental permite identificar tendências temporais na qualidade da água, detectar eventuais processos de contaminação ou alteração ecológica e avaliar respostas das comunidades biológicas aquáticas às condições ambientais observadas.

A estrutura do programa foi concebida de forma a permitir a avaliação integrada de diferentes compartimentos do ecossistema aquático, incluindo água superficial, água subterrânea, sedimentos e comunidades biológicas, possibilitando a identificação de alterações ambientais e subsidiando a gestão ambiental do empreendimento.

Este monitoramento terá o objetivo de caracterizar a qualidade da água da área de influência da UTE Candiota III, através da utilização de índices de qualidade ambiental, buscando-se identificar possíveis fontes antrópicas de poluição espaço temporalmente, identificando possíveis padrões ecológicos.

Adicionalmente, os pareceres técnicos do IBAMA (SEI-23994342, N° 98 e SEI-16779174, N° 130) apontaram a necessidade de revisão da abordagem atualmente adotada no programa de monitoramento, de modo a garantir que os dados obtidos permitam efetivamente avaliar impactos ambientais decorrentes da operação da usina, por meio de análises integradas espaciais e temporais e da adequada interpretação dos resultados à luz da legislação ambiental vigente, assim esta atualização do programa atende esta solicitação.

## 5.2 OBJETIVO GERAL

Monitorar de forma contínua as condições ambientais dos ecossistemas aquáticos localizados na área de influência da UTE Candiota, permitindo avaliar possíveis alterações associadas à implantação e operação do empreendimento.

### 5.2.1 Objetivos específicos

- ⇒ Monitorar parâmetros físico-químicos e microbiológicos da água superficial.
- ⇒ Avaliar a qualidade das águas subterrâneas.
- ⇒ Monitorar a qualidade dos sedimentos.
- ⇒ Avaliar a estrutura das comunidades biológicas aquáticas.
- ⇒ Identificar tendências espaciais e temporais na qualidade ambiental.
- ⇒ Integrar os resultados obtidos entre os diferentes compartimentos ambientais monitorados.
- ⇒ Avaliar a ocorrência de alterações ambientais associadas às atividades do empreendimento, considerando a influência dos diferentes usos da bacia hidrográfica e a operação da UTE Candiota III.
- ⇒ Estruturar e manter atualizado um banco de dados técnico sistematizado, contemplando os resultados das campanhas de monitoramento e informações ambientais associadas.
- ⇒ Subsidiar a gestão ambiental do empreendimento, por meio da interpretação integrada dos dados, apoiando a identificação de impactos ambientais e a proposição de medidas de mitigação, controle, redução ou remediação, quando aplicável.

## 5.3 ÁREA DE ABRANGÊNCIA

O programa abrange os corpos hídricos localizados na área de influência direta e indireta da UTE Candiota, incluindo:

- ⇒ Cursos d'água superficiais;
- ⇒ Ambientes aquáticos localizados a montante do empreendimento;
- ⇒ Áreas potencialmente influenciadas pela operação da usina;

- ⇒ Áreas localizadas a jusante;
- ⇒ Poços piezométricos de monitoramento destinados à avaliação da qualidade da água subterrânea.

Os pontos de monitoramento são distribuídos de modo a permitir comparações espaciais entre áreas de referência e áreas potencialmente influenciadas pelas atividades do empreendimento.

#### 5.4 ESTRUTURA DO MONITORAMENTO DO AMBIENTE AQUÁTICO

O Programa de Monitoramento do Ambiente Aquático é composto pelos seguintes programas e subprogramas:

1. Programa de Gerenciamento de Águas Superficiais
  - ⇒ Subprograma de Monitoramento do Perifíton
  - ⇒ Subprograma de Monitoramento do Fitoplâncton
  - ⇒ Subprograma de Monitoramento do Zooplâncton
  - ⇒ Subprograma de Monitoramento de Sedimentos
  - ⇒ Subprograma de Monitoramento de Macroinvertebrados Bentônicos
  - ⇒ Subprograma de Monitoramento da Ictiofauna
2. Programa de Gerenciamento de Águas Subterrâneas

Essa abordagem permite avaliar diferentes níveis de organização ecológica e ampliar a capacidade de detecção de alterações ambientais.

Figura 2- Modelo conceitual do monitoramento do ambiente aquático na área de influência da UTE Candiota III



Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2026.

## 5.5 SUBPROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

### 5.5.1 Justificativa

O monitoramento da qualidade das águas superficiais constitui ferramenta essencial para a avaliação da integridade ambiental de sistemas fluviais sujeitos a pressões antrópicas, permitindo identificar alterações na composição físico-química, microbiológica e biológica dos corpos hídricos ao longo do tempo e do espaço.

No contexto da UTE Candiota III, o monitoramento das águas superficiais assume papel estratégico na avaliação dos possíveis efeitos decorrentes da operação da usina sobre o sistema hídrico da bacia do Arroio Candiota, especialmente em relação ao lançamento de efluentes tratados, à drenagem superficial da área industrial, ao transporte de partículas associadas à combustão do carvão mineral e à dinâmica hidrossedimentológica regional.

Os pareceres técnicos do IBAMA (SEI nº 23994342 – Parecer Técnico nº 98 e SEI nº 16779174 – Parecer Técnico nº 130) destacam a necessidade de que o

monitoramento seja capaz de avaliar de forma objetiva os possíveis impactos da atividade licenciada, mediante análise integrada dos dados obtidos nas campanhas de monitoramento, comparações espaciais entre pontos de referência, pontos de controle e pontos potencialmente impactados, bem como a avaliação da evolução temporal dos parâmetros monitorados.

Dessa forma, o subprograma foi estruturado de modo a permitir a identificação de alterações na qualidade da água associadas à operação da UTE Candiota III, distinguindo-as das variações naturais da bacia hidrográfica e das influências decorrentes de outras atividades antrópicas presentes na região, como mineração de carvão, agricultura, silvicultura e ocupação urbana.

### 5.5.2 Objetivo

Monitorar a qualidade das águas superficiais na área de influência da UTE Candiota III, avaliando possíveis alterações decorrentes das atividades do empreendimento e subsidiando a adoção de medidas de gestão ambiental.

#### 5.5.2.1 Objetivos Específicos

- ⇒ Avaliar a qualidade físico-química e microbiológica das águas superficiais;
- ⇒ Identificar variações espaciais e temporais na qualidade da água;
- ⇒ Comparar a qualidade da água em pontos localizados a montante e a jusante das áreas potencialmente influenciadas pelo empreendimento;
- ⇒ Avaliar a contribuição potencial das atividades da usina para alterações na qualidade da água;
- ⇒ Verificar o atendimento aos padrões estabelecidos na Resolução CONAMA nº 357/2005 para rios de classe II;
- ⇒ Avaliar a capacidade de assimilação e autodepuração dos corpos hídricos receptores de efluentes;
- ⇒ Identificar tendências temporais associadas à operação do empreendimento.

### 5.5.3 Rede de Monitoramento

O monitoramento das águas superficiais será realizado em pontos estratégicos distribuídos ao longo do sistema hídrico da área de influência da UTE Candiota III, contemplando trechos de montante, áreas potencialmente influenciadas pelo lançamento de efluentes e trechos de jusante. A interpretação ambiental dos dados considera o seguinte agrupamento de pontos:

- ⇒ Pontos de referência de montante: P1 e P2 (Arroio Candiota)
- ⇒ Pontos de Influência da UTE Candiota de Jusante: P4 e P9 (Arroio Candiota) e P8 – arroio sem nome associado ao lançamento de efluentes da usina
- ⇒ Área de integração dos impactos regionais de jusante: P5 e P7 – Arroio Candiota

Esse arranjo espacial permite avaliar a contribuição relativa das diferentes fontes potenciais de impacto na bacia hidrográfica, conforme apresentado na tabela e mapa a seguir.

Tabela 1 – Pontos de monitoramento da qualidade das águas superficiais, coordenada e identificação dos pontos de amostragem a serem monitorados para a área de influência da Usina Termelétrica Candiota III.

Pontos	Arroio	Coordenadas UTM 22J		Identificação do ponto amostral
		N	E	
P1	Candiota	6518528,00	243952,00	Ponto à montante da BR 293
P2	Candiota	6504315,25	247303,14	Ponto à jusante da Barragem I
P4	Candiota	6503415,00	246365,00	Ponto de jusante a área de lançamento dos efluentes da Usina UTE Candiota, avalia a capacidade de diluição do efluente e de autodepuração do arroio Candiota,
P5	Candiota	6495108,00	240637,00	Ponto de jusante, permite avaliar a carga poluente das atividades minerárias e agrícolas;
P7	Candiota	6474399,00	229614,00	Ponto de jusante, localizado após a foz do Arroio Poacá e de todas as fontes consideradas potencialmente geradoras de impactos ambientais
P8	Arroio sem nome	6504253,00	245253,16	Ponto de lançamento do efluente tratado da termelétrica
P9	Candiota	6498409,48 7	244763,5	Ponto de jusante da P4 e após a foz tributário arroio Poacá. Permite avaliar a capacidade de diluição dos efluentes da UTE Candiota e de autodepuração do arroio Candiota,

Fonte: Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2026.

De forma complementar à definição da rede de monitoramento, o subprograma contempla a execução de campanhas sistemáticas de amostragem, realizadas com periodicidade semestral, contemplando períodos representativos de condições

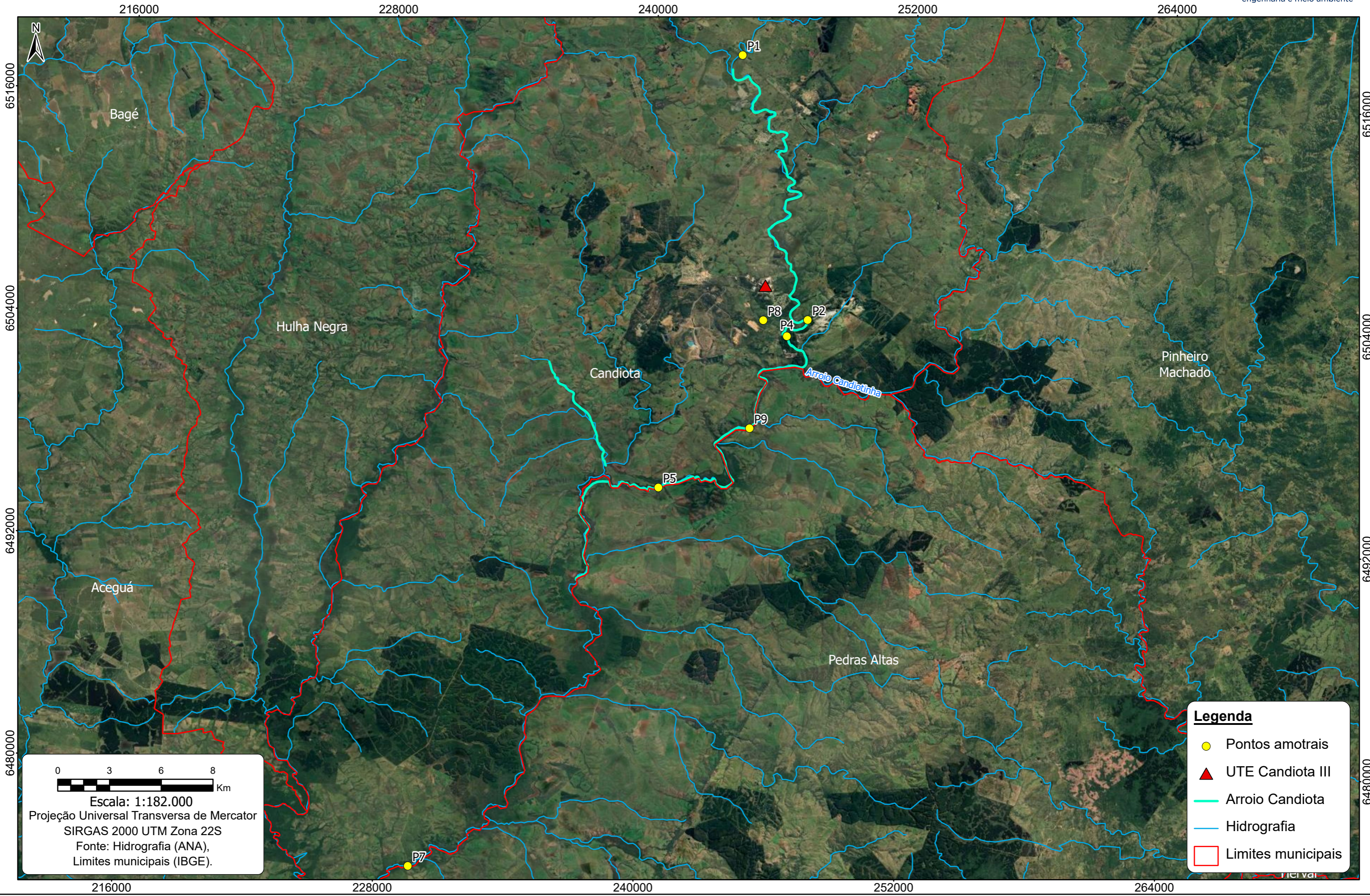
sazonais distintas (período quente e período frio), de modo a captar a variabilidade ambiental do sistema hídrico.

As atividades de campo envolvem a coleta de amostras de água superficial, medições in situ de parâmetros físico-químicos, bem como o registro de observações ambientais relevantes, incluindo características hidrológicas, condições climáticas e potenciais fontes de influência antrópica. As amostras coletadas são devidamente acondicionadas, preservadas e encaminhadas para análise em laboratório acreditado, conforme protocolos técnicos reconhecidos.

Essa abordagem integrada entre observações de campo e resultados analíticos laboratoriais permite uma avaliação mais representativa das condições ambientais dos corpos hídricos, possibilitando a interpretação dos dados à luz das condições reais do sistema e sua correlação com possíveis fontes de alteração ambiental.

O detalhamento dos materiais, procedimentos de coleta, preservação de amostras e métodos analíticos adotados é apresentado no item Materiais e Métodos.

# UTE CANDIOTA - PONTOS DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DA ÁGUA, SEDIMENTOS E ORGANISMOS AQUÁTICOS



**Legenda**

- Pontos amotrais
- ▲ UTE Candiota III
- Arroio Candiota
- Hidrografia
- Limites municipais

0 3 6 8 Km

Escala: 1:182.000

Projeção Universal Transversa de Mercator  
SIRGAS 2000 UTM Zona 22S

Fonte: Hidrografia (ANA),  
Limites municipais (IBGE).

### 5.5.4 Materiais e métodos

As atividades de coleta, preservação e transporte das amostras seguirão as recomendações estabelecidas no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos (ANA; CETESB, 2011).

As análises laboratoriais serão realizadas de acordo com metodologias reconhecidas internacionalmente, incluindo: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; Normas ABNT aplicáveis; métodos USEPA, quando pertinentes.

Os resultados analíticos serão apresentados em relatórios laboratoriais emitidos por laboratórios acreditados, acompanhados dos respectivos Relatórios de Ensaio e assinados pelos responsáveis técnicos.

#### 5.5.4.1 Parâmetros Monitorados

Além dos parâmetros aferidos *in loco*, serão recolhidas alíquotas de água e acondicionadas em frascos específicos, conservadas e rotuladas para o encaminhamento ao laboratório especializado nas análises, com credenciamento NBR ISO/IEC 17025, em sua versão mais recente. Os parâmetros analisados contemplam variáveis físico-químicas, microbiológicas, ecotoxicológicas e indicadores de poluição orgânica e inorgânica (metálica), conforme tabela a seguir.

Tabela 2- Parâmetros avaliados, unidades de medida e métodos utilizados no monitoramento da qualidade da água da área de influência da UTE Candiota III.

Grupo de parâmetros	Parâmetro	Método analítico
Físico-químicos	Alcalinidade	SMWW, 24ª Edição, Método 2320 B
Metais e elementos-traço	Alumínio dissolvido	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Metais e elementos-traço	Arsênio	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Metais e elementos-traço	Arsênio Dissolvido	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Metais e elementos-traço	Bário Total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Metais e elementos-traço	Boro Total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Metais e elementos-traço	Cádmio total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Indicadores de matéria orgânica	Carbono Orgânico Total	SMWW, 24ª edição, Método 5310 B/PR-Tb FQ 408
Metais e elementos-traço	Chumbo total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B

Grupo de parâmetros	Parâmetro	Método analítico
Físico-químicos	Cloreto	PT03FQ17
Biológicos - produtores primários	Clorofila a	SMWW 24ª Edição, Método 10150 A e B
Biológicos - fitoplâncton/cianobactérias	Cianobactérias	SMWW, 24ª ed., Método 10200 C, D e F
Metais e elementos-traço	Cobre total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F/ 3120 B
Microbiológicos	Coliformes Termotolerantes	SMWW, 24ª Edição, Método 9221 B, C e E
Físico-químicos	Condutividade	SMWW, 24ª Edição, Método 2510 B
Físico-químicos	Cor aparente	SMWW, 24ª Edição, Método 2120 C
Metais e elementos-traço	Cromo total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F/ 3120 B
Indicadores de matéria orgânica	DBO5	SMWW, 24ª Edição, Método 5210 B
Indicadores de matéria orgânica	DQO	SMWW, 24ª Edição, Método 5220 D
Biológicos - perifíton	Detecção de Perifíton	PR-Tb-MB 242
Físico-químicos	Dureza Total	SMWW 24ª Edição, Método 2340 B
Compostos orgânicos	Fenóis	PT03FQ16
Metais e elementos-traço	Ferro total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F/ 3120 B
Biológicos - fitoplâncton	Fitoplâncton	SMWW, 24ª ed., Método 10200 C, D e F
Físico-químicos	Fluoreto Total	SMWW, 24ª Edição, Método 4500 F-D
Nutrientes	Fósforo Total	SMWW 24ª Edição, Método 3120 B
Metais e elementos-traço	Manganês total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F/ 3120 B
Metais e elementos-traço	Mercúrio	SMWW, 24ª Edição, Método 3112 B
Metais e elementos-traço	Molibdênio total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Metais e elementos-traço	Níquel total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F/ 3120 B
Nutrientes	Nitrato	PT03FQ14
Nutrientes	Nitrogênio Amoniacal	PT03FQ24
Nutrientes	Nitrogênio Total	SMWW, 24ª Edição, Método 4500 N C
Compostos orgânicos	Óleos e graxas totais	SMWW, 24ª Edição, Método 5520 D
Físico-químicos	Oxigênio dissolvido	SMWW, 24ª Edição, Método 4500 O G
Físico-químicos	pH	SMWW, 24ª Edição, Método 4500 H+ B
Metais e elementos-traço	Selênio Total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Físico-químicos	Sólidos dissolvidos totais	PT03FQ28
Físico-químicos	Sólidos em Suspensão Total	SMWW, 24ª Edição, Método 2540 D
Físico-químicos	Sulfeto (H2S não dissociado)	POP 023
Físico-químicos	Sulfato total	PT03FQ20
Compostos orgânicos	Surfactantes / detergentes	HACH Ed. 02, Método 10287
Parâmetros de campo	Temperatura ambiente	SMWW, 24ª Edição, Método 2550 B
Parâmetros de campo	Temperatura da amostra	SMWW, 24ª Edição, Método 2550 B
Físico-químicos	Turbidez	SMWW, 24ª Edição, Método 2130 B
Metais e elementos-traço	Vanádio Total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Metais e elementos-traço	Zinco total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B

Grupo de parâmetros	Parâmetro	Método analítico
Biológicos - zooplâncton	Zooplâncton	SMWW, 24ª ed., Método 10200 D e G
Ecotoxicológicos	Toxicidade crônica com Ceriodaphnia dubia	ABNT NBR 13373:2010
Ecotoxicológicos	Toxicidade crônica com Desmodesmus subspicatus	ABNT NBR 12648:2011
Ecotoxicológicos	Toxicidade crônica com Pimephales promelas	EPA 821-R-02-013, Parte 1000.0, Seção 11, 2002

Fonte: Terranálises Laboratório de Análises Ambientais, 2026.

#### 5.5.4.2 Indicadores

A avaliação da qualidade da água considerará os seguintes indicadores ambientais:

- ⇒ Parâmetros físico-químicos de qualidade da água;
- ⇒ Concentrações de nutrientes e indicadores de matéria orgânica;
- ⇒ Concentração de metais e elementos-traço;
- ⇒ Indicadores microbiológicos;
- ⇒ Recorrência espacial e sazonal de alterações na qualidade da água;
- ⇒ Conformidade com os padrões estabelecidos pela resolução CONAMA nº 357/2005, classe II.

Para fins de avaliação da interferência da UTE Candiota III sobre o ambiente aquático, serão considerados como indicadores de maior relevância aqueles diretamente associados às características dos efluentes industriais e às atividades operacionais do empreendimento, com destaque para: concentrações de metais e elementos-traço, condutividade elétrica, pH, sulfatos, nutrientes (nitrogênio e fósforo) e indicadores de matéria orgânica (DBO e DQO).

Esses parâmetros apresentam maior sensibilidade para detecção de alterações relacionadas ao lançamento de efluentes, deposição de material particulado e processos associados à combustão do carvão mineral, sendo, portanto, priorizados na análise integrada dos dados.

A interpretação dos resultados considerará a resposta conjunta desses indicadores prioritários, associada à avaliação de gradientes espaciais (montante, ponto de lançamento e jusante), recorrência temporal e correlação com variáveis operacionais e condições ambientais, permitindo uma análise mais robusta da possível influência do empreendimento sobre a qualidade da água.

#### 5.5.4.3 Periodicidade

O monitoramento será realizado com periodicidade semestral, contemplando campanhas representativas dos períodos quente e frio, de modo a avaliar a variabilidade sazonal da qualidade da água e a evolução temporal dos parâmetros monitorados. Em situações de identificação de não conformidades, alterações relevantes ou eventos operacionais atípicos, poderá ser prevista a realização de campanhas adicionais, visando o adequado acompanhamento das condições ambientais.

#### 5.5.4.4 Análise dos dados

A análise dos dados do monitoramento da qualidade da água será conduzida de forma integrada, considerando a distribuição espacial dos pontos amostrais, a evolução temporal dos parâmetros ao longo das campanhas e a interpretação conjunta dos diferentes indicadores ambientais.

##### 5.5.4.4.1 Análise espacial

A análise espacial será baseada na comparação entre os diferentes grupos de pontos da rede de monitoramento, considerando suas funções ambientais no sistema hídrico.

A comparação entre os pontos de montante (P1), controle (P2), impacto direto (P8), mistura (P4) e jusante (P5, P7 e P9) permitirá identificar possíveis gradientes espaciais de alteração na qualidade da água associados ao lançamento do efluente tratado da UTE Candiota III.

Essa abordagem possibilita verificar se as alterações observadas são restritas ao ponto de lançamento, se persistem após a mistura com o Arroio Candiota ou se são progressivamente atenuadas ao longo do sistema fluvial.

##### 5.5.4.4.2 Análise Temporal

A análise temporal será realizada a partir da avaliação das séries históricas dos parâmetros monitorados ao longo das campanhas de monitoramento.

Serão avaliadas tendências de aumento, redução ou estabilidade das concentrações observadas, bem como possíveis padrões sazonais associados à variação do regime hidrológico da bacia hidrográfica.

Essa abordagem permitirá distinguir alterações pontuais decorrentes de eventos hidrológicos específicos de padrões recorrentes associados a pressões ambientais persistentes.

#### 5.5.4.4.3 Tratamento estatístico

O tratamento estatístico dos dados será realizado com o objetivo de apoiar a interpretação ambiental dos resultados.

Serão aplicadas inicialmente técnicas de estatística descritiva, incluindo cálculo de médias, medianas, desvios-padrão e intervalos de variação para cada parâmetro monitorado.

Quando necessário, poderão ser aplicados testes estatísticos para comparação entre grupos de pontos ou entre campanhas, bem como técnicas de análise multivariada, como:

⇒ Análise de componentes principais (PCA)

⇒ Análise de agrupamento (cluster)

Essas ferramentas permitem identificar padrões integrados de associação entre parâmetros e pontos amostrais, contribuindo para a interpretação das possíveis fontes de alteração da qualidade da água.

#### 5.5.4.4.4 Avaliação de indicadores da qualidade da água

A avaliação da qualidade da água será realizada de forma integrada, considerando:

⇒ A conformidade dos parâmetros monitorados com os padrões da Resolução CONAMA nº 357/2005;

⇒ A recorrência espacial de concentrações elevadas em pontos específicos;

⇒ A persistência ou atenuação das alterações ao longo do sistema hídrico;

⇒ A associação entre alterações observadas e potenciais fontes de impacto na bacia hidrográfica.

Adicionalmente, a avaliação dos indicadores da qualidade da água considerará, de forma prioritária, os marcadores ambientais diretamente relacionados à operação da UTE Candiota III, incluindo parâmetros associados à composição dos efluentes industriais e aos processos de combustão do carvão mineral, tais como: metais e elementos-traço, condutividade elétrica, pH, sulfatos, nutrientes (nitrogênio e fósforo) e indicadores de matéria orgânica (DBO e DQO).

A análise desses marcadores permitirá verificar a conformidade ambiental dos efluentes e sua possível influência sobre os corpos hídricos receptores, bem como subsidiar a avaliação da eficiência dos sistemas de controle ambiental da usina. A ocorrência de alterações nesses parâmetros será interpretada à luz de sua distribuição espacial (montante, ponto de lançamento e jusante), recorrência temporal e associação com variáveis operacionais do empreendimento.

A persistência de alterações nesses marcadores, associada à formação de gradiente espacial e repetição ao longo das campanhas, será considerada evidência potencial de interferência do empreendimento.

#### *5.5.4.4.5 Integração com parâmetros operacionais e fontes potenciais de impacto*

A interpretação dos resultados também considerará a relação entre os parâmetros ambientais monitorados e fatores potencialmente associados à operação da usina, incluindo:

- ⇒ Características dos efluentes industriais lançados no corpo hídrico receptor;
- ⇒ Regime pluviométrico e eventos de precipitação;
- ⇒ Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica.

Para esse fim, será realizado o mapeamento georreferenciado do uso do solo na bacia hidrográfica, permitindo identificar potenciais fontes difusas de poluição, como expansão urbana, atividades agrícolas e silvicultura.

#### *5.5.4.4.6 Avaliação crítica dos impactos ambientais*

Com base na integração das análises espaciais, temporais e estatísticas, será realizada avaliação crítica dos resultados obtidos, considerando:

- ⇒ Possíveis relações entre alterações observadas e a operação da UTE Candiota;
- ⇒ Contribuição potencial de outras fontes antrópicas presentes na bacia hidrográfica;

- ⇒ Evidências de incremento de carga poluidora associada ao lançamento de efluentes;
- ⇒ Eficiência dos processos de diluição e autodepuração do corpo hídrico receptor. Sendo avaliada a capacidade de assimilação do corpo hídrico receptor do lançamento de efluentes da usina, considerando: vazão do corpo hídrico; características físico-químicas da água; cargas de poluentes associadas ao lançamento.

#### 5.5.4.4.7 Critérios de interpretação e resposta

A interpretação dos resultados deverá considerar, de forma concomitante, a conformidade legal, a significância estatística das diferenças espaciais e temporais, a coerência hidroambiental entre os pontos monitorados e a relação dos achados com as pressões potencialmente associadas à operação da UTE Candiota III.

Serão considerados indícios de influência do empreendimento, entre outros, os seguintes padrões: incremento recorrente de concentrações no ponto de lançamento e nos trechos imediatamente a jusante; formação de gradiente espacial compatível com dispersão do efluente; repetição de não conformidades nos mesmos pontos e parâmetros ao longo das campanhas; associação entre alterações da qualidade da água e variáveis operacionais ou episódios de lançamento; e convergência entre resultados físico-químicos, ecotoxicológicos e biológicos.

Sempre que forem observados resultados acima dos limites legais, padrões de elevação persistente ou comportamento espacial compatível com aporte associado à usina, deverão ser apresentadas, nos relatórios, a análise de causa provável, a indicação das medidas preventivas, corretivas ou mitigadoras adotadas, e a avaliação da necessidade de intensificação da frequência amostral nos trechos críticos.

Tabela 3 - Matriz de Avaliação Integrada subprograma de monitoramento da qualidade da água superficial.

Impacto Ambiental Associado	Componente / eixo avaliado	Objetivo	Indicadores	Meta operacional	Meta numérica proposta	Critério de interpretação	Resultado esperado	Ação / resposta
Alteração físico-química e microbiológica	Qualidade da água	Monitorar qualidade e identificar alterações	Parâmetros físico-químicos, microbiológicos	Avaliação contínua e comparativa	100% execução anual do plano	Gradiente montante–impacto–jusante + tendência	Ausência de degradação persistente	Verificar causa, correlacionar e corrigir
Enriquecimento por nutrientes	Nutrientes e trofia	Avaliar aporte e assimilação	N, P, DBO, DQO, clorofila, IET	Avaliar tendência e recorrência	100% execução anual do plano	Persistência + gradiente espacial	Sem eutrofização associada à UTE	Investigar fonte e mitigar
Contaminação por metais	Metais e traço	Avaliar influência da UTE	Fe, Mn, Al, Zn, etc.	Monitoramento comparativo	100% execução anual do plano	Padrão espacial + recorrência	Sem incremento associado à UTE	Avaliar operação e controle
Alteração por carga orgânica	Matéria orgânica	Avaliar impacto de efluentes	DBO, DQO, OD	Avaliação integrada	100% execução anual do plano	Correlação com lançamento	Sem impacto persistente	Ajustar controle e investigar
Alterações microbiológicas	Indicadores sanitários	Avaliar contribuição antrópica	Coliformes	Avaliar variação espacial	100% execução anual do plano	Padrão recorrente e espacial	Sem contaminação persistente	Identificar fontes externas

Fonte: Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2026.

#### 5.5.4.4.8 Produtos e forma de apresentação de resultados

Os resultados do subprograma serão consolidados em relatórios técnicos anuais, estruturados em conformidade com o Plano de Gestão Ambiental do Licenciamento Ambiental Federal.

Os relatórios deverão conter, no mínimo:

- ⇒ Mapa georreferenciado com ADA, AID, rede amostral e comunidades próximas;
- ⇒ Séries históricas completas por ponto e parâmetro, incluindo dados anteriores à operação da Fase C;
- ⇒ Tabelas e gráficos com todos os registros analíticos, e não apenas valores máximos e mínimos;
- ⇒ Avaliação comparativa entre pontos de referência, pontos sob influência direta da UTE e pontos a jusante;
- ⇒ Interpretação integrada dos índices IQA, IET, IVA e IPMCA;
- ⇒ Avaliação crítica da incidência de impactos ambientais e da eficácia das medidas de controle;
- ⇒ Laudos laboratoriais assinados por responsável técnico e emitidos por laboratório acreditado;
- ⇒ Certificados de acreditação aplicáveis;
- ⇒ Indicação das medidas preventivas, corretivas e mitigadoras implantadas ou recomendada.

#### 5.5.4.5 Cronograma

O cronograma proposto a seguir visa assegurar a integração entre as diferentes etapas dos programas de monitoramento ambiental, permitindo a avaliação contínua das condições ambientais, a identificação de tendências e o suporte à tomada de decisão no âmbito da gestão ambiental do empreendimento.

Tabela 4- Cronograma de Execução do Programa de Gerenciamento de Águas Superficiais

Etapa	Descrição	Período / Frequência
Campanhas de monitoramento	Realização de duas campanhas anuais de amostragem	Últimas duas semanas do verão e últimas duas semanas do inverno

Etapa	Descrição	Período / Frequência
Análises laboratoriais	Processamento das amostras e emissão de laudos laboratoriais	Até 40 dias após cada campanha
Análise dos resultados	Interpretação dos dados, avaliação integrada e consolidação das informações	Outubro a janeiro de cada ciclo anual
Relatório anual	Elaboração e entrega do relatório técnico consolidado	Fevereiro de cada ano

Fonte – Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2026.

## 5.6 PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

### 5.6.1 Justificativa

O monitoramento da qualidade da água subterrânea na área de influência da UTE Candiota III justifica-se pela necessidade de acompanhar, de forma sistemática e tecnicamente fundamentada, a integridade hidrogeoquímica do aquífero local frente às pressões ambientais associadas à operação do empreendimento. Em usinas termelétricas a carvão, a presença de estruturas e atividades com potencial de geração de cargas contaminantes, tais como áreas de armazenamento e manuseio de carvão, cinzas, insumos químicos, sistemas de drenagem, bacias de contenção, áreas de circulação operacional, oficinas, almoxarifados e unidades de tratamento de efluentes, impõe a necessidade de vigilância contínua da água subterrânea como componente ambiental sensível e estratégico.

Na área da UTE Candiota III, essa necessidade é reforçada pelo histórico de alterações identificadas em poços de monitoramento, pelos indícios de influência antrópica em determinados parâmetros hidroquímicos e pela própria configuração do sistema hidrogeológico local, que favorece o deslocamento do fluxo subterrâneo a partir da área industrial em direção a setores de descarga associados ao vale do Arroio Candiota. A revisão do modelo conceitual de fluxo subterrâneo indica gradiente hidráulico regional predominante de oeste/noroeste para leste/sudeste, com zonas potenciais de recarga em compartimentos topograficamente mais elevados e zonas de descarga na porção leste da área monitorada, o que confere relevância ao acompanhamento espacial da qualidade da água e à identificação de possíveis trajetórias de plumas de contaminação.

Sob o ponto de vista regulatório, o aprimoramento deste programa é necessário porque o IBAMA apontou que a abordagem anteriormente adotada para as águas

subterrâneas se mostrava insuficiente para a avaliação efetiva dos impactos ambientais decorrentes da operação da Usina, uma vez que se limitava, em grande parte, à comparação pontual de resultados analíticos com valores normativos, sem integrar adequadamente os dados históricos, o comportamento hidrogeológico do aquífero, as possíveis fontes de contaminação, a análise de tendências temporais e a interpretação espacial dos resultados. O órgão ambiental determinou, nesse contexto, a atualização do modelo conceitual de fluxo subterrâneo, o mapeamento das zonas-fonte potenciais dentro da usina, a ampliação do escopo analítico, a aplicação de análises estatísticas e multivariadas e a avaliação da eficiência da malha amostral para o estabelecimento do nexos causal entre eventuais alterações da qualidade da água e as operações do empreendimento.

Além disso, o parecer técnico do IBAMA destacou a necessidade de observância rigorosa das referências metodológicas aplicáveis ao monitoramento hidrogeológico, incluindo a ABNT NBR 15847 para purga e amostragem, as ABNT NBR 15495-1 e 15495-2 para aspectos construtivos dos poços, a Diretriz Técnica FEPAM nº 04/2021 e a Resolução CONAMA nº 396/2008 para avaliação da qualidade das águas subterrâneas, bem como a apresentação de parâmetros de campo, laudos analíticos emitidos por laboratório acreditado pelo INMETRO e análise comparativa de toda a série histórica disponível.

Dessa forma, o Programa de Monitoramento da Qualidade da Água Subterrânea tem caráter preventivo, diagnóstico e gerencial. Preventivo, porque permite detectar precocemente alterações incompatíveis com o comportamento hidrogeoquímico esperado do sistema aquífero; diagnóstico, porque subsidia a identificação de padrões espaciais e temporais, de áreas críticas e de possíveis conexões entre fontes potenciais e poços impactados; e gerencial, porque fornece base técnica para a proposição de medidas corretivas, mitigadoras e de controle ambiental, bem como para a avaliação da eficiência das ações implementadas ao longo do tempo.

Assim, a manutenção e o aprimoramento deste programa são indispensáveis para verificar a eventual influência da operação da UTE Candiota III sobre a água subterrânea, assegurar a rastreabilidade técnica das alterações observadas, subsidiar a gestão ambiental do empreendimento e atender às exigências do licenciamento ambiental federal.

## 5.6.2 Objetivo Geral

Monitorar, de forma sistemática, a qualidade da água subterrânea na área de influência direta da UTE Candiota III, com vistas a identificar, caracterizar e acompanhar alterações hidrogeoquímicas, microbiológicas e ecotoxicológicas potencialmente associadas à operação do empreendimento, subsidiando a avaliação de impactos ambientais, a gestão de riscos e a adoção de medidas de prevenção, controle e mitigação.

### 5.6.2.1 Objetivo específico

- ⇒ Avaliar a conformidade dos resultados analíticos com os valores orientadores e padrões aplicáveis às águas subterrâneas, em especial os estabelecidos na Resolução CONAMA nº 396/2008, bem como em referências técnicas complementares aplicáveis aos parâmetros sem valor normativo específico;
- ⇒ Atualizar e utilizar o modelo conceitual hidrogeológico local como base para interpretação integrada dos resultados, considerando a geometria do aquífero, as cotas piezométricas, o gradiente hidráulico, as zonas de recarga e descarga, as trajetórias preferenciais de fluxo e a distribuição das atividades potencialmente poluidoras na área do empreendimento;
- ⇒ Identificar poços e setores críticos com indícios de alteração da qualidade da água subterrânea, diferenciando, sempre que tecnicamente possível, contribuições de origem natural, antrópica difusa e fontes potencialmente associadas à operação da Usina;
- ⇒ Investigar a relação entre a assinatura hidroquímica das águas subterrâneas e possíveis fontes de contaminação presentes no empreendimento, incluindo áreas de armazenamento, bacias, estruturas operacionais, efluentes e zonas de circulação e manuseio de materiais, de modo a fortalecer o nexo causal entre fonte, trajetória de fluxo e receptor ambiental;
- ⇒ Comparar a evolução da qualidade da água subterrânea com a série histórica disponível, incorporando análises temporais completas, estatística descritiva, análise de tendência e ferramentas multivariadas capazes de evidenciar padrões integrados de alteração e similaridade entre poços;

- ⇒ Verificar a adequação da malha amostral existente quanto à capacidade de detectar e acompanhar eventuais plumas de contaminação, propondo, quando necessário, sua complementação ou otimização;
- ⇒ Aferir a resposta do aquífero às condições hidrológicas e meteorológicas, por meio da integração entre níveis d'água, precipitação e comportamento sazonal dos parâmetros monitorados, de forma a melhorar a interpretação dos resultados e a distinção entre variabilidade natural e influência operacional;
- ⇒ Avaliar o risco ecológico e ambiental associado à qualidade da água subterrânea por meio da integração entre resultados convencionais e ensaios ecotoxicológicos, permitindo identificar situações em que os efeitos biológicos observados não sejam plenamente explicados apenas pelos parâmetros químicos analisados;
- ⇒ Subsidiar a definição de critérios de alerta, investigação confirmatória, resposta gerencial e adoção de medidas preventivas, corretivas e mitigadoras sempre que forem identificadas não conformidades, tendências de deterioração ou evidências consistentes de impacto ambiental;
- ⇒ Produzir informações técnicas robustas, rastreáveis e comparáveis ao longo do tempo, aptas a subsidiar os relatórios anuais do licenciamento ambiental e a tomada de decisão pelo empreendedor e pelo órgão licenciador.

### 5.6.3 Rede de Monitoramento

#### 5.6.3.1 Área de estudo e contexto hidrogeológico

A área de estudo do Programa de Monitoramento da Qualidade da Água Subterrânea corresponde à Área de Influência Direta (AID) da UTE Candiota III, localizada no município de Candiota, na região sul do estado do Rio Grande do Sul, inserida na bacia hidrográfica do Arroio Candiota. O monitoramento hidrogeológico abrange a área operacional da usina e seu entorno imediato, incluindo setores associados às fases industriais do empreendimento, áreas de apoio logístico e zonas potencialmente influenciadas pelas atividades relacionadas à geração termelétrica a carvão mineral.

Do ponto de vista hidrogeológico regional, a área do empreendimento encontra-se inserida em domínio caracterizado pela presença de unidades sedimentares da Bacia do Paraná, associadas ao Sistema Aquífero Palermo–Rio Bonito, além de

setores pontuais relacionados ao Sistema Aquífero Embasamento Cristalino II. De acordo com o Mapa Hidrogeológico do Estado do Rio Grande do Sul elaborado pela CPRM, os piezômetros PM-7 e PM-17 encontram-se posicionados sobre o sistema aquífero Embasamento Cristalino II, enquanto os demais poços de monitoramento estão instalados sobre o sistema aquífero Palermo–Rio Bonito. Ambos os sistemas aquíferos são classificados regionalmente como de baixa produtividade, caracterizados por reduzida capacidade de armazenamento e circulação de água subterrânea (MACHADO; FREITAS, 2005).

Considerando a malha de piezômetros utilizada para o monitoramento das águas subterrâneas da UTE Candiota, procedeu-se à revisão do modelo conceitual de fluxo subterrâneo, com o objetivo de avaliar a coerência entre a geometria do sistema aquífero local, o gradiente hidráulico regional, as áreas potenciais de recarga, as trajetórias preferenciais de fluxo e a distribuição espacial das atividades industriais do empreendimento.

Para essa análise foi inicialmente determinada a cota piezométrica de cada um dos 16 piezômetros atualmente monitorados, calculada a partir da diferença entre a cota topográfica do terreno e o nível estático medido em campo. As cotas topográficas foram obtidas por meio de ferramentas de geoprocessamento no software QGIS, utilizando como base o Modelo Digital de Elevação (MDE) SRTM, com resolução espacial de 30 m. Os níveis estáticos utilizados correspondem às medições realizadas durante a campanha de monitoramento conduzida em junho de 2024, correspondente ao período de outono.

A escolha desse período para a análise hidrogeológica deve-se ao fato de representar condições médias do sistema aquífero local, evitando cenários extremos associados aos períodos de maior recarga pluviométrica ou de maior rebaixamento do nível freático (FETTER, 2001).

A tabela a seguir apresenta as principais características de localização dos piezômetros atualmente monitorados na área da UTE Candiota

Tabela 5- Características dos piezômetros de monitoramento da UTE Candiota

Área	Poço	Coordenadas		Cota do terreno (m)	Nível estático (m)	Cota piezométrica (m)
		UTM - E	UTM - N			
Usina Fase B e Fase C	PM-1	245195,82	6506043,27	232	2,4	229,6
	PM-2	245144,47	6506281,07	229	0,57	228,43
	PM-3	244683,33	6505880,15	214	1,5	212,5

Área	Poço	Coordenadas		Cota do terreno (m)	Nível estático (m)	Cota piezométrica (m)
		UTM - E	UTM - N			
	PM-4	245358,92	6506299,68	225	0,6	224,4
	PM-6	245082,28	6506526,44	234	0,54	233,46
	PM-7	245673,49	6506557,58	237	0,22	236,78
	PM-9	244986,59	6506089,14	232	1,4	230,6
	PM-10	245627,95	6506227,75	230	5,88	224,12
	PM-12	244876,72	6506066,47	226	1,69	224,31
Almoxarifado	PM-5	244813,75	6505698,77	228	2,86	225,14
	PM-13	245142,03	6505722,07	234	1,43	232,57
	PM-14	245090,69	6505757,72	236	1,6	234,4
Candiota 1	PM-16	246367,73	6505638,09	207	1,32	205,68
	PM-17	246437,59	6505598,26	197	1,41	195,59
	PM-19	246207,34	6505747,34	197	0,7	196,3
	PM-20	246362,77	6505724,51	197	0,5	196,5

Fonte: Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2026.

De forma complementar à definição da rede de monitoramento, o subprograma contempla a execução de campanhas sistemáticas de amostragem de águas subterrâneas, realizadas com periodicidade semestral, contemplando períodos representativos de condições sazonais distintas (período quente e período frio), de modo a avaliar a variabilidade hidrogeoquímica do sistema aquífero monitorado.

As atividades de campo envolvem a medição do nível estático da água nos poços de monitoramento, a realização de purga prévia conforme protocolos técnicos aplicáveis e a coleta de amostras após a estabilização dos parâmetros físico-químicos in situ, tais como pH, temperatura, condutividade elétrica, oxigênio dissolvido e potencial de oxirredução (ORP). Adicionalmente, são registradas observações ambientais relevantes, incluindo condições de uso e ocupação do solo, características hidrogeológicas locais e potenciais fontes de contaminação.

As amostras coletadas são devidamente acondicionadas, preservadas e encaminhadas para análise em laboratório acreditado, seguindo metodologias reconhecidas e procedimentos de controle de qualidade analítica. O detalhamento dos materiais, procedimentos de coleta, preservação de amostras e métodos analíticos adotados é apresentado no item específico de Materiais e Métodos.

A interpretação dos dados obtidos é realizada de forma integrada, considerando tanto os resultados laboratoriais quanto as informações de campo e o contexto hidrogeológico da área de estudo. Nesse sentido, a partir das cotas piezométricas determinadas nos poços de monitoramento, foi elaborado o mapa

potenciométrico da área, por meio de interpolação espacial utilizando o método *Inverse Distance Weighting* (IDW), em ambiente SIG (software QGIS).

A interpolação resultou em uma superfície contínua do tipo raster, representando a distribuição espacial das cargas hidráulicas no sistema aquífero local, na qual cada célula corresponde a uma carga hidráulica estimada. A partir dessa superfície, foram traçadas linhas equipotenciais, que conectam pontos com igual nível piezométrico.

A análise dessas linhas permite inferir a direção preferencial do fluxo subterrâneo, uma vez que o escoamento ocorre aproximadamente de forma perpendicular às equipotenciais, deslocando-se das regiões de maior para as de menor carga hidráulica (FREEZE; CHERRY, 1979). Com base nesse princípio, foram definidas as trajetórias preferenciais de fluxo no sistema aquífero.

De forma complementar, foi realizado o mapeamento das potenciais fontes de contaminação na área de estudo, considerando as diferentes unidades operacionais do empreendimento — Usina Fases B e C, Almojarifado e Candiota I. A identificação dos pontos críticos levou em conta:

- ⇒ A natureza das atividades industriais desenvolvidas;
- ⇒ Áreas de armazenamento de materiais;
- ⇒ Regiões com intenso fluxo de transporte de insumos, especialmente carvão mineral;
- ⇒ Áreas potencialmente influenciadas por atividades antrópicas no entorno do empreendimento.

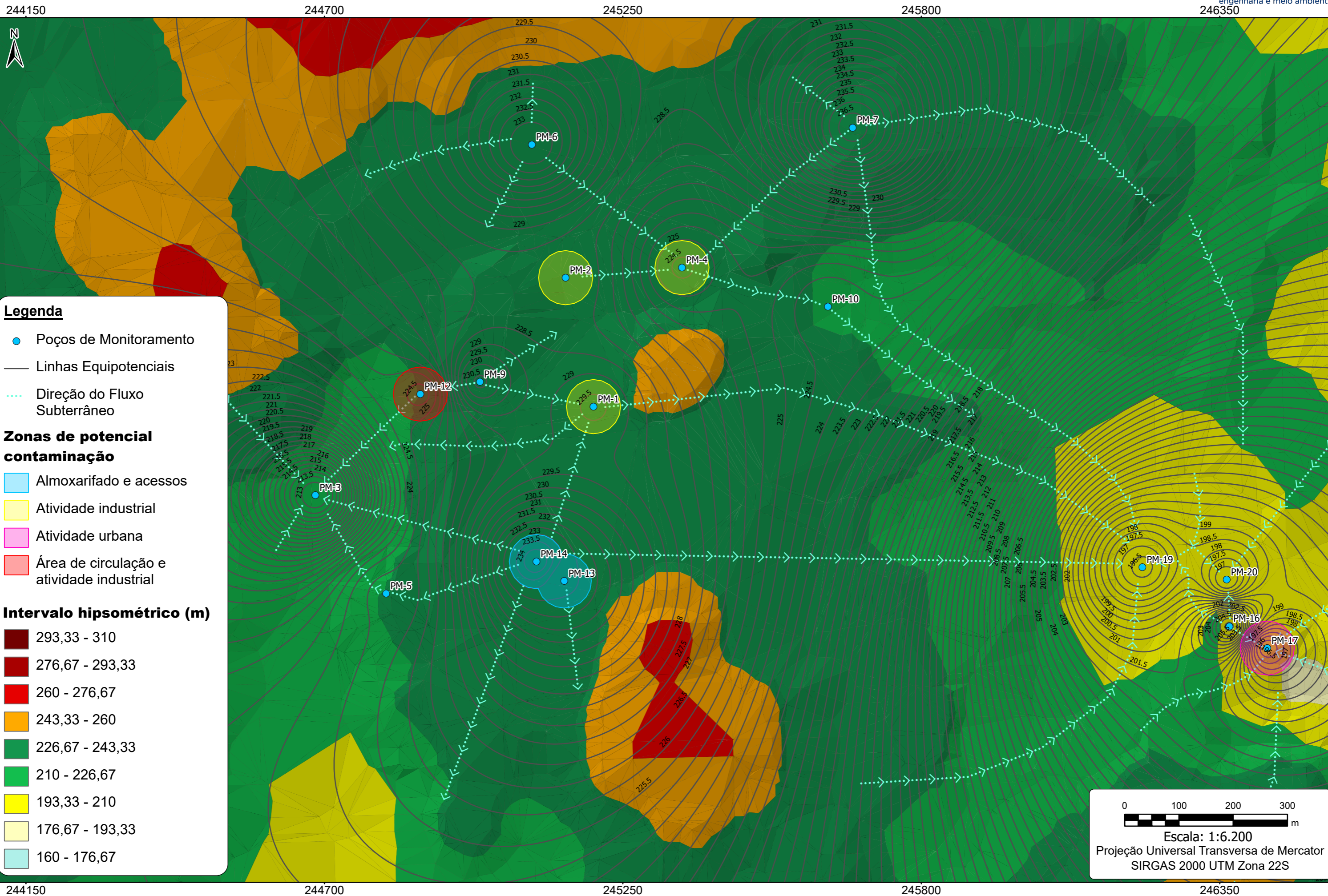
As figuras apresentadas a seguir ilustram o mapa potenciométrico da área de estudo, incluindo as linhas equipotenciais, a direção preferencial do fluxo subterrâneo e a localização das áreas potencialmente geradoras de contaminação.

A análise da superfície potenciométrica indica a presença de um gradiente hidráulico regional bem definido, no qual os maiores valores de carga hidráulica concentram-se nos setores oeste e noroeste da área da usina, enquanto os menores valores ocorrem nos setores leste e sudeste, nas proximidades do vale do Arroio Candiota. Esse padrão indica que o fluxo subterrâneo regional ocorre predominantemente no sentido oeste/noroeste → leste/sudeste, convergindo em direção ao vale do Arroio Candiota.

# UTE CANDIOTA - DIREÇÃO DO FLUXO SUBTERRÂNEO E POTENCIAIS FONTES DE CONTAMINAÇÃO



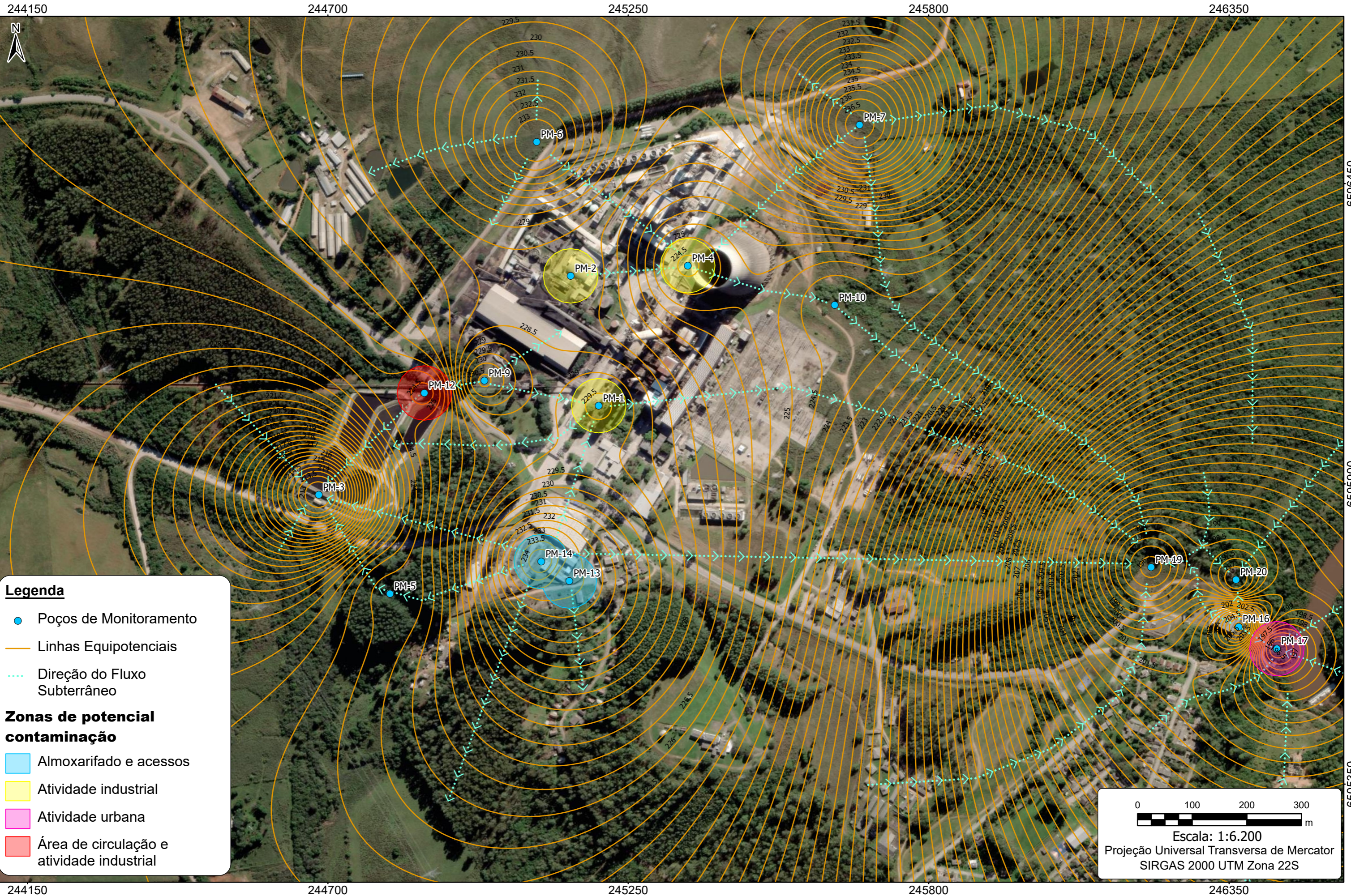
ambiverse  
**desenvolver**  
engenharia e meio ambiente



# UTE CANDIOTA - DIREÇÃO DO FLUXO SUBTERRÂNEO E POTENCIAIS FONTES DE CONTAMINAÇÃO, COM SOBREPOSIÇÃO NO EMPREENDIMENTO



ambiverse  
**desenvolver**  
engenharia e meio ambiente



## 5.6.4 Materiais e Métodos

### 5.6.4.1 Parâmetros monitorados e método de coleta

O monitoramento da qualidade da água subterrânea da UTE Candiota III será executado de forma a assegurar a representatividade das amostras, a confiabilidade analítica dos resultados e a comparabilidade temporal da série histórica, em conformidade com os procedimentos técnicos aplicáveis ao monitoramento hidrogeológico em áreas potencialmente sujeitas à influência de atividades industriais.

Para tanto, as atividades de campo e laboratório observarão, no que couber, as disposições da ABNT NBR 15495-1, da ABNT NBR 15495-2, da ABNT NBR 15847, da Diretriz Técnica FEPAM nº 04/2021, do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras e da Resolução CONAMA nº 396/2008, bem como métodos analíticos reconhecidos nacional e internacionalmente.

#### a) Critérios gerais de amostragem

A amostragem será realizada em todos os piezômetros integrantes da rede de monitoramento hidrogeológico do empreendimento, precedida de inspeção das condições estruturais dos poços, medição do nível d'água e avaliação das características hidráulicas e construtivas de cada unidade amostral.

Em conformidade com a ABNT NBR 15847:2010, a definição do método de purga não será aplicada de forma padronizada, devendo ser individualizada para cada poço, considerando que diferentes técnicas podem influenciar a representatividade da amostra, a mobilização de finos e a qualidade dos resultados analíticos. Nesse contexto, a seleção do método será fundamentada na análise integrada de parâmetros como profundidade total, diâmetro interno, altura da coluna d'água, posição e extensão da seção filtrante, capacidade de recuperação hidráulica, comportamento do nível d'água durante a purga e suscetibilidade à indução de turbidez.

A amostragem será, preferencialmente, conduzida por purga controlada em baixa vazão, com uso de bomba peristáltica, associada ao monitoramento contínuo dos parâmetros físico-químicos até a estabilização. A medição do nível piezométrico integra o procedimento, permitindo o controle do rebaixamento e a quantificação da coluna d'água efetivamente amostrada.

As amostras serão coletadas diretamente na linha de fluxo, sem contato com o ar, e imediatamente submetidas às condições de preservação adequadas a cada grupo analítico. Para análises microbiológicas, serão utilizados frascos estéreis contendo agente neutralizante, com acondicionamento sob refrigeração.

Todo o processo será registrado e documentado por meio de identificação individual das amostras, garantindo a rastreabilidade entre as condições de campo, a cadeia de custódia e os resultados laboratoriais. Os relatórios técnicos deverão apresentar, para cada poço, o método de purga adotado, bem como a respectiva justificativa técnica, em atendimento às exigências do IBAMA quanto à compatibilização entre o procedimento aplicado e as condições hidráulicas do sistema.

#### b) Medições preliminares e preparação do poço

Antes do início da purga, serão registrados em campo os dados de identificação do poço, data, horário e equipe responsável, profundidade total, nível estático da água, altura da coluna d'água e volume armazenado, além de observações relativas à integridade, acessibilidade e condições operacionais da unidade amostral.

Os equipamentos utilizados, incluindo sondas multiparâmetros e instrumentos auxiliares, deverão apresentar calibração válida, conforme especificações do fabricante e procedimentos de controle de qualidade adotados. Os registros de calibração deverão ser mantidos e incorporados aos relatórios técnicos, assegurando a confiabilidade das medições realizadas, em conformidade com a ABNT NBR 15847:2010 e com as exigências do IBAMA.

#### c) Método de purga

A purga será realizada com o objetivo de remover a água estagnada no interior do poço e promover a renovação da água na zona filtrante, garantindo a obtenção de amostras representativas das condições hidroquímicas do aquífero.

A definição do procedimento de purga será condicionada às características hidráulicas de cada poço, podendo ser adotadas as seguintes abordagens:

- ⇒ Purga por volume determinado: Aplicável em poços com baixa recuperação ou limitações operacionais, consistindo na remoção de volume previamente calculado com base na coluna d'água, de modo a evitar o esgotamento excessivo e a perturbação da seção filtrante.
- ⇒ Purga com estabilização de parâmetros físico-químicos: Preferencial sempre que houver resposta hidráulica adequada, consistindo no monitoramento contínuo dos parâmetros de campo até sua estabilização, assegurando maior representatividade da amostra coletada.

Independentemente do método adotado, a operação será conduzida de forma controlada, evitando turbulência, ressuspensão de sedimentos, mistura de zonas distintas da coluna d'água, introdução de contaminantes externos e exposição desnecessária da amostra ao ar.

#### d) Parâmetros medidos em campo

Em conformidade com a ABNT NBR 15847:2010 e com a exigência expressa do IBAMA, serão realizadas medições in situ dos seguintes parâmetros físico-químicos:

- ⇒ pH;
- ⇒ temperatura da água;
- ⇒ potencial de oxirredução (ORP);
- ⇒ condutividade elétrica;
- ⇒ oxigênio dissolvido.

Esses parâmetros serão registrados antes do início da purga e ao final da purga/coleta, permitindo avaliar as condições hidroquímicas da água no poço, a estabilidade da amostra e a representatividade do material coletado. A ausência dessas medições foi apontada como deficiência metodológica nos pareceres anteriores, razão pela qual sua adoção passa a ser obrigatória no presente subprograma.

Adicionalmente, poderão ser registrados, quando pertinentes à interpretação dos resultados: temperatura do ar; turbidez em campo; observações visuais quanto à cor, odor, presença de filme oleoso ou material particulado.

e) Método de coleta da amostra

Após concluída a purga e confirmada a adequação das condições de coleta, as amostras serão obtidas mediante dispositivos compatíveis com a integridade do poço, a profundidade de coleta e o objetivo analítico.

O uso de amostrador descartável do tipo bailer poderá ser mantido em poços específicos quando sua aplicação for tecnicamente justificável, sobretudo em situações nas quais a geometria do poço, a baixa recuperação hidráulica ou restrições operacionais inviabilizem outro arranjo de coleta. Nesses casos, a operação deverá ser executada por profissional capacitado, com inserção e retirada controladas, de modo a minimizar a indução de turbidez e a perturbação da amostra.

Sempre que a condição do poço permitir e houver ganho de representatividade, poderão ser utilizados sistemas de amostragem de menor perturbação hidráulica, desde que devidamente descritos no plano de amostragem e mantida a comparabilidade da série histórica.

Independentemente do dispositivo adotado, serão observados os seguintes cuidados:

- ⇒ Descontaminação ou descarte adequado dos materiais de contato;
- ⇒ Uso de recipientes específicos para cada grupo analítico;
- ⇒ Preservação química conforme o parâmetro;
- ⇒ Acondicionamento em caixa térmica;
- ⇒ Manutenção da rastreabilidade por cadeia de custódia;
- ⇒ Envio ao laboratório dentro dos prazos de estabilidade definidos para cada ensaio.

f) Parâmetros monitorados

Considerando as exigências do IBAMA, os indícios de influência industrial observados em campanhas anteriores e a necessidade de aderência à Resolução CONAMA nº 396/2008, o escopo analítico do programa contemplará, no mínimo, os seguintes grupos de parâmetros:

Tabela 6 - Escopo Amostral para o programa de qualidade das águas subterrâneas a ser executado na área de influência direta da UTE Candiota III.

Parâmetro	Método análise
Alcalinidade	SMWW, 24ª Edição, Método 2320 B
Alumínio dissolvido	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Alumínio total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Arsênio total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F/ 3120 B
Arsênio Dissolvido	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F/ 3120 B
Boro Total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Cádmio total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F/ 3120 B
Cádmio dissolvido	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F/ 3120 B
Calcio (Ca)	SMWW, 24ª Edição, Método 3030F / 3120 B
Cianeto Livre	SMWW, 24ª ed., Método 4500 CN C, E e I
Chumbo total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F/ 3120 B
Chumbo dissolvido	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F/ 3120 B
Cloreto	PT03FQ17
Cobre total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F/ 3120 B
Cobre dissolvido	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F/ 3120 B
Coliformes Termotolerantes	SMWW, 24ª Edição, Método 9221 B, C e E
Condutividade	SMWW, 24ª Edição, Método 2510 B
Cor aparente	SMWW, 24ª Edição, Método 2120 C
Cromo total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F/ 3120 B
DBO5	SMWW, 24ª Edição, Método 5210 B
DQO	SMWW, 24ª Edição, Método 5220 D
Estrôncio total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Fenóis totais	PT03FQ16
Ferro total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F/ 3120 B
Ferro dissolvido	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F/ 3120 B
Fluoreto Total	SMWW, 24ª Edição, Método 4500 F- D
Fósforo Total	SMWW 24ª Edição, Método 3120 B
Magnésio (Mg)	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Manganês total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F/ 3120 B
Manganês dissolvido	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F/ 3120 B
Mercurio total	SMWW, 24ª Edição, Método 3112 B
Mercurio dissolvido	SMWW, 24ª Edição, Método 3112 B
Molibdênio total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Níquel total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F/ 3120 B
Níquel dissolvido	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F/ 3120 B
Nitrato	PT03FQ14
Nitrogênio Amoniacal	PT03FQ24
Nitrogênio Total	SMWW, 24ª Edição, Método 4500 N C
Óleos e graxas totais	SMWW, 24ª Edição, Método 5520 D
Oxigênio dissolvido	SMWW, 24ª Edição, Método 4500 O G
Ortofosfato	PT03FQ36
Potássio (K)	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
pH	SMWW, 24ª Edição, Método 4500 H+ B
Selênio Total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B

Parâmetro	Método análise
Sílica	SMWW, 24ª Edição, Método 4500 SiO <sub>2</sub> C
Sódio (Na)	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Sólidos totais	PT03FQ28
Sólidos dissolvidos totais	PT03FQ29
Sulfeto (H <sub>2</sub> S não dissociado)	POP 023
Sulfato total	PT03FQ20
Surfactantes / detergentes	HACH Ed. 02, Método 10287
Temperatura ambiente	SMWW, 24ª Edição, Método 2550 B
Temperatura da amostra	SMWW, 24ª Edição, Método 2550 B
Turbidez	SMWW, 24ª Edição, Método 2130 B
Vanádio Total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Zinco total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Zinco dissolvido	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Toxicidade crônica com Ceriodaphnia dubia	ABNT NBR 13373:2022
Toxicidade crônica com Raphidocelis subcapitata	ABNT NBR 12648:2023
Toxicidade crônica com Pimephales promelas	EPA 821-R-02-013, Parte 1000.0, Seção 11, 2002

Fonte: Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2026.

#### g) Controle analítico e laboratório

As amostras coletadas serão encaminhadas a laboratório com competência técnica demonstrável e, para os laudos que comporão os relatórios ambientais, deverá ser priorizado laboratório acreditado pelo INMETRO, com emissão de laudos analíticos assinados por responsável técnico habilitado, conforme exigido pelo IBAMA.

Os relatórios deverão apresentar:

- ⇒ Laudos analíticos completos;
- ⇒ Limites de quantificação;
- ⇒ Métodos analíticos empregados;
- ⇒ Cadeia de custódia;
- ⇒ Identificação do laboratório executor;
- ⇒ Responsável técnico e respectiva anotação ou vínculo profissional aplicável.

#### h) Integração com a avaliação de impacto

O escopo de parâmetros e a metodologia de coleta foram definidos para permitir não apenas a caracterização da qualidade atual da água subterrânea, mas também a investigação de possíveis relações entre os resultados hidroquímicos, a posição hidráulica dos poços e as áreas potencialmente geradoras de impacto no interior da usina.

Nesse sentido, será dada especial atenção interpretativa aos poços já indicados nos pareceres do IBAMA como prioritários para investigação de influência industrial ou de estruturas específicas da usina, com destaque para os grupos:

- a) sinais de poluição industrial: PM-1, PM-3, PM-4, PM-6, PM-10, PM-12, PM-13 e PM-19;
- b) potencial influência de estruturas da própria usina: PM-2, PM-3, PM-4, PM-5, PM-6, PM-7, PM-9, PM-10, PM-12, PM-13 e PM-14.

A adoção desta metodologia permitirá elevar a robustez do programa, superar a limitação anteriormente apontada pelo IBAMA, de mera compilação de resultados pretérito, e assegurar base técnica adequada para a análise comparativa, espacial, temporal e causal dos dados de monitoramento.

#### 5.6.4.2 Indicadores

A interpretação dos resultados obtidos no monitoramento da qualidade da água subterrânea será conduzida com base em um conjunto estruturado de indicadores hidrogeológicos, hidrogeoquímicos, microbiológicos e ecotoxicológicos, selecionados de modo a permitir a avaliação integrada das condições ambientais do aquífero e a identificação de possíveis alterações associadas às atividades operacionais da UTE Candiota III.

A adoção de indicadores ambientais constitui procedimento amplamente utilizado em programas de monitoramento hidrogeológico aplicados à gestão ambiental de empreendimentos industriais, pois permite sintetizar a informação gerada por diferentes parâmetros analíticos e orientar a interpretação dos dados quanto à ocorrência de processos naturais ou potenciais influências antrópicas no sistema aquífero (FETTER, 2001; FREEZE; CHERRY, 1979; USEPA, 2009). Nesse contexto, cada indicador representa um conjunto de parâmetros ou variáveis capazes de evidenciar determinados processos hidrogeoquímicos, tais como mineralização da água subterrânea, enriquecimento por nutrientes, alterações nas condições redox, presença de contaminantes metálicos, compostos orgânicos ou sinais de contaminação microbiológica.

No âmbito do presente programa, os indicadores foram organizados em grupos temáticos que abrangem: (i) indicadores hidrogeológicos, relacionados à dinâmica do fluxo subterrâneo; (ii) indicadores físico-químicos de campo, utilizados para

caracterizar as condições hidrogeoquímicas do aquífero; (iii) indicadores de mineralização e salinização; (iv) indicadores de nutrientes e matéria orgânica; (v) indicadores de contaminação por metais e elementos traço; (vi) indicadores de compostos orgânicos; (vii) indicadores microbiológicos; e (viii) indicadores ecotoxicológicos, que permitem avaliar possíveis efeitos biológicos integrados da água subterrânea.

A tabela a seguir apresenta a síntese dos indicadores adotados no Programa de Monitoramento da Qualidade da Água Subterrânea da UTE Candiota III, incluindo os parâmetros associados, sua finalidade interpretativa e as principais referências normativas e técnicas utilizadas para sua definição, considerando, entre outras, a Resolução CONAMA nº 396/2008, o Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017) e diretrizes internacionais aplicáveis ao monitoramento de águas subterrâneas.

Esses indicadores constituirão a base técnica para as análises espaciais, temporais e estatísticas descritas nos itens subsequentes deste programa, permitindo avaliar a evolução da qualidade da água subterrânea, identificar tendências de alteração ambiental e subsidiar a avaliação crítica de possíveis impactos associados às atividades do empreendimento.

Tabela 7- Síntese dos indicadores adotados no Programa de Monitoramento da Qualidade da Água Subterrânea da UTE Candiota III

Grupo de indicadores	Indicador / Parâmetro	Finalidade ambiental / interpretação	Referência normativa ou técnica
Indicadores hidrogeológicos	Nível estático	Avaliar a dinâmica do aquífero e identificar alterações no comportamento hidráulico do sistema	Fetter (2001); Freeze & Cherry (1979)
	Cota piezométrica	Determinar gradiente hidráulico e direção do fluxo subterrâneo	Fetter (2001)
	Gradiente hidráulico	Avaliar potencial de transporte de contaminantes no meio subterrâneo	Domenico & Schwartz (1998)
	Sentido do fluxo subterrâneo	Identificar áreas de recarga, fluxo intermediário e descarga	Heath (1983)
Indicadores físico-químicos de campo	pH	Avaliar acidez/alcalinidade e processos geoquímicos do aquífero	CONAMA 396/2008
	Temperatura	Influência nos processos geoquímicos e na solubilidade de compostos	APHA (2017)
	Condutividade elétrica	Indicador de mineralização da água subterrânea	CONAMA 396/2008
	Potencial redox (ORP)	Avaliar condições oxidantes ou redutoras do aquífero	Stumm & Morgan (1996)
	Oxigênio dissolvido	Identificar processos redox e degradação de matéria orgânica	APHA (2017)
Indicadores de mineralização e salinização	Sólidos totais dissolvidos	Grau de mineralização da água subterrânea	CONAMA 396/2008
	Alcalinidade	Capacidade tampão da água	APHA (2017)
	Cloreto	Indicador de influência antrópica ou salinização	CONAMA 396/2008
	Sulfato	Possível influência de processos industriais ou geoquímicos	CONAMA 396/2008
	Cálcio, magnésio, sódio e potássio	Caracterização hidrogeoquímica da água subterrânea	Freeze & Cherry (1979)
Indicadores de nutrientes e matéria orgânica	Nitrogênio total	Indicar enriquecimento nutricional ou contaminação difusa	CONAMA 396/2008
	Nitrato	Indicador clássico de contaminação por infiltração superficial	WHO (2017)
	Nitrito	Indicador de processos de nitrificação ou contaminação recente	APHA (2017)
	Nitrogênio amoniacal	Indicar contaminação orgânica ou processos redutores	CONAMA 396/2008
	Fósforo total / ortofosfato	Avaliar enriquecimento nutricional e influência antrópica	CONAMA 396/2008
	DBO	Indicador de matéria orgânica biodegradável	CETESB (2015)
	DQO	Indicador de carga orgânica total	APHA (2017)
Indicadores de contaminação por metais	Ferro e manganês	Indicar processos redutores ou dissolução mineral	CONAMA 396/2008
	Alumínio	Avaliar influência de processos geoquímicos ou industriais	CONAMA 396/2008
	Arsênio, cádmio, chumbo, mercúrio	Indicadores de contaminação por metais tóxicos	CONAMA 396/2008
	Cromo, cobre, níquel, zinco	Possível influência industrial ou lixiviação de resíduos	CONAMA 396/2008

Grupo de indicadores	Indicador / Parâmetro	Finalidade ambiental / interpretação	Referência normativa ou técnica
	Boro, selênio, molibdênio, vanádio	Indicadores geoquímicos associados a atividades industriais e combustão	USEPA (2009)
Indicadores de compostos orgânicos	Óleos e graxas	Indicar possível contaminação por combustíveis ou lubrificantes	CONAMA 396/2008
	Fenóis totais	Indicador de influência industrial ou processos de combustão	USEPA (2009)
	Surfactantes	Indicar presença de detergentes ou efluentes industriais	APHA (2017)
	Cianetos	Possível contaminação industrial	CONAMA 396/2008
	Sulfetos	Indicar condições redutoras ou decomposição orgânica	APHA (2017)
Indicadores microbiológicos	Coliformes totais	Avaliar possível contaminação microbiológica	CONAMA 396/2008
	Escherichia coli	Indicador específico de contaminação fecal	WHO (2017)
Indicadores ecotoxicológicos	Toxicidade com peixe (Pimephales promelas)	Avaliar efeitos tóxicos integrados da água	USEPA (2002)
	Toxicidade com microcrustáceo (Ceriodaphnia dubia)	Detectar toxicidade aguda ou crônica	USEPA (2002)
	Toxicidade com alga (Raphidocelis subcapitata)	Avaliar efeitos em produtores primários	OECD (2011)

Fonte- Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2026. Adaptado de CONAMA (2008), APHA (2017), Fetter (2001), Freeze & Cherry (1979), USEPA (2009), CETESB (2015).

#### 5.6.4.3 Periodicidade

O monitoramento da qualidade da água subterrânea na área de influência da UTE Candiota III será realizado com periodicidade trimestral, totalizando quatro campanhas de amostragem por ano, distribuídas ao longo das estações. Essa frequência de monitoramento tem como objetivo assegurar maior resolução temporal da série de dados hidrogeoquímicos e permitir a identificação mais precisa de eventuais variações sazonais ou tendências de alteração na qualidade da água subterrânea.

#### 5.6.4.4 Análise de dados

Os dados obtidos no monitoramento da qualidade da água subterrânea serão analisados de forma integrada, considerando a distribuição espacial dos piezômetros, a evolução temporal dos parâmetros monitorados e a aplicação de procedimentos estatísticos que permitam avaliar tendências, padrões de variabilidade e possíveis alterações na qualidade ambiental do sistema aquífero, sendo comparados com a legislação federal (Resolução Conama nº 396/2008) e estadual (Portaria FEPAM nº 68/2019, Art. 4º, parágrafo único) as quais definem todas as águas subterrâneas como Classe 3.

A análise será conduzida de forma a permitir a identificação de possíveis anomalias hidrogeoquímicas, a avaliação de diferenças entre os distintos setores da área de estudo e a verificação de eventuais associações entre os resultados observados e as atividades operacionais do empreendimento.

Para esse fim, os dados serão organizados em banco de dados estruturado e submetidos às análises espacial, temporal e estatística descritas nos itens a seguir.

##### 5.6.4.4.1 Análise espacial

A análise espacial dos resultados do monitoramento da qualidade da água subterrânea tem como objetivo avaliar a distribuição dos parâmetros hidrogeoquímicos na rede de piezômetros, identificar possíveis padrões espaciais de variação na qualidade da água e verificar eventuais relações entre os resultados observados, a dinâmica do fluxo subterrâneo e as áreas operacionais da UTE Candiota III.

Para essa finalidade, os resultados analíticos obtidos em cada campanha de monitoramento serão organizados em banco de dados georreferenciado, permitindo sua integração com a localização dos piezômetros, com o modelo conceitual hidrogeológico da área e com o mapeamento das estruturas operacionais do empreendimento. A interpretação espacial será conduzida considerando simultaneamente a posição hidráulica dos poços, a direção preferencial do fluxo subterrâneo e a proximidade de áreas potencialmente geradoras de impacto ambiental.

Conforme apresentado na tabela a seguir onde estão é possível verificar a classificação hidrogeológica dos piezômetros da rede de monitoramento, os poços foram organizados em grupos funcionais de análise, definidos a partir de sua posição no sistema de fluxo subterrâneo e de sua relação com as estruturas do empreendimento. Essa classificação permite estabelecer uma base comparativa para a interpretação espacial dos resultados, distinguindo condições de referência hidrogeoquímica, setores diretamente associados às atividades operacionais e áreas de jusante hidráulico potencialmente sujeitas à migração de contaminantes.

Tabela 8- Classificação hidrogeológica dos piezômetros da rede de monitoramento da UTE Candiota III.

Grupo hidrogeológico	Função no monitoramento	Piezômetros
Poços de referência hidrogeológica	Representar condições de fundo do sistema aquífero	PM-6, PM-7, PM-13, PM-14
Poços de controle da área operacional	Avaliar possíveis influências das atividades industriais da usina	PM-1, PM-2, PM-3, PM-4, PM-9, PM-10, PM-12
Poços associados a estruturas específicas	Monitorar setores operacionais específicos (almojarifado e áreas de apoio)	PM-5, PM-13, PM-14
Poços sentinela de jusante hidráulico	Detectar possível migração de contaminantes ao longo do fluxo subterrâneo	PM-16, PM-17, PM-19, PM-20

OBS: PM-13 e PM-14 aparecem em dois grupos porque hidrogeologicamente funcionam como referência regional, mas operacionalmente estão próximos ao almojarifado, permitindo avaliar simultaneamente condição de fundo e possível influência local.

Fonte: Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2026.

Nesse contexto, os resultados obtidos nos poços de referência hidrogeológica, localizados em setores de montante hidráulico, serão utilizados como base para caracterizar as condições naturais do sistema aquífero e estabelecer parâmetros de comparação para os demais grupos de piezômetros. Por sua vez, os poços de controle da área operacional e os poços associados a estruturas específicas do

empreendimento permitirão avaliar possíveis alterações hidrogeoquímicas relacionadas às atividades industriais, ao armazenamento e à movimentação de materiais ou a outras estruturas presentes na área da usina.

Os poços sentinela de jusante hidráulico, posicionados ao longo das trajetórias preferenciais de fluxo subterrâneo em direção ao vale do Arroio Candiota, desempenham papel estratégico na análise espacial, uma vez que possibilitam verificar se eventuais alterações observadas nos setores operacionais estão sendo transportadas ao longo do sistema aquífero.

Para fins de interpretação espacial dos resultados do monitoramento da qualidade da água subterrânea, os piezômetros da rede de monitoramento da UTE Candiota III foram classificados de acordo com sua posição hidrogeológica relativa no sistema de fluxo subterrâneo, considerando o modelo conceitual de fluxo regional, a distribuição das cargas piezométricas e a localização dos poços em relação às áreas operacionais do empreendimento.

Essa organização permite distinguir poços representativos de áreas de recarga, poços localizados na área operacional da usina e poços situados em zonas de descarga do sistema aquífero, possibilitando avaliar a coerência espacial das alterações observadas na qualidade da água subterrânea e identificar possíveis trajetórias de transporte de contaminantes ao longo do gradiente hidráulico regional.

A tabela a seguir apresenta a classificação interpretativa dos poços de monitoramento adotada no presente programa.

Tabela 9 -Classificação hidrogeológica dos poços de monitoramento da UTE Candiota III para fins de interpretação espacial da qualidade da água subterrânea

Grupo interpretativo	Poços de monitoramento	Posição hidrogeológica	Características ambientais	Função na interpretação do monitoramento
Poços situados em áreas de recarga do aquífero	PM-6; PM-7	Setores topograficamente mais elevados da área da usina (porção norte/noroeste)	Maiores cotas piezométricas da rede de monitoramento, indicando zonas potenciais de infiltração e alimentação do sistema aquífero.	Pontos de referência hidrogeológica para caracterização das condições naturais do aquífero e comparação com setores potencialmente influenciados.
Poços localizados na área operacional do empreendimento	PM-1; PM-2; PM-3; PM-4; PM-5; PM-9; PM-10; PM-12; PM-13; PM-14	Área industrial da UTE Candiota (Fases B e C, almoxarifado e áreas operacionais associadas)	Setores com maior presença de atividades industriais, circulação e armazenamento de materiais.	Pontos prioritários para avaliação de possíveis influências das atividades do empreendimento sobre a qualidade da água subterrânea.
Poços situados em zonas de descarga do sistema aquífero	PM-16; PM-17; PM-19; PM-20	Porção leste da área de estudo, nas proximidades do vale do Arroio Candiota	Menores cotas piezométricas da rede, indicando convergência do fluxo subterrâneo regional em direção ao curso d'água.	Pontos de controle de jusante hidráulico para detecção de possíveis plumas de contaminação transportadas pelo fluxo subterrâneo.

Fonte: Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2026.

Com base nessa estrutura de análise, poderão ser elaborados mapas temáticos de distribuição espacial dos parâmetros monitorados, utilizando ferramentas de geoprocessamento e, quando aplicável, técnicas de interpolação espacial. Esses produtos cartográficos permitirão visualizar gradientes hidrogeoquímicos, identificar concentrações anômalas e avaliar a coerência entre a distribuição espacial dos resultados e a direção preferencial do fluxo subterrâneo.

A análise espacial também permitirá identificar padrões como:

- ⇒ Diferenças sistemáticas entre poços de montante e jusante hidráulico;
- ⇒ Concentrações elevadas restritas a determinados setores da área operacional;
- ⇒ Gradientes de concentração ao longo da direção do fluxo subterrâneo;
- ⇒ Ocorrência de anomalias hidrogeoquímicas localizadas em piezômetros específicos.

Dessa forma, a análise espacial constitui etapa fundamental da interpretação integrada dos dados de monitoramento, permitindo relacionar os resultados analíticos com a configuração hidrogeológica da área e com os potenciais vetores de influência ambiental associados às atividades da UTE Candiota III.

#### 5.6.4.4.2 *Análise temporal*

A análise temporal tem como objetivo avaliar a evolução da qualidade da água subterrânea ao longo do tempo, identificar possíveis tendências de alteração nos parâmetros monitorados e distinguir variações naturais do sistema aquífero de alterações potencialmente associadas às atividades operacionais da UTE Candiota III.

Para essa finalidade, os resultados obtidos nas campanhas trimestrais de monitoramento serão organizados em séries temporais por piezômetro e por parâmetro, permitindo acompanhar a evolução das concentrações ao longo do período de monitoramento. Essa abordagem possibilita avaliar a ocorrência de variações sazonais, tendências de aumento ou redução de determinados parâmetros e eventuais alterações persistentes na qualidade da água subterrânea.

A análise temporal será realizada considerando a estrutura da rede de monitoramento apresentada na tabela anterior de classificação hidrogeológica dos piezômetros, permitindo assim, comparar a evolução dos parâmetros entre os

diferentes grupos funcionais de poços, a saber: poços de referência hidrogeológica, poços de controle da área operacional, poços associados a estruturas específicas do empreendimento e poços sentinela de jusante hidráulico.

Nesse contexto, os resultados obtidos nos poços de referência hidrogeológica serão utilizados para caracterizar a variabilidade natural do sistema aquífero ao longo do tempo, permitindo estabelecer uma linha de base hidrogeoquímica para a interpretação das variações observadas nos demais piezômetros da rede de monitoramento.

Por sua vez, a análise temporal dos poços de controle da área operacional e dos poços associados a estruturas específicas do empreendimento permitirá avaliar a ocorrência de alterações hidrogeoquímicas que possam estar relacionadas às atividades industriais da usina, incluindo possíveis processos de infiltração de contaminantes ou modificações na composição da água subterrânea decorrentes das operações do empreendimento.

Adicionalmente, os resultados obtidos nos poços sentinela de jusante hidráulico serão avaliados de forma integrada com os dados provenientes dos poços localizados em montante e na área operacional, permitindo verificar se eventuais alterações observadas apresentam continuidade temporal e espacial ao longo da direção preferencial do fluxo subterrâneo.

A análise temporal incluirá, entre outros aspectos:

- ⇒ Comparação entre os resultados obtidos nas diferentes campanhas de monitoramento;
- ⇒ Avaliação da ocorrência de variações sazonais nos parâmetros hidrogeoquímicos;
- ⇒ Identificação de tendências de aumento ou redução de concentrações ao longo do tempo;
- ⇒ Verificação da persistência ou recorrência de valores elevados em determinados piezômetros;
- ⇒ Análise da evolução temporal de parâmetros considerados indicadores de influência antrópica.

Quando disponíveis, os resultados também poderão ser comparados com dados históricos de monitoramento, permitindo avaliar a evolução da qualidade da água subterrânea em escalas temporais mais amplas e identificar possíveis mudanças no comportamento hidrogeoquímico do sistema aquífero ao longo do tempo.

A interpretação temporal dos dados será realizada de forma integrada com a análise espacial e com o modelo conceitual hidrogeológico da área, considerando também as condições hidrológicas registradas em cada período de monitoramento, tais como variações no regime de precipitação e oscilações no nível freático.

#### *5.6.4.4.3 Tratamento estatístico*

O tratamento estatístico dos dados tem como objetivo apoiar a interpretação dos resultados do monitoramento da qualidade da água subterrânea, permitindo avaliar a variabilidade dos parâmetros analisados, identificar possíveis anomalias e verificar diferenças entre os grupos de piezômetros que compõem a rede de monitoramento.

Inicialmente, os dados obtidos em cada campanha serão submetidos a análise estatística descritiva, incluindo cálculo de média, mediana, valores mínimo e máximo, desvio padrão e coeficiente de variação. Esses indicadores permitem caracterizar a dispersão dos resultados e identificar eventuais valores discrepantes que possam indicar anomalias hidrogeoquímicas ou necessidade de verificação adicional dos dados.

Adicionalmente, os resultados poderão ser avaliados quanto à distribuição estatística dos dados, utilizando testes de normalidade quando necessário, de modo a orientar a escolha de procedimentos analíticos adequados.

A análise estatística também permitirá comparar os resultados entre os diferentes grupos de piezômetros definidos na tabela de classificação hidrogeológica dos piezômetros, incluindo poços de referência hidrogeológica, poços de controle da área operacional, poços associados a estruturas específicas do empreendimento e poços sentinela de jusante hidráulico.

Quando aplicável, poderão ser realizadas análises complementares para avaliar tendências temporais e correlações entre parâmetros hidrogeoquímicos, bem como análises multivariadas exploratórias, como a Análise de Componentes Principais (ACP), com o objetivo de identificar padrões de associação entre variáveis e possíveis agrupamentos de amostras.

Os resultados do tratamento estatístico serão interpretados de forma integrada com as análises espacial e temporal, contribuindo para a avaliação da evolução da

qualidade da água subterrânea e para a identificação de possíveis alterações associadas às atividades da UTE Candiota III.

#### *5.6.4.4 Avaliação dos indicadores da qualidade*

A avaliação dos indicadores da qualidade da água subterrânea será realizada por meio da interpretação integrada dos parâmetros físico-químicos, químicos, microbiológicos e ecotoxicológicos monitorados, considerando os resultados obtidos nas campanhas de monitoramento, a posição hidrogeológica dos piezômetros e a dinâmica do fluxo subterrâneo na área de influência da UTE Candiota III.

A análise dos resultados será conduzida com base nos valores orientadores estabelecidos na legislação ambiental aplicável, em especial na Resolução CONAMA nº 396/2008, que dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, e na Portaria FEPAM nº 68/2019, cujo Art. 4º, parágrafo único, estabelece que, no estado do Rio Grande do Sul, todas as águas subterrâneas são consideradas Classe 3, até que seja definido enquadramento específico para os corpos aquíferos.

Dessa forma, os resultados obtidos no monitoramento serão comparados com os valores de referência aplicáveis à Classe 3 de águas subterrâneas, conforme definido na Resolução CONAMA nº 396/2008, permitindo avaliar a conformidade dos parâmetros analisados e identificar possíveis alterações na qualidade ambiental do sistema aquífero.

A interpretação dos indicadores considerará não apenas a ocorrência pontual de valores acima dos limites de referência, mas também aspectos como:

- ⇒ A persistência temporal de concentrações elevadas em determinados piezômetros;
- ⇒ A distribuição espacial dos resultados na rede de monitoramento;
- ⇒ A coerência dos padrões observados com a direção do fluxo subterrâneo;
- ⇒ A comparação entre os resultados obtidos nos poços de referência hidrogeológica, nos poços de controle da área operacional e nos poços sentinela de jusante hidráulico, conforme classificação apresentada anteriormente.

Essa abordagem permite avaliar se os valores observados refletem variações naturais do sistema aquífero ou se apresentam comportamento espacial e temporal

compatível com possíveis influências antrópicas associadas às atividades operacionais do empreendimento.

A avaliação integrada dos indicadores da qualidade da água subterrânea permitirá, portanto, caracterizar a condição ambiental do sistema aquífero na área monitorada, identificar eventuais tendências de alteração hidrogeoquímica e subsidiar a análise crítica dos impactos ambientais e a definição de critérios de interpretação e resposta no âmbito do presente programa de monitoramento.

#### *5.6.4.4.5 Avaliação crítica dos impactos ambientais*

A avaliação crítica dos impactos ambientais será realizada a partir da interpretação integrada dos resultados do monitoramento da qualidade da água subterrânea, considerando as análises espacial e temporal dos parâmetros monitorados, os indicadores de qualidade definidos neste programa e o modelo conceitual hidrogeológico da área de influência da UTE Candiota III.

A análise buscará verificar se as alterações observadas nos parâmetros hidrogeoquímicos são compatíveis com a variabilidade natural do sistema aquífero ou se apresentam indícios de influência antrópica associada às atividades operacionais do empreendimento.

Para essa avaliação serão considerados, de forma integrada:

- ⇒ A posição hidrogeológica dos piezômetros, conforme classificação apresentada (poços de referência, poços de controle da área operacional, poços associados a estruturas específicas e poços sentinela de jusante hidráulico);
- ⇒ A direção preferencial do fluxo subterrâneo definida a partir da análise potenciométrica;
- ⇒ A proximidade de estruturas operacionais ou áreas potencialmente geradoras de impacto;
- ⇒ A persistência temporal das alterações nos parâmetros monitorados;
- ⇒ A coerência espacial das concentrações em relação à dinâmica do fluxo subterrâneo.

A análise também considerará a comparação dos resultados com os valores orientadores estabelecidos na Resolução CONAMA nº 396/2008, adotando-se como

referência as condições definidas para águas subterrâneas Classe 3, conforme também estabelecido pela Portaria FEPAM nº 68/2019 (Art. 4º, parágrafo único).

A interpretação dos resultados do monitoramento da qualidade da água subterrânea será realizada de forma integrada ao monitoramento da qualidade das águas superficiais na área de influência da UTE Candiota III, considerando a conexão hidrológica existente entre o sistema aquífero local e o sistema de drenagem superficial representado principalmente pelo Arroio Candiota.

A análise da superfície potenciométrica elaborada a partir das medições de nível d'água nos piezômetros indica a presença de um gradiente hidráulico regional bem definido, no qual as maiores cotas piezométricas concentram-se nos setores oeste e noroeste da área da usina, enquanto os menores valores ocorrem na porção leste da área, nas proximidades do vale do Arroio Candiota. Esse padrão indica que o fluxo subterrâneo regional ocorre predominantemente no sentido oeste/noroeste para leste/sudeste, convergindo em direção ao vale do curso d'água.

Nesse contexto hidrogeológico, o Arroio Candiota tende a atuar como zona de descarga do sistema aquífero local, recebendo contribuição de fluxo subterrâneo proveniente das áreas mais elevadas da área industrial e do entorno do empreendimento. Assim, eventuais contaminantes introduzidos no aquífero em setores montante da área da usina poderão migrar acompanhando o gradiente hidráulico regional, deslocando-se em direção às áreas de menor potencial hidráulico e, potencialmente, contribuindo para a descarga subterrânea no sistema de drenagem superficial.

Dessa forma, a interpretação ambiental dos resultados do monitoramento da qualidade da água subterrânea será realizada de maneira integrada com os dados obtidos no Subprograma de Monitoramento da Qualidade das Águas Superficiais, permitindo:

- ⇒ Avaliar a existência de relações entre alterações observadas na água subterrânea e na água superficial;
- ⇒ Verificar a possível contribuição do fluxo subterrâneo para a qualidade da água do arroio candiota;
- ⇒ Identificar eventuais trajetórias de transporte de contaminantes no sistema hidrogeológico local;

⇒ Diferenciar alterações associadas ao empreendimento de variações decorrentes de outras atividades antrópicas presentes na bacia, como mineração de carvão, agricultura ou ocupação urbana.

A integração entre os dois programas de monitoramento possibilita uma avaliação ambiental mais abrangente do sistema hidrológico local, permitindo compreender de forma mais consistente os processos de interação entre águas subterrâneas e superficiais e fortalecendo a capacidade do programa de identificar eventuais impactos associados à operação da UTE Candiota III.

A partir dessa avaliação integrada será possível identificar possíveis sinais de alteração na qualidade da água subterrânea, avaliar sua magnitude e extensão espacial e verificar sua eventual relação com as atividades do empreendimento, subsidiando a definição de critérios de interpretação e eventuais medidas de gestão ambiental.

#### 5.6.4.4.6 Critérios de interpretação e resposta

Os critérios de interpretação e resposta têm como finalidade orientar a análise dos resultados obtidos no monitoramento da qualidade da água subterrânea e estabelecer diretrizes para a tomada de decisão diante de eventuais alterações nos parâmetros monitorados.

A interpretação dos resultados será realizada com base na análise integrada dos dados espaciais, temporais e estatísticos, considerando a posição hidrogeológica dos piezômetros, a dinâmica do fluxo subterrâneo e os valores de referência estabelecidos na legislação ambiental aplicável, especialmente a Resolução CONAMA nº 396/2008, adotando-se como referência os limites estabelecidos para águas subterrâneas Classe 3, conforme também definido pela Portaria FEPAM nº 68/2019 (Art. 4º, parágrafo único).

A ocorrência de resultados superiores aos valores orientadores ou a identificação de padrões anômalos nos parâmetros monitorados não será interpretada de forma isolada, devendo ser analisada em conjunto com a posição hidráulica do poço, a persistência temporal da alteração e sua coerência espacial em relação à direção do fluxo subterrâneo.

Dessa forma, poderão ser adotados os seguintes critérios gerais de interpretação:

- ⇒ Alterações pontuais, registradas em apenas uma campanha ou em um único piezômetro, serão inicialmente avaliadas quanto à possibilidade de influência de variações naturais do sistema aquífero, condições locais do poço ou eventuais incertezas analíticas;
- ⇒ Alterações recorrentes em campanhas sucessivas, especialmente quando observadas em piezômetros localizados na área operacional do empreendimento, poderão indicar possíveis mudanças nas condições hidrogeoquímicas do aquífero e demandar análise mais detalhada dos dados;
- ⇒ Gradientes espaciais coerentes com a direção do fluxo subterrâneo, com aumento de concentrações em piezômetros localizados a jusante hidráulico, poderão indicar possível migração de substâncias ao longo do sistema aquífero;
- ⇒ Alterações simultâneas em diferentes piezômetros de um mesmo setor, particularmente quando associadas a estruturas operacionais do empreendimento, poderão indicar a necessidade de investigação complementar para identificação de possíveis fontes de influência.

Nos casos em que forem identificadas alterações persistentes ou padrões hidrogeoquímicos que indiquem possível influência antrópica, poderão ser adotadas medidas de resposta, tais como:

- ⇒ Verificação e validação dos resultados analíticos obtidos;
- ⇒ Intensificação da avaliação temporal dos parâmetros afetados;
- ⇒ Realização de análises complementares ou campanhas adicionais de monitoramento;
- ⇒ Revisão da interpretação hidrogeológica local;
- ⇒ Avaliação da necessidade de adoção de medidas de gestão ou controle ambiental.

Esses critérios visam assegurar que a interpretação dos resultados seja conduzida de forma técnica e consistente, permitindo identificar precocemente eventuais alterações na qualidade da água subterrânea e orientar a adoção de medidas adequadas de acompanhamento e gestão ambiental no âmbito do Programa de Monitoramento da Água Subterrânea da UTE Candiota III.

Tabela 10- Matriz de Avaliação Integrada programa de monitoramento da qualidade da água subterrânea.

Impacto Ambiental Associado	Componente / eixo avaliado	Objetivo	Indicadores	Meta operacional	Meta numérica proposta	Critério de interpretação	Resultado esperado	Ação / resposta	Texto-base para relatório
<b>Alteração da qualidade da água subterrânea por infiltração/percolação de substâncias associadas às estruturas e operações da UTE.</b>	Qualidade hidrogeológica, microbiológica e ecotoxicológica	Monitorar, de forma sistemática, a qualidade da água subterrânea na área de influência direta da UTE Candiota III, com vistas a identificar, caracterizar e acompanhar alterações potencialmente associadas à operação do empreendimento.	Indicadores hidrogeológicos; físico-químicos de campo; mineralização/salinização; nutrientes/matéria orgânica; metais; compostos orgânicos; microbiológicos; ecotoxicológicos.	Manter vigilância preventiva do sistema aquífero, com capacidade de detecção precoce de alterações incompatíveis com o comportamento o esperado do meio subterrâneo.	Ausência de tendência a crescente (Mann-Kendall $p > 0,05$ ); variação $< 20\%$ baseline	Comparação com valores orientadores, análise integrada da distribuição espacial dos resultados, persistência temporal, posição hidrogeológica dos piezômetros e coerência com o fluxo subterrâneo.	Manutenção da condição hidrogeológica, microbiológica e ecotoxicológica compatível com os valores orientadores e ausência de padrão consistente de alteração antrópica.	Validar anomalias; investigar setores críticos; reavaliar rede e modelo conceitual; intensificar monitoramento e propor medidas preventivas/corretivas quando houver alterações persistentes.	O subprograma deverá acompanhar a evolução da qualidade da água subterrânea de forma preventiva, diagnóstica e gerencial, permitindo a identificação de alterações hidrogeológicas, microbiológicas e ecotoxicológicas e a verificação de sua possível associação com a operação da UTE Candiota III.
<b>Interpretação inadequada do sistema aquífero e limitação da capacidade de detecção de trajetórias de migração e zonas de influência.</b>	Modelo conceitual hidrogeológico e comportamento do aquífero	Atualizar e utilizar o modelo conceitual hidrogeológico local como base para a interpretação integrada dos resultados.	Nível estático, cota piezométrica, gradiente hidráulico, sentido do fluxo subterrâneo, classificação hidrogeológica dos poços.	Manter o modelo conceitual hidrogeológico atualizado e coerente com as medições de campo, servindo de base para leitura causal entre fonte, trajetória e receptor.	Ausência de tendência a crescente (Mann-Kendall $p > 0,05$ ); variação $< 20\%$ baseline	Compatibilidade e entre níveis d'água, gradiente hidráulico, sentido de fluxo e comportamento hidrogeológico observado; atualização interpretativa contínua do modelo conceitual.	Modelo conceitual hidrogeológico coerente com os dados de campo e apto a sustentar a distinção entre variabilidade natural e influência operacional.	Atualizar a interpretação hidrogeológica; revisar posição/função dos poços; complementar investigação quando houver inconsistência entre modelo conceitual e resultados monitorados.	A interpretação dos resultados de água subterrânea deverá estar permanentemente vinculada ao modelo conceitual hidrogeológico da área, considerando posição hidráulica dos poços, direção de fluxo, áreas de recarga e descarga e relação com

Impacto Ambiental Associado	Componente / eixo avaliado	Objetivo	Indicadores	Meta operacional	Meta numérica proposta	Critério de interpretação	Resultado esperado	Ação / resposta	Texto-base para relatório
									estruturas operacionais e potenciais fontes de contaminação.
<b>Influência de fontes potenciais do empreendimento sobre setores críticos do aquífero e fortalecimento do nexo causal entre fonte, trajetória e receptor.</b>	Fontes potenciais, nexos causal e setores críticos	Investigar a relação entre a assinatura hidroquímica das águas subterrâneas e possíveis fontes de contaminação presentes no empreendimento, fortalecendo o nexos causal entre fonte, trajetória de fluxo e receptor ambiental.	Distribuição espacial de alterações; proximidade a estruturas; coerência com fluxo subterrâneo; grupos prioritários de poços para investigação.	Detectar precocemente padrões consistentes de alteração em poços e setores críticos e, quando necessário, orientar investigação confirmatória e revisão da malha.	Ausência de tendência crescente (Mann-Kendall $p > 0,05$ ); variação $< 20\%$ baseline	Avaliação de padrões anômalos em poços prioritários, coerência com a direção de fluxo, associação espacial com estruturas operacionais e recorrência em campanhas sucessivas.	Deteção precoce e delimitação de eventuais setores críticos, com manutenção de condição sem propagação consistente de alteração associada ao empreendimento.	Executar investigação confirmatória; revisar fontes potenciais; avaliar necessidade de otimização da malha, campanhas adicionais e ações corretivas setoriais.	Deverão ser priorizados os poços e setores com maior potencial de registro de influência industrial, de modo a fortalecer a avaliação causal entre áreas operacionais, trajetórias preferenciais de fluxo subterrâneo e alterações observadas na qualidade da água.
<b>Perda de rastreabilidade temporal e incapacidade de detectar tendência, recorrência ou agrupamento de alterações na água subterrânea.</b>	Série histórica, estatística e tendência temporal	Comparar a evolução da qualidade da água subterrânea com a série histórica disponível, incorporando análises temporais completas, estatística descritiva, análise de tendência e	Estatística descritiva e inferencial, incluindo avaliação da distribuição dos dados, variabilidade, tendências e aplicação de análises multivariadas, conforme aplicável.	Manter série histórica completa, comparável e interpretável, apta a evidenciar tendências, recorrência de anomalias e agrupamentos entre poços.	Ausência de tendência crescente (Mann-Kendall $p > 0,05$ ); variação $< 20\%$ baseline	Análise descritiva, comparativa e multivariada em série histórica; avaliação de tendência temporal, persistência de elevações e agrupamentos entre poços e setores.	Série histórica estável, comparável e suficientemente sensível para identificar mudança relevante na qualidade da água subterrânea.	Revisar consistência do banco de dados; aprofundar análise estatística; redefinir periodicidade ou abordagem interpretativa quando a série histórica indicar mudança persistente.	Os dados do monitoramento deverão ser organizados em série histórica estruturada, permitindo a identificação de tendências temporais, recorrência de valores elevados e padrões integrados de similaridade ou diferenciação entre os distintos

Impacto Ambiental Associado	Componente / eixo avaliado	Objetivo	Indicadores	Meta operacional	Meta numérica proposta	Critério de interpretação	Resultado esperado	Ação / resposta	Texto-base para relatório
		ferramentas multivariadas.							grupos de piezômetros.
<b>Ausência de resposta gerencial tempestiva diante de padrões persistentes ou espacialmente coerentes de alteração da água subterrânea.</b>	Critérios de alerta, investigação e resposta gerencial	Subsidiar a definição de critérios de alerta, investigação confirmatória, resposta gerencial e adoção de medidas preventivas, corretivas e mitigadoras.	Alterações pontuais versus recorrentes; gradientes coerentes com o fluxo; alterações simultâneas em setores; comparação com padrões legais.	Acionar validação analítica, intensificação temporal, campanhas adicionais, revisão hidrogeológica e medidas de gestão sempre que houver alteração persistente ou coerente com influência antrópica.	Ausência de tendência a crescente (Mann-Kendall $p > 0,05$ ); variação $< 20\%$ baseline	Aplicação de critérios graduados com base em recorrência, distribuição espacial, coerência com o fluxo, simultaneidade entre poços e aderência aos valores de referência.	Tomada de decisão estruturada, proporcional ao grau de evidência, com resposta tempestiva a alterações persistentes ou anômalas.	Acionar validação, investigação confirmatória, campanhas complementares, revisão hidrogeológica e medidas de gestão conforme o padrão e a persistência da alteração.	A interpretação dos resultados deverá orientar respostas graduadas de gestão ambiental, priorizando validação analítica, campanhas complementares, revisão do modelo conceitual e adoção de medidas de controle sempre que forem observados padrões persistentes ou espacialmente coerentes com influência antrópica.

Fonte – Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2026.

#### 5.6.4.4.7 *Produtos e forma de apresentação de resultados*

Os resultados obtidos no Programa de Gerenciamento da Qualidade da Água Subterrânea serão consolidados e apresentados em relatórios técnicos anuais, elaborados com o objetivo de documentar as atividades de monitoramento realizadas, apresentar os resultados analíticos obtidos e interpretar a evolução da qualidade da água subterrânea na área de influência da UTE Candiota III.

Os relatórios deverão conter a descrição das atividades de campo realizadas em cada campanha de monitoramento, incluindo procedimentos de medição de nível d'água, purga dos piezômetros, coleta de amostras e medições de parâmetros físico-químicos in situ, bem como a identificação dos métodos analíticos utilizados para a determinação dos parâmetros laboratoriais.

Os resultados analíticos serão apresentados por meio de tabelas, gráficos e produtos cartográficos, permitindo a visualização clara da distribuição espacial e da evolução temporal dos parâmetros monitorados. Entre os principais produtos que comporão os relatórios destacam-se:

- ⇒ Tabelas consolidadas com os resultados analíticos obtidos em cada campanha de monitoramento;
- ⇒ Gráficos de séries temporais para os principais parâmetros monitorados, organizados por piezômetro;
- ⇒ Mapas temáticos de distribuição espacial dos parâmetros hidrogeoquímicos relevantes;
- ⇒ Mapas potenciométricos atualizados, indicando as linhas equipotenciais e a direção preferencial do fluxo subterrâneo;
- ⇒ Síntese interpretativa dos resultados, considerando os indicadores de qualidade da água subterrânea definidos neste programa.

Os relatórios também deverão apresentar a análise integrada dos dados, contemplando as avaliações espacial, temporal e estatística, bem como a interpretação dos resultados à luz da legislação ambiental aplicável, especialmente a Resolução CONAMA nº 396/2008 e a Portaria FEPAM nº 68/2019, que estabelece o enquadramento das águas subterrâneas no estado do Rio Grande do Sul.

Adicionalmente, os relatórios deverão apresentar a avaliação crítica dos resultados do monitoramento, indicando a ocorrência de eventuais alterações na qualidade da água subterrânea, sua possível relação com as atividades do empreendimento e a aplicação dos critérios de interpretação e resposta definidos neste programa.

Sempre que pertinente, os relatórios poderão incluir recomendações técnicas relacionadas à continuidade do monitoramento, à necessidade de investigações complementares ou à adoção de medidas de gestão ambiental voltadas à proteção da qualidade da água subterrânea.

A apresentação sistematizada desses produtos permitirá acompanhar a evolução das condições hidrogeoquímicas do sistema aquífero ao longo do tempo, garantindo transparência na comunicação dos resultados do monitoramento e subsidiando a gestão ambiental da área de influência da UTE Candiota III.

#### 5.6.4.5 Cronograma

O cronograma proposto a seguir visa assegurar a integração entre as diferentes etapas dos programas de monitoramento ambiental, permitindo a avaliação contínua das condições ambientais, a identificação de tendências e o suporte à tomada de decisão no âmbito da gestão ambiental do empreendimento.

Tabela 11- Cronograma de Execução do Programa de Gerenciamento de Águas Subterrâneas

Etapa	Descrição	Período / Frequência
Campanhas de monitoramento	Realização de duas campanhas anuais de amostragem	Últimas duas semanas do verão e últimas duas semanas do inverno
Análises laboratoriais	Processamento das amostras e emissão de laudos laboratoriais	Até 40 dias após cada campanha
Análise dos resultados	Interpretação dos dados, avaliação integrada e consolidação das informações	Outubro a janeiro de cada ciclo anual
Relatório anual	Elaboração e entrega do relatório técnico consolidado	Fevereiro de cada ano

Fonte – Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2026.

## 5.7 SUBPROGRAMA DE MONITORAMENTO DOS SEDIMENTOS

### 5.7.1 Justificativa

Os sedimentos superficiais de fundo constituem importante compartimento integrador da qualidade ambiental dos sistemas aquáticos, uma vez que atuam como meio de deposição, retenção e eventual remobilização de contaminantes associados às atividades antrópicas desenvolvidas na bacia hidrográfica.

No caso da UTE Candiota III, o monitoramento de sedimentos é particularmente relevante em função do potencial de aporte de metais e outros compostos associados à combustão do carvão mineral, ao sistema de tratamento de efluentes, à drenagem superficial da área industrial e ao carreamento de partículas finas provenientes das estruturas operacionais do empreendimento.

Os pareceres técnicos do IBAMA (SEI-23994342, Nº 98 e SEI-16779174, Nº 130) indicam que a abordagem anteriormente adotada para os sedimentos não é adequada para avaliar os impactos da UTE, por se basear predominantemente em índices normalizados construídos sobre background regional historicamente influenciado por atividades antrópicas, além de comparações com valores generalistas, como crosta terrestre, Clarke geoquímico e folhelhos médios, que não representam adequadamente a geologia local nem a dinâmica sedimentar do sistema fluvial monitorado

O IBAMA concluiu que a comparação espacial entre pontos de controle e pontos de impacto é a estratégia mais apropriada para verificar se a UTE está causando impacto nos sedimentos, destacando que P2 pode ser considerado ponto de controle operacional no Arroio Candiota, P8 o ponto mais sensível para detectar diretamente a assinatura geoquímica do lançamento da UTE, e P4 o ponto chave para avaliar a transferência da carga ao canal principal após a mistura.

### 5.7.2 Objetivo

Monitorar a qualidade dos sedimentos superficiais de fundo na área de influência da UTE Candiota III, com foco na identificação, avaliação e acompanhamento de incrementos de carga contaminante associados à operação da usina.

### 5.7.2.1 Objetivos específicos

- ⇒ Caracterizar a composição física, química e ecotoxicológica dos sedimentos superficiais nos corpos hídricos inseridos na área de influência da UTE Candiota III;
- ⇒ Avaliar espacialmente a qualidade dos sedimentos por meio da comparação entre pontos de referência, pontos de controle e pontos potencialmente influenciados pelo lançamento de efluentes da usina;
- ⇒ Identificar incrementos espaciais e temporais nas concentrações de metais e de outros elementos e compostos potencialmente associados às atividades operacionais da UTE Candiota III;
- ⇒ Avaliar a dinâmica de deposição, transporte e enriquecimento dos sedimentos nas zonas de lançamento do efluente, na zona de mistura com o Arroio Candiota e nos trechos de jusante, verificando a persistência, diluição ou atenuação da carga de contaminantes;
- ⇒ Investigar padrões de enriquecimento sedimentar associados a processos de combustão do carvão mineral, à drenagem industrial e ao sistema de tratamento de efluentes da usina;
- ⇒ Avaliar tendências temporais na composição geoquímica dos sedimentos ao longo das campanhas de monitoramento;
- ⇒ Verificar a ocorrência de concentrações de metais e compostos orgânicos potencialmente capazes de causar efeitos adversos à biota aquática;
- ⇒ Subsidiar a avaliação da contribuição da UTE Candiota III para a qualidade ambiental do sistema hídrico da bacia do Arroio Candiota;
- ⇒ Fornecer subsídios técnicos para a identificação de áreas críticas e para a adoção de medidas de controle ou mitigação, quando necessário.

### 5.7.3 Rede de monitoramento

O monitoramento de sedimentos será realizado nos mesmos pontos do subprograma de água superficial, com ênfase interpretativa diferenciada conforme a função hidrológica e ambiental de cada ponto.

Para fins de avaliação de impacto da UTE, os pontos serão organizados nos seguintes grupos:

- ⇒ Ponto de referência de montante: P1;
- ⇒ Ponto de controle operacional no Arroio Candiota: P2, localizado após as barragens e o wetland que recebe esgoto da vila, mas antes de qualquer influência do efluente tratado da UTE;
- ⇒ Ponto de impacto direto do lançamento: P8, localizado no arroio sem nome que recebe diretamente o efluente tratado da UTE, antes da confluência com o Arroio Candiota, sendo o ponto mais sensível para detectar a assinatura geoquímica imediata associada ao lançamento
- ⇒ Ponto de mistura no canal principal: P4, utilizado para avaliar a assimilação, diluição ou persistência da carga transportada pelo tributário impactado após sua entrada no Arroio Candiota
- ⇒ Pontos de integração dos impactos regionais: P5, P7 e P9, destinados à avaliação da persistência, atenuação ou propagação da carga sedimentar a jusante.

Tabela 12 – Pontos de monitoramento da qualidade das águas superficiais, coordenada e identificação dos pontos de amostragem a serem monitorados para a área de influência da Usina Termelétrica Candiota III.

Pontos	Arroio	Coordenadas UTM 22J		Identificação do ponto amostral
		N	E	
P1	Candiota	6518528,00	243952,00	Ponto à montante da BR 293
P2	Candiota	6504315,25	247303,14	Ponto à jusante da Barragem I
P4	Candiota	6503415,00	246365,00	Ponto de jusante a área de lançamento dos efluentes da Usina UTE Candiota, avalia a capacidade de diluição do efluente e de autodepuração do arroio Candiota,
P5	Candiota	6495108,00	240637,00	Ponto de jusante, permite avaliar a carga poluente das atividades minerárias e agrícolas;
P7	Candiota	6474399,00	229614,00	Ponto de jusante, localizado após a foz do Arroio Poacá e de todas as fontes consideradas potencialmente geradoras de impactos ambientais
P8	Arroio sem nome	6504253,00	245253,16	Ponto de lançamento do efluente tratado da termelétrica
P9	Candiota	6498409,48	244763,5	Ponto de jusante da P4 e após a foz tributário arroio Poacá. Permite avaliar a capacidade de diluição dos efluentes da UTE Candiota e de autodepuração do arroio Candiota,

Fonte: Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2026.

#### 5.7.4 Materiais e Métodos

As metodologias adotadas para as amostragens seguirão as recomendações contidas no Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos (ANA; CETESB, 2011), e, para as análises laboratoriais dos parâmetros elencados no escopo, serão seguidas as recomendações do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, normas ABNT e métodos USEPA, conforme aplicável a cada parâmetro. Os resultados obtidos nos ensaios serão atestados mediante Relatórios de Ensaio e laudos analíticos emitidos e assinados pelos responsáveis legais do laboratório, os quais serão anexados aos relatórios de monitoramento.

##### 5.7.4.1 Parâmetros monitorados

Os parâmetros selecionados (tabela a seguir) contemplam variáveis físicas, geoquímicas, microbiológicas e ecotoxicológicas capazes de identificar alterações na composição dos sedimentos associadas à operação da UTE Candiota III, incluindo elementos-traço relacionados à combustão do carvão mineral, indicadores de eficiência do sistema de tratamento de efluentes e marcadores ambientais que permitem avaliar a dinâmica de deposição e transporte de contaminantes no sistema hídrico.

Tabela 13- Escopo analítico para os sedimentos dos arroios da área e influência da UTE Candiota III.

Grupo de parâmetros	Parâmetro	Método
Parâmetros físicos e sedimentológicos	Areia Fina (0,25 a 0,125 mm)	WENTWORTH, 1922
Parâmetros físicos e sedimentológicos	Areia Grossa (1 a 0,5 mm)	WENTWORTH, 1922
Parâmetros físicos e sedimentológicos	Areia Média (0,5 a 0,25 mm)	WENTWORTH, 1922
Parâmetros físicos e sedimentológicos	Areia Muito Fina (0,125 a 0,062 mm)	WENTWORTH, 1922
Parâmetros físicos e sedimentológicos	Areia Muito Grossa (2 a 1 mm)	WENTWORTH, 1922
Parâmetros físicos e sedimentológicos	Argila - (0,00394 a 0,002 mm)	WENTWORTH, 1922
Parâmetros físico-químicos da água intersticial / geoquímica do sedimento	Alcalinidade	SMWW, 24ª Edição, Método 2320 B
Metais e elementos-traço	Alumínio dissolvido	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Metais e elementos-traço	Alumínio total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Metais e elementos-traço	Arsênio dissolvido	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Metais e elementos-traço	Arsênio total	SMWW 24ª Edição, Método 3030F / 3120B
Traçadores adicionais exigidos pelo IBAMA	Boro Total	SMWW 24ª Edição, Método 3030F / 3120B
Metais e elementos-traço	Cádmio dissolvido	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Metais e elementos-traço	Cádmio total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Parâmetros físico-químicos da água intersticial / geoquímica do sedimento	Calcio (Ca)	SMWW, 24ª Edição, Método 3030F / 3120 B
Indicadores de matéria orgânica	Carbono Orgânico Total	SMWW, 24ª edição, Método 5310 B/PR-Tb FQ 408
Metais e elementos-traço	Chumbo dissolvido	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Metais e elementos-traço	Chumbo total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Indicadores da eficiência da ETE e da drenagem industrial	Cianeto Livre	SMWW, 24ª ed., Método 4500 CN C, E e I
Parâmetros físico-químicos da água intersticial / geoquímica do sedimento	Cloreto total	PT03FQ17
Metais e elementos-traço	Cobre dissolvido	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Metais e elementos-traço	Cobre total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Parâmetros físico-químicos da água intersticial / geoquímica do sedimento	Condutividade	SMWW, 24ª Edição, Método 2510 B
Parâmetros físico-químicos da água intersticial / geoquímica do sedimento	Cor Verdadeira	SMWW, 24ª ed., Método 2120 C
Metais e elementos-traço	Cromo dissolvido	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Metais e elementos-traço	Cromo total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Nutrientes e indicadores de matéria orgânica	DBO5	SMWW, 24ª ed., Método 5210 B
Nutrientes e indicadores de matéria orgânica	DQO	SMWW, 24ª Edição, Método 5220 D
Traçadores adicionais exigidos pelo IBAMA	Estrôncio total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Indicadores da eficiência da ETE e da drenagem industrial	Fenóis totais	SMWW, 24ª ed., Método 5530 D
Metais e elementos-traço	Ferro dissolvido	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Metais e elementos-traço	Ferro total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B

Grupo de parâmetros	Parâmetro	Método
Parâmetros físico-químicos da água intersticial / geoquímica do sedimento	Fluoreto total	SMWW, 24ª Edição, Método 4500 F- D
Marcadores de combustão e de cinzas	Hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (PAHs);	EPA Method 8270 E:2018
Nutrientes e indicadores de matéria orgânica	Fósforo total	SMWW 24ª Edição, Método 3120 B
Parâmetros físico-químicos da água intersticial / geoquímica do sedimento	Potássio (K)	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Parâmetros físico-químicos da água intersticial / geoquímica do sedimento	Magnésio (Mg)	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Metais e elementos-traço	Manganês dissolvido	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Metais e elementos-traço	Manganês total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Metais e elementos-traço	Mercúrio dissolvido	SMWW, 24ª Edição, Método 3112 B
Metais e elementos-traço	Mercúrio total	SMWW, 24ª Edição, Método 3112 B
Marcadores de combustão e de cinzas	Microesferas vítreas	-
Traçadores adicionais exigidos pelo IBAMA	Molibdênio total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Metais e elementos-traço	Níquel dissolvido	SMWW 24ª Edição, Método 3030 / Método 3111 B
Metais e elementos-traço	Níquel total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Nutrientes e indicadores de matéria orgânica	Nitrato (N)	SMWW, 24ª ed., Método 4500 NO3 D
Indicadores da eficiência da ETE e da drenagem industrial	Óleos e graxas totais	SMWW, 24ª Edição, Método 5520 D
Nutrientes e indicadores de matéria orgânica	Ortofósforo	PT03FQ36
Parâmetros físico-químicos da água intersticial / geoquímica do sedimento	Oxigênio Dissolvido	SMWW, 24ª Edição, Método 4500 O G
Parâmetros físico-químicos da água intersticial / geoquímica do sedimento	pH	SMWW, 24ª Edição, Método 4500 H+ B
Traçadores adicionais exigidos pelo IBAMA	Selênio total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Parâmetros físico-químicos da água intersticial / geoquímica do sedimento	Sílica	SMWW, 24ª Edição, Método 4500 SiO2 C
Parâmetros físico-químicos da água intersticial / geoquímica do sedimento	Sódio (Na)	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Parâmetros físicos e sedimentológicos	Sólidos totais	SMWW, 24ª Edição, Método 2540 B
Revisar classificação	Sólidos dissolvidos totais (SDT)	PT03FQ28
Parâmetros físico-químicos da água intersticial / geoquímica do sedimento	Sulfato total	PT03FQ20
Parâmetros físico-químicos da água intersticial / geoquímica do sedimento	Sulfeto (H2S não dissociado)	SMWW, 2ª Edição, Método, 4500-S2 D
Indicadores da eficiência da ETE e da drenagem industrial	Surfactantes	HACH Ed. 02, Método 10287
Parâmetros físicos e sedimentológicos	Turbidez	SMWW, 24ª Edição, Método 2130 B
Traçadores adicionais exigidos pelo IBAMA	Vanádio total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Metais e elementos-traço	Zinco dissolvido	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Metais e elementos-traço	Zinco total	SMWW 24ª Edição, Método 3030 F / 3120 B
Indicadores microbiológicos e sanitários em sedimentos	Coliformes termotolerantes	APHA, 5th ed, Chapter 9, 2015.
Parâmetros ecotoxicológicos	Tox. Crônica peixe Pimephales promelas (Utc	OECD 203, Versão: 2019-JUN-18

Grupo de parâmetros	Parâmetro	Método
Parâmetros ecotoxicológicos	Tox. Crônica microcrustáceo Ceriodaphnia dubia CE50 (%)	ABNT NBR 13373:2022
Parâmetros ecotoxicológicos	Tox. Crônica alga Raphidocelis subcaptata (FT)	ABNT NBR 12648:2023

Fonte: Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2026.

#### 5.7.4.2 Indicadores

- ⇒ Composição granulométrica;
- ⇒ Concentração de metais e elementos-traço;
- ⇒ Ocorrência de marcadores de combustão e cinzas;
- ⇒ Indicadores de matéria orgânica e saneamento;
- ⇒ Resposta ecotoxicológica dos sedimentos;
- ⇒ Recorrência espacial e sazonal de enriquecimento sedimentar.

#### 5.7.4.3 Periodicidade

Campanhas semestrais, contemplando períodos representativos das condições sazonais (período quente e período frio), de modo a assegurar a avaliação das variações ambientais e a identificação de tendências e recorrências de enriquecimento sedimentar ao longo do tempo. Em situações de identificação de alterações relevantes ou padrões recorrentes, poderá ser prevista a intensificação do monitoramento, visando o adequado acompanhamento da dinâmica sedimentar.

#### 5.7.4.4 Análise de dados

A análise dos dados do monitoramento de sedimentos será conduzida de forma integrada, considerando a distribuição espacial dos pontos de monitoramento, a evolução temporal dos parâmetros ao longo das campanhas e a interpretação conjunta dos indicadores físicos, geoquímicos, microbiológicos e ecotoxicológicos. O objetivo central dessa abordagem é identificar, avaliar e acompanhar possíveis incrementos de carga contaminante associados à operação da UTE Candiota III, distinguindo-os das variações naturais da dinâmica sedimentar da bacia hidrográfica.

A interpretação dos resultados priorizará a comparação entre pontos de referência, pontos de controle e pontos potencialmente influenciados pelo lançamento de efluentes da usina, permitindo identificar padrões espaciais de enriquecimento

sedimentar, recorrência de concentrações elevadas e eventuais tendências de aumento ou redução ao longo do tempo.

#### *5.7.4.4.1 Análise espacial*

A análise espacial será baseada na comparação entre os diferentes grupos de pontos definidos na rede de monitoramento, considerando a função hidrológica e ambiental de cada estação amostral.

O ponto P1 será utilizado como referência de montante, representando a condição sedimentar do Arroio Candiota em trecho não influenciado pelas atividades da usina. O ponto P2 será considerado ponto de controle operacional, pois reflete a qualidade do sedimento do canal principal após a passagem pelas barragens e pelo sistema de wetland existente na bacia, mas antes de qualquer influência direta do efluente tratado da UTE Candiota III.

O ponto P8, localizado no arroio sem nome que recebe diretamente o efluente tratado da usina, será considerado o ponto de impacto direto do lançamento. Nesse local, a composição sedimentar reflete predominantemente a interação entre o efluente tratado, a drenagem superficial da área industrial da usina e as contribuições naturais da microbacia local, constituindo o ponto mais sensível para detectar alterações geoquímicas associadas à operação do empreendimento.

O ponto P4 será interpretado como ponto de mistura no canal principal do Arroio Candiota, permitindo avaliar como o sistema fluvial assimila e redistribui a carga de sedimentos transportada pelo tributário impactado. A comparação entre os pontos P2 e P4 possibilitará verificar se o lançamento da UTE promove alterações mensuráveis na composição sedimentar do canal principal e se tais alterações persistem após o processo de mistura.

Nos trechos de jusante, representados pelos pontos P5, P7 e P9, será avaliada a persistência, propagação ou atenuação da carga sedimentar ao longo do sistema hídrico. Esses pontos permitem verificar se os incrementos observados nas zonas de lançamento e mistura permanecem detectáveis a distâncias maiores ou se são progressivamente diluídos ou redistribuídos ao longo do curso do arroio.

Essa abordagem espacial permitirá identificar padrões de enriquecimento sedimentar associados à operação da usina, bem como distinguir esses padrões

daqueles resultantes de processos naturais da bacia hidrográfica, como erosão, transporte e deposição de sedimentos.

#### 5.7.4.4.2 *Análise temporal*

A análise temporal será realizada considerando todas as campanhas de monitoramento executadas ao longo da série histórica disponível, permitindo avaliar a evolução dos parâmetros sedimentares ao longo do tempo.

Os resultados serão apresentados em séries temporais por ponto e por parâmetro, possibilitando identificar tendências de aumento, redução ou estabilidade das concentrações observadas. Também serão avaliados padrões de recorrência sazonal, especialmente em relação a períodos de maior precipitação, aumento do escoamento superficial ou intensificação dos processos de transporte de sedimentos na bacia hidrográfica.

Essa abordagem permitirá verificar se eventuais incrementos de metais ou de outros compostos nos sedimentos constituem eventos pontuais, associados a condições hidrológicas específicas, ou se representam padrões recorrentes ao longo das campanhas de monitoramento.

A análise temporal também permitirá avaliar a persistência dos incrementos observados em determinados pontos, verificando se esses sinais permanecem detectáveis ao longo do tempo ou se apresentam tendência de redução em função de processos naturais de dispersão, diluição ou redistribuição sedimentar.

#### 5.7.4.4.3 *Tratamento estatístico*

O tratamento estatístico dos dados será realizado com o objetivo de apoiar a interpretação ambiental dos resultados e identificar padrões espaciais e temporais na composição dos sedimentos.

Inicialmente, será aplicada estatística descritiva completa para cada ponto de monitoramento e para cada parâmetro analisado. Posteriormente, serão realizadas comparações espaciais entre grupos de pontos (referência, controle, impacto direto e jusante), utilizando testes estatísticos adequados à distribuição dos dados, como análise de variância (ANOVA) ou testes não paramétricos equivalentes, como Kruskal-Wallis.

Adicionalmente, poderão ser aplicadas técnicas de análise multivariada, como Análise de Componentes Principais (PCA) e análise de agrupamento (cluster analysis), com o objetivo de identificar padrões integrados de similaridade geoquímica entre os pontos de monitoramento, bem como possíveis agrupamentos associados à influência da UTE.

Essas ferramentas estatísticas serão utilizadas como suporte à interpretação ambiental, permitindo identificar padrões consistentes de associação entre parâmetros, recorrência de enriquecimento sedimentar e possíveis assinaturas geoquímicas relacionadas às atividades operacionais da usina.

#### 5.7.4.4 Avaliação dos indicadores

A avaliação dos indicadores considerará de forma integrada os parâmetros físicos, químicos, microbiológicos e ecotoxicológicos monitorados nos sedimentos.

A composição granulométrica será analisada para compreender a dinâmica de deposição e transporte de sedimentos, uma vez que partículas mais finas tendem a concentrar maiores teores de metais e compostos orgânicos.

As concentrações de metais e elementos-traço serão avaliadas por meio da comparação entre pontos de referência, controle e impacto, permitindo identificar incrementos espaciais associados ao lançamento do efluente e verificar a persistência desses elementos ao longo do sistema fluvial.

Também serão avaliados parâmetros associados a processos de combustão do carvão mineral e à deposição de cinzas, bem como compostos potencialmente relacionados às atividades industriais e ao sistema de tratamento de efluentes da usina.

Indicadores de matéria orgânica, carbono orgânico total e parâmetros microbiológicos serão utilizados para avaliar possíveis contribuições de origem sanitária ou orgânica ao sistema sedimentar.

Os resultados também serão comparados com valores orientadores ecotoxicológicos amplamente utilizados para sedimentos, como TEL, TEC, ERL e LEL, com o objetivo de avaliar o potencial de ocorrência de efeitos adversos sobre organismos bentônicos.

A interpretação integrada desses indicadores permitirá identificar áreas com maior potencial de enriquecimento sedimentar, avaliar a contribuição da UTE Candiota

III para a qualidade ambiental do sistema hídrico da bacia do Arroio Candiota e subsidiar a identificação de áreas críticas e eventuais medidas de controle ou mitigação.

#### *5.7.4.4.5 Integração com parâmetros operacionais e fontes potenciais de impacto*

A interpretação dos resultados também considerará a relação entre os parâmetros sedimentares monitorados e os fatores potencialmente associados à operação da usina, incluindo:

- ⇒ Características dos efluentes industriais lançados no sistema hídrico;
- ⇒ Eficiência do sistema de tratamento de efluentes;
- ⇒ Drenagem superficial da área industrial;
- ⇒ Processos de combustão do carvão mineral e deposição de partículas associadas;
- ⇒ Regime pluviométrico e eventos de precipitação;
- ⇒ Dinâmica hidrossedimentológica do sistema fluvial;
- ⇒ Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica.

Para esse fim, deverá ser considerado o mapeamento georreferenciado do uso do solo na bacia hidrográfica, permitindo identificar potenciais fontes difusas de poluição, como expansão urbana, atividades agrícolas, silvicultura e demais intervenções capazes de influenciar a dinâmica sedimentar regional.

#### *5.7.4.4.6 Avaliação crítica dos impactos ambientais*

Com base na integração das análises espaciais, temporais e estatísticas, será realizada avaliação crítica dos resultados obtidos, considerando:

- ⇒ Possíveis relações entre alterações observadas e a operação da UTE Candiota III;
- ⇒ Contribuição potencial de outras fontes antrópicas presentes na bacia hidrográfica;
- ⇒ Evidências de incremento de carga contaminante associada ao lançamento de efluentes;
- ⇒ Persistência, propagação ou atenuação da carga sedimentar ao longo do sistema hídrico;
- ⇒ Potencial de efeitos adversos à biota aquática.

Essa abordagem permitirá distinguir variações naturais do sistema sedimentar de alterações potencialmente associadas às atividades do empreendimento,

atendendo ao objetivo do programa de monitoramento de avaliar de forma contínua os impactos ambientais decorrentes da operação da UTE Candiota III.

#### 5.7.4.4.7 Critérios de interpretação e resposta

A interpretação dos resultados deverá considerar, de forma concomitante, a significância estatística das diferenças espaciais e temporais, a coerência hidrossedimentológica entre os pontos monitorados e a relação dos achados com as pressões potencialmente associadas à operação da UTE Candiota III.

Serão considerados indícios de influência do empreendimento, entre outros, os seguintes padrões:

- ⇒ Incremento recorrente de concentrações nos pontos de impacto direto e nos trechos imediatamente a jusante;
- ⇒ Formação de gradiente espacial compatível com aporte, dispersão e mistura da carga sedimentar;
- ⇒ Repetição de concentrações elevadas nos mesmos pontos e parâmetros ao longo das campanhas;
- ⇒ Persistência de enriquecimento nos trechos de jusante;
- ⇒ Associação entre alterações sedimentares, resultados ecotoxicológicos e variáveis operacionais ou hidrológicas.

Sempre que forem observados padrões persistentes de elevação de concentrações ou comportamento espacial compatível com aporte associado à usina, deverão ser apresentadas, nos relatórios, a análise de causa provável, a indicação das medidas preventivas, corretivas ou mitigadoras adotadas e a avaliação da necessidade de intensificação do monitoramento nos trechos críticos.

Tabela 14- Matriz de Avaliação Integrada subprograma de monitoramento dos sedimentos.

Impacto Ambiental Associado	Componente / eixo avaliado	Objetivo	Indicadores	Meta operacional	Meta numérica proposta	Critério de interpretação	Resultado esperado	Ação / resposta	Texto-base para relatório
<b>Incremento de carga contaminante, alteração geoquímica e potencial de degradação da qualidade dos sedimentos superficiais.</b>	Qualidade física, geoquímica, microbiológica e ecotoxicológica	Monitorar a qualidade dos sedimentos superficiais de fundo na área de influência da UTE Candiota III, com foco na identificação, avaliação e acompanhamento de incrementos de carga contaminante associados à operação da usina.	Composição granulométrica; concentração de metais e elementos-traço; indicadores de matéria orgânica e saneamento; resposta ecotoxicológica; marcadores de combustão e cinzas.	Manter leitura integrada da qualidade sedimentar, distinguindo variações naturais da dinâmica fluvial de incrementos associados à operação da UTE.	≤TEL; ausência de incremento >30% em relação ao controle	Comparação espacial entre referência, controle operacional, impacto direto, mistura e jusante; leitura temporal da persistência, propagação ou atenuação dos sinais de contaminação.	Ausência de acúmulo sedimentar antrópico persistente e manutenção da qualidade sedimentar compatível com a condição de referência e os valores orientadores adotados.	Confirmar resultados críticos; investigar fontes e mecanismos de deposição; reforçar monitoramento nos pontos sensíveis; subsidiar medidas de controle de lançamento e drenagem.	O subprograma deverá identificar incrementos de carga contaminante nos sedimentos superficiais de fundo e avaliar sua persistência, propagação ou atenuação ao longo do sistema hídrico, com base em abordagem espacial e temporal integrada.
<b>Enriquecimento sedimentar por metais, traçadores e marcadores de combustão/cinzas relacionados à operação da usina.</b>	Metais, traçadores e marcadores de combustão/cinzas	Investigar padrões de enriquecimento sedimentar associados a processos de combustão do carvão mineral, drenagem industrial e sistema de tratamento de efluentes da usina.	Metais e elementos-traço; boro, estrôncio, molibdênio, selênio, vanádio; PAHs; microesferas vítreas; parâmetros associados à eficiência da ETE e drenagem industrial.	Detectar, priorizando P8 e P4, enriquecimento sedimentar recorrente compatível com aporte da UTE e verificar sua persistência a jusante.	≤TEL; ausência de incremento >30% em relação ao controle	Foco em gradientes espaciais nos pontos sensíveis ao lançamento e à mistura; avaliação da recorrência temporal dos traçadores e da assinatura geoquímica associada ao empreendimento.	Ausência de enriquecimento recorrente e persistente de sedimentos por marcadores compatíveis com a influência operacional da UTE.	Investigar origem da assinatura geoquímica; correlacionar com efluentes, drenagem e manejo operacional; avaliar ações corretivas e intensificação amostral.	A análise de metais, traçadores adicionais e marcadores de combustão deverá priorizar os pontos mais sensíveis à detecção da assinatura geoquímica do lançamento, permitindo verificar incremento, persistência e propagação da carga sedimentar associada à operação da usina.

Impacto Ambiental Associado	Componente / eixo avaliado	Objetivo	Indicadores	Meta operacional	Meta numérica proposta	Critério de interpretação	Resultado esperado	Ação / resposta	Texto-base para relatório
<b>Deposição, transporte e redistribuição de material contaminado nas zonas de lançamento, mistura e jusante.</b>	Dinâmica de deposição, transporte, mistura e atenuação	Avaliar a dinâmica de deposição, transporte e enriquecimento dos sedimentos nas zonas de lançamento, mistura e jusante.	Recorrência espacial e sazonal de enriquecimento sedimentar; persistência, propagação ou atenuação da carga ao longo do sistema hídrico.	Demonstrar se a carga sedimentar se restringe ao tributário receptor, persiste após a mistura ou é progressivamente atenuada a jusante.	≤TEL; ausência de incremento >30% em relação ao controle	Avaliação do comportamento espacial do sinal sedimentar ao longo do sistema; verificação de persistência local, propagação ou atenuação da carga a jusante.	Predominância de atenuação dos sinais de enriquecimento e ausência de propagação persistente da carga contaminante ao longo do sistema hídrico.	Aprofundar investigação espacial; revisar pontos de controle; avaliar medidas de contenção na fonte e necessidade de reforço do monitoramento de jusante.	A interpretação espacial e temporal dos dados deverá permitir verificar se os incrementos de carga sedimentar observados nos pontos de impacto direto e mistura permanecem detectáveis a jusante ou se são atenuados ao longo do sistema fluvial.
<b>Potencial de efeito adverso à biota por contaminantes presentes nos sedimentos.</b>	Ecotoxicidade e potencial de efeito adverso à biota	Verificar a ocorrência de concentrações de metais e compostos orgânicos potencialmente capazes de causar efeitos adversos à biota aquática.	Toxicidade com peixe, microcrustáceo e alga; comparação com TEL, TEC, ERL e LEL; integração com composição geoquímica e microbiológica.	Ausência de padrão recorrente de risco ecotoxicológico associado especialmente aos pontos de impacto direto e mistura.	≤TEL; ausência de incremento >30% em relação ao controle	Leitura integrada entre química sedimentar, valores orientadores e resposta ecotoxicológica; avaliação de coerência espacial com os pontos de influência direta e mistura.	Ausência de padrão recorrente de risco ecotoxicológico associado aos sedimentos sob influência do empreendimento.	Repetir ensaios e validar resultados; integrar com água superficial e bioindicadores; orientar medidas de controle caso se confirme risco persistente à biota.	Os resultados ecotoxicológicos deverão ser analisados de forma integrada aos dados físico-químicos e geoquímicos, de modo a identificar áreas críticas, estimar o potencial de efeito adverso à biota aquática e subsidiar medidas de controle e mitigação.

Fonte – Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2026.

#### 5.7.4.4.8 *Produtos e forma de apresentação dos resultados*

Os resultados do subprograma serão consolidados em relatórios técnicos anuais, estruturados em conformidade com o Plano de Gestão Ambiental do Licenciamento Ambiental Federal.

Os relatórios deverão conter, no mínimo:

- ⇒ Mapa georreferenciado com ADA, AID, rede amostral e comunidades próximas;
- ⇒ Séries históricas completas por ponto e parâmetro;
- ⇒ Tabelas e gráficos com todos os registros analíticos, e não apenas valores máximos e mínimos;
- ⇒ Avaliação comparativa entre pontos de referência, pontos sob influência direta da UTE e pontos de jusante;
- ⇒ Interpretação integrada dos resultados físicos, geoquímicos, microbiológicos e ecotoxicológicos;
- ⇒ Avaliação crítica da incidência de impactos ambientais e da eficácia das medidas de controle;
- ⇒ Laudos laboratoriais assinados por responsável técnico e emitidos por laboratório acreditado;
- ⇒ Certificados de acreditação aplicáveis;
- ⇒ Indicação das medidas preventivas, corretivas e mitigadoras implantadas ou recomendadas.

#### 5.7.4.4.9 *Critérios para identificação de alterações ambientais e indicação de medidas de controle*

A interpretação dos resultados do monitoramento deverá considerar critérios técnicos que permitam identificar alterações ambientais relevantes na qualidade dos sedimentos e avaliar sua possível associação com a operação da UTE Candiota III.

Serão considerados indicativos de alteração ambiental potencialmente associada às atividades da usina os seguintes padrões de comportamento nos dados de monitoramento:

- ⇒ Ocorrência recorrente de concentrações de metais ou outros compostos nos pontos de impacto (P8 e P4) superiores às observadas nos pontos de referência e controle (P1 e P2);
- ⇒ Aumento progressivo ou tendência temporal de elevação das concentrações de contaminantes ao longo das campanhas de monitoramento;
- ⇒ Persistência de incrementos de contaminantes nos sedimentos ao longo dos pontos de jusante, indicando transporte e redistribuição da carga sedimentar ao longo do sistema hídrico;
- ⇒ Ocorrência de concentrações superiores aos valores orientadores ecotoxicológicos utilizados para sedimentos, como TEL, TEC, ERL ou LEL, indicando potencial risco à biota aquática;
- ⇒ Identificação de padrões de enriquecimento sedimentar associados a marcadores geoquímicos típicos de processos de combustão do carvão mineral ou de resíduos industriais relacionados às atividades da usina;
- ⇒ Alterações relevantes na resposta ecotoxicológica dos sedimentos ou em indicadores microbiológicos e de matéria orgânica que possam indicar deterioração da qualidade ambiental do sistema sedimentar.

Quando forem identificados padrões consistentes de alteração ambiental nos sedimentos, deverá ser realizada avaliação técnica detalhada para verificar a possível relação entre os resultados observados e as atividades operacionais da UTE Candiota III.

Caso seja constatada a ocorrência de impactos ambientais associados à operação da usina, deverão ser avaliadas medidas de controle, mitigação ou aprimoramento operacional, que poderão incluir revisão de procedimentos de tratamento de efluentes, melhoria no controle de drenagens industriais, otimização de estruturas de retenção de sólidos ou adoção de ações de gestão ambiental voltadas à redução do aporte de contaminantes ao sistema hídrico.

Essas medidas deverão ser discutidas com o órgão ambiental competente e incorporadas, quando necessário, aos instrumentos de gestão ambiental do empreendimento, garantindo a melhoria contínua do desempenho ambiental da UTE Candiota III e a proteção da qualidade dos sedimentos na bacia hidrográfica do Arroio Candiota.

#### 5.7.4.5 Cronograma

O cronograma proposto a seguir visa assegurar a integração entre as diferentes etapas dos programas de monitoramento ambiental, permitindo a avaliação contínua das condições ambientais, a identificação de tendências e o suporte à tomada de decisão no âmbito da gestão ambiental do empreendimento.

Tabela 15- Cronograma de Execução do Subprograma de Monitoramento de Sedimentos

Etapa	Descrição	Período / Frequência
Campanhas de monitoramento	Realização de duas campanhas anuais de amostragem	Últimas duas semanas do verão e últimas duas semanas do inverno
Análises laboratoriais	Processamento das amostras e emissão de laudos laboratoriais	Até 40 dias após cada campanha
Análise dos resultados	Interpretação dos dados, avaliação integrada e consolidação das informações	Outubro a janeiro de cada ciclo anual
Relatório anual	Elaboração e entrega do relatório técnico consolidado	Fevereiro de cada ano

Fonte – Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2026.

### 5.8 SUBPROGRAMA DE BIOINDICADORES AMBIENTAIS AQUÁTICOS (FITOPLANCTON, ZOOPLANCTON, PERIFITON E MACROINVERTEBRADOS)

#### 5.8.1 Justificativa

Os bioindicadores aquáticos constituem ferramentas fundamentais para a avaliação da qualidade ambiental de ecossistemas aquáticos, uma vez que as comunidades biológicas respondem de forma integrada às condições físico-químicas da água, à composição dos sedimentos, à disponibilidade de nutrientes e à presença de contaminantes no ambiente.

Diferentemente dos parâmetros físico-químicos, que representam condições momentâneas do sistema, os organismos aquáticos refletem os efeitos cumulativos das alterações ambientais ao longo do tempo, incorporando em sua estrutura populacional e comunitária os efeitos de pressões ambientais contínuas ou recorrentes.

Nesse contexto, o monitoramento de bioindicadores permite detectar alterações ecológicas associadas a mudanças na qualidade da água, enriquecimento

por nutrientes, presença de substâncias potencialmente tóxicas, modificações na dinâmica sedimentar e alterações no regime hidrológico dos corpos hídricos.

Na área de influência da Usina Termelétrica Candiota III, o monitoramento dos bioindicadores ambientais aquáticos assume papel relevante para a avaliação da integridade ecológica do sistema hídrico da bacia do Arroio Candiota, especialmente no que se refere à identificação de possíveis respostas biológicas associadas à qualidade da água, à deposição de sedimentos e à presença de compostos potencialmente relacionados à operação da usina.

Os pareceres técnicos do IBAMA (SEI nº 23994342 – Parecer Técnico nº 98 e SEI nº 16779174 – Parecer Técnico nº 130) indicam a necessidade de que os programas de monitoramento ambiental sejam capazes de avaliar os efeitos da atividade licenciada sobre os componentes ecológicos do sistema hídrico, incluindo a estrutura e a composição das comunidades aquáticas.

Assim, o monitoramento dos bioindicadores ambientais aquáticos permitirá avaliar a integridade ecológica dos corpos hídricos monitorados, bem como identificar possíveis alterações associadas às condições ambientais da bacia hidrográfica e às atividades desenvolvidas na área de influência da UTE Candiota III.

### **5.8.2 Objetivo**

Avaliar a qualidade ecológica dos corpos hídricos inseridos na área de influência da UTE Candiota III por meio do monitoramento sistemático das comunidades aquáticas, com o objetivo de identificar alterações na estrutura, composição taxonômica e diversidade das comunidades biológicas potencialmente associadas ao lançamento de efluentes tratados e às atividades operacionais da usina.

#### **5.8.2.1 Objetivos específicos**

⇒ Caracterizar a composição taxonômica e a estrutura das comunidades aquáticas de fitoplâncton, zooplâncton, perifíton e macroinvertebrados bentônicos utilizadas como bioindicadores ambientais na área de influência da UTE Candiota III;

- ⇒ Avaliar espacialmente a estrutura das comunidades por meio da comparação entre pontos de referência, pontos de controle e pontos potencialmente influenciados pelo lançamento de efluentes da usina;
- ⇒ Identificar alterações na riqueza, abundância e diversidade das comunidades ao longo das campanhas de monitoramento;
- ⇒ Verificar possíveis respostas biológicas associadas a alterações físico-químicas da água e dos sedimentos;
- ⇒ Avaliar tendências temporais na estrutura das comunidades aquáticas;
- ⇒ Identificar possíveis sinais de estresse ambiental, simplificação estrutural ou dominância de organismos tolerantes;
- ⇒ Subsidiar a avaliação da integridade ecológica do sistema hídrico da bacia do Arroio Candiota;
- ⇒ Fornecer subsídios para a identificação de possíveis impactos ambientais associados à operação da UTE Candiota III.

### 5.8.3 Rede de monitoramento

O monitoramento dos bioindicadores ambientais aquáticos será realizado nos mesmos pontos definidos para os subprogramas de qualidade da água superficial e sedimentos, permitindo a integração entre os dados físico-químicos, geoquímicos e biológicos do sistema hídrico.

Para fins de interpretação ambiental, os pontos de monitoramento serão organizados nos seguintes grupos:

- ⇒ Ponto de referência de montante
  - P1 – trecho do Arroio Candiota localizado a montante da área de influência direta do empreendimento, representando a condição ambiental de referência do sistema.
- ⇒ Ponto de controle operacional
  - P2 – localizado no Arroio Candiota após as barragens e o sistema de wetland existente na bacia, porém antes de qualquer influência direta do efluente tratado da UTE Candiota III.
- ⇒ Ponto de impacto direto

P8 – localizado no arroio sem nome que recebe diretamente o efluente tratado da usina, sendo o ponto mais sensível para detectar possíveis alterações ambientais associadas ao lançamento.

⇒ Ponto de mistura

P4 – localizado no Arroio Candiota após a confluência com o tributário que recebe o efluente da usina, permitindo avaliar a assimilação e dispersão das alterações ambientais no canal principal.

⇒ Pontos de jusante

P5, P7 e P9 – pontos localizados a jusante no sistema hídrico, destinados à avaliação da persistência, atenuação ou propagação das alterações ambientais ao longo do curso do arroio.

#### 5.8.4 Grupos Biológicos monitorados

O monitoramento dos bioindicadores ambientais aquáticos contemplará os seguintes grupos biológicos:

- ⇒ fitoplâncton
- ⇒ perifíton
- ⇒ zooplâncton
- ⇒ macroinvertebrados bentônicos

As comunidades planctônicas (fitoplâncton e zooplâncton) respondem rapidamente às mudanças nas condições físico-químicas da água e na disponibilidade de nutrientes, sendo particularmente sensíveis a processos de enriquecimento trófico e alterações na qualidade da água.

O perifíton, por sua vez, constitui uma comunidade algal associada a substratos submersos, sendo amplamente utilizado como bioindicador de alterações na qualidade da água e na deposição de sedimentos.

Os macroinvertebrados bentônicos apresentam ciclos de vida relativamente mais longos e menor mobilidade, refletindo de forma integrada as condições ambientais do sedimento e da coluna d'água ao longo do tempo.

Assim, o monitoramento integrado desses grupos permite avaliar diferentes dimensões ecológicas do sistema hídrico, incluindo a produtividade primária, a

estrutura trófica das comunidades, a qualidade do habitat e possíveis efeitos ecológicos associados às atividades desenvolvidas na área de influência da UTE Candiota III.

### 5.8.5 Frequência de monitoramento

As campanhas de biomonitoramento serão realizadas com periodicidade semestral, contemplando campanhas representativas dos períodos quente e frio, de modo a abranger diferentes condições hidrológicas e sazonais ao longo do ciclo anual. Essa abordagem permite a avaliação integrada das variações temporais das comunidades biológicas, considerando sua resposta às condições ambientais predominantes em cada período.

### 5.8.6 Materiais e Métodos

#### 5.8.6.1 Metodologia de Coleta

O monitoramento das comunidades aquáticas será realizado por meio de métodos de coleta específicos para cada grupo biológico, utilizando equipamentos padronizados e amplamente empregados em estudos limnológicos.

##### 5.8.6.1.1 Fitoplâncton

A amostragem do fitoplâncton será realizada por meio de duas abordagens complementares.

A coleta qualitativa será realizada por meio de arrastos horizontais superficiais utilizando rede de plâncton com malha aproximada de 20 µm, com o objetivo de concentrar organismos raros ou de baixa densidade. Essa amostragem permite ampliar a representatividade taxonômica da comunidade fitoplanctônica. A coleta quantitativa será realizada por meio da coleta direta de amostra de água superficial, utilizando frascos de coleta limnológica, com volume aproximado de 250 mL.

Os métodos de amostragem seguirão as diretrizes apontadas no Guia Nacional Coleta e Preservação de Amostras (CETESB e ANA, 2011) e as analíticas através da *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – SMWW 24ª edição, Método 10200 C, D, E e F e SMWW 24ª edição, Método 10200 G*, respectivamente,

sendo que os resultados dos ensaios serão atestados mediante Laudos Analíticos, emitidos e assinados pelos responsáveis legais do laboratório indicado.

#### 5.8.6.1.2 Zooplâncton

A amostragem do zooplâncton será realizada por meio de arrastos horizontais na coluna d'água, utilizando rede de plâncton com malha aproximada de 64 µm.

Serão realizados quatro arrastos por ponto amostral, garantindo representatividade da comunidade zooplanctônica presente no ambiente.

Os métodos de amostragem seguirão as diretrizes apontadas no Guia Nacional Coleta e Preservação de Amostras (CETESB e ANA, 2011) e as analíticas através da *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – SMWW 24ª edição, Método 10200 C, D, E e F e SMWW 24ª edição, Método 10200 G*, respectivamente, sendo que os resultados dos ensaios serão atestados mediante Laudos Analíticos, emitidos e assinados pelos responsáveis legais do laboratório indicado.

#### 5.8.6.1.3 Perifíton

A coleta de perifíton será realizada por meio da raspagem de substratos naturais submersos, como rochas, troncos ou vegetação aquática.

A raspagem será realizada em superfícies representativas do habitat local, utilizando escovas ou lâminas apropriadas, sendo obtidas amostras de cinco (05) seixos (rochas), e em cada um destes serão raspados cerca de 25 cm<sup>2</sup>, totalizando 125 cm<sup>2</sup> de material perifítico coletado por ponto amostral.

Os seixos escolhidos devem estar submersos e orientados para a velocidade da corrente. A remoção do Perifíton se dará com o auxílio de uma escova de cerdas flexíveis, sendo o material acondicionado em frascos com água destilada e fixado com formalina.

O método de amostragem seguirá as diretrizes apontadas no Guia Nacional Coleta e Preservação de Amostras (CETESB e ANA, 2011) e as analíticas através da *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – SMWW 24ª edição, Método 10200 C, D, E e F e SMWW 24ª edição, Método 10200 G*, respectivamente, sendo que os resultados dos ensaios serão atestados mediante Laudos Analíticos, emitidos e assinados pelos responsáveis legais do laboratório indicado.

#### 5.8.6.1.4 Macroinvertebrados bentônicos

A amostragem de macroinvertebrados bentônicos será realizada contemplando diferentes micro-habitats presentes no leito dos cursos d'água.

Serão utilizados os seguintes equipamentos:

- ⇒ Draga de Petersen: Utilizada para coleta de sedimentos de fundo em áreas deposicionais, com área aproximada de 0,025 m<sup>2</sup>.
- ⇒ Peneirão: Utilizado para coleta em áreas marginais e em substratos com detritos orgânicos ou vegetação aquática, utilizando peneirão com malha aproximada de 500 µm.

A utilização desses métodos complementares permite ampliar a representatividade das amostras e contemplar a heterogeneidade ambiental dos habitats bentônicos presentes no sistema hídrico.

#### 5.8.6.2 Processamento laboratorial

As amostras coletadas serão encaminhadas ao laboratório para triagem, identificação taxonômica e quantificação dos organismos.

A análise do fitoplâncton quantitativo será realizada pelo método de sedimentação de Utermöhl, utilizando microscópio invertido. A identificação do zooplâncton será realizada em microscopia óptica, utilizando subamostragem padronizada. As amostras de perífiton serão homogeneizadas e analisadas em microscopia óptica. As amostras de macroinvertebrados bentônicos serão triadas manualmente sob estereomicroscópio após separação do sedimento.

A identificação taxonômica dos organismos será realizada utilizando literatura especializada e chaves taxonômicas reconhecidas até o menor nível taxonômico.

#### 5.8.6.3 Indicadores biológicos

A avaliação da estrutura das comunidades aquáticas será realizada com base em descritores ecológicos amplamente utilizados em estudos limnológicos.

Serão calculados os seguintes indicadores:

- ⇒ Abundância total de organismos
- ⇒ Riqueza taxonômica

- ⇒ Abundância relativa dos principais táxons
- ⇒ Índice de diversidade de shannon ( $h'$ )
- ⇒ Índice de equitabilidade de pielou ( $j'$ )
- ⇒ Para a comunidade de macroinvertebrados bentônicos também serão calculados: BMWP (Biological Monitoring Working Party) e ASPT (Average Score Per Taxon)

O índice BMWP baseia-se na atribuição de pontuações de sensibilidade ambiental às diferentes famílias de macroinvertebrados aquáticos, permitindo avaliar a qualidade ecológica dos ambientes lóticos.

O índice ASPT corresponde à razão entre o valor do BMWP e o número de táxons considerados no cálculo, refletindo a sensibilidade média da comunidade bentônica às condições ambientais.

#### 5.8.6.4 Organização e análise dos dados

##### 5.8.6.4.1 Análise espacial

A análise espacial será realizada comparando a estrutura das comunidades aquáticas entre os diferentes pontos da rede de monitoramento.

Serão avaliados gradientes ecológicos entre:

- ⇒ Ponto de referência de montante;
- ⇒ Ponto de controle operacional;
- ⇒ Ponto de impacto direto do lançamento;
- ⇒ Ponto de mistura;
- ⇒ Pontos de jusante.

##### 5.8.6.4.2 Análise temporal

A análise temporal será realizada por meio da comparação entre campanhas trimestrais. Serão avaliadas:

- ⇒ Variações sazonais na abundância e riqueza das comunidades;
- ⇒ Alterações na composição taxonômica entre campanhas;
- ⇒ Tendências temporais na diversidade biológica.

#### 5.8.6.4.3 Tratamento estatístico

O tratamento estatístico dos dados será realizado por meio de análises descritivas e multivariadas. Inicialmente serão calculadas estatísticas descritivas para os descritores ecológicos e índices biológicos obtidos em cada ponto e campanha.

Para avaliação de padrões ecológicos poderão ser aplicadas análises multivariadas baseadas em matrizes de similaridade entre amostras, como: análise de componentes principais (PCA); e análise de agrupamento (cluster), essas análises permitem identificar padrões de similaridade entre comunidades e avaliar possíveis associações entre a estrutura biológica e as condições ambientais do sistema hídrico.

#### 5.8.6.5 Integração com os demais programas ambientais

Os resultados obtidos para as comunidades aquáticas serão interpretados de forma integrada com os dados provenientes dos subprogramas de: qualidade da água superficial e qualidade dos sedimentos.

Essa abordagem permite avaliar possíveis relações entre alterações na estrutura das comunidades aquáticas e variações nas condições físico-químicas da água e na composição dos sedimentos.

#### 5.8.6.6 Avaliação crítica dos impactos ambientais

A avaliação da possível influência da UTE Candiota III será realizada por meio da análise integrada dos resultados biológicos, físico-químicos e sedimentológicos.

Serão investigados especialmente:

- ⇒ Alterações na composição das comunidades no ponto receptor do efluente (P8);
- ⇒ Diferenças estruturais entre os pontos de referência e os pontos potencialmente influenciados;
- ⇒ Persistência ou atenuação de eventuais alterações nos pontos de jusante;
- ⇒ Relações entre alterações biológicas e variações nos parâmetros físico-químicos da água e nos sedimentos.

Essa abordagem permitirá avaliar se eventuais alterações observadas nas comunidades aquáticas apresentam coerência espacial e temporal compatível com a

influência do lançamento de efluentes da UTE Candiota III, distinguindo possíveis efeitos locais de outras pressões ambientais existentes na bacia hidrográfica.

#### 5.8.6.7 Critérios de interpretação e resposta

A interpretação dos resultados obtidos no biomonitoramento das comunidades aquáticas será realizada com base na análise comparativa entre os diferentes pontos de monitoramento e entre as campanhas amostrais realizadas ao longo do tempo.

Serão considerados indicadores de possível alteração ambiental:

- ⇒ Redução consistente na riqueza taxonômica das comunidades aquáticas;
- ⇒ Diminuição significativa nos índices de diversidade e equitabilidade;
- ⇒ Aumento da dominância de determinados grupos taxonômicos associados a ambientes eutrofizados ou submetidos a estresse ambiental;
- ⇒ Substituição de organismos sensíveis por organismos mais tolerantes às condições ambientais;
- ⇒ Redução dos valores dos índices bióticos bentônicos (bmwp e aspt);
- ⇒ Alterações persistentes na estrutura das comunidades nos pontos localizados no tributário receptor do efluente tratado (p8) ou nos trechos imediatamente a jusante.

A ocorrência desses padrões será avaliada considerando sua coerência espacial e temporal, bem como sua associação com variações nos parâmetros físico-químicos da água e na qualidade dos sedimentos.

Caso sejam identificadas alterações ambientais potencialmente associadas ao empreendimento, os resultados serão analisados em conjunto com as informações operacionais da usina, permitindo avaliar possíveis relações entre as mudanças observadas nas comunidades aquáticas e as condições de lançamento do efluente tratado.

Tabela 16- Matriz de Avaliação Integrada subprograma de monitoramento de bioindicadores ambientais aquáticos (fitoplâncton, zooplâncton, perifíton e macroinvertebrados)

Impacto Ambiental	Componente / eixo avaliado	Objetivo	Indicadores	Meta operacional	Meta de execução do programa	Critério de interpretação	Resultado esperado	Ação / resposta
Alteração na estrutura das comunidades aquáticas	Fitoplâncton	Avaliar variações na comunidade	Densidade, riqueza, dominância, clorofila-a	Monitoramento sazonal	100% execução anual do plano	Variação espacial e temporal	Comunidade sem alterações persistentes associadas	Investigar causas e correlacionar
Alteração na estrutura trófica	Zooplâncton	Avaliar dinâmica trófica	Densidade, diversidade, grupos funcionais	Avaliação integrada	100% execução anual do plano	Gradiente espacial + tendência	Equilíbrio trófico mantido	Avaliar influência ambiental
Alteração de substrato e qualidade	Perifíton	Avaliar resposta a nutrientes	Biomassa, composição, clorofila	Monitoramento comparativo	100% execução anual do plano	Persistência e recorrência	Sem enriquecimento excessivo	Investigar fontes de nutrientes
Alteração ecológica integrada	Macroinvertebrados	Avaliar qualidade ambiental	Riqueza, BMWP, ASPT, EPT	Avaliação ecológica	100% execução anual do plano	Comparação entre pontos	Comunidade indicadora estável	Mitigar impactos e ajustar gestão

Fonte – Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2026.

#### 5.8.6.8 Produtos e forma de apresentação dos resultados

Os resultados do programa de biomonitoramento serão sistematizados em relatórios técnicos anuais, contendo a descrição detalhada dos procedimentos metodológicos adotados, a apresentação dos dados obtidos e a interpretação ecológica dos resultados.

Os dados biológicos serão apresentados por meio de:

- ⇒ Tabelas de abundância e riqueza taxonômica das comunidades aquáticas;
- ⇒ Gráficos de variação temporal e espacial dos descritores ecológicos;
- ⇒ Representações gráficas das análises multivariadas aplicadas aos dados;
- ⇒ Síntese interpretativa dos resultados obtidos em cada ponto de monitoramento.

Sempre que possível, os resultados biológicos serão apresentados de forma integrada com os dados provenientes dos programas de qualidade da água e qualidade dos sedimentos, permitindo uma análise ambiental mais abrangente das condições do sistema hídrico monitorado.

Os relatórios também apresentarão a interpretação técnica dos resultados, destacando eventuais alterações observadas na estrutura das comunidades aquáticas e sua possível relação com as condições ambientais da área de influência do empreendimento.

#### 5.8.6.9 Critérios para identificação de alterações ambientais e indicação de medidas de controle

A identificação de possíveis alterações ambientais associadas à operação da UTE Candiota III será baseada na análise integrada dos resultados obtidos ao longo da rede de monitoramento e na avaliação da consistência espacial e temporal dos padrões observados nas comunidades aquáticas.

Serão consideradas evidências de alteração ambiental associada ao empreendimento quando forem observados, de forma consistente:

- ⇒ Alterações na estrutura das comunidades aquáticas no ponto receptor do efluente tratado da usina;
- ⇒ Redução nos índices de diversidade ou nos índices bióticos bentônicos em relação aos pontos de referência;

- ⇒ Alterações persistentes na composição taxonômica das comunidades nos trechos localizados a jusante do lançamento;
- ⇒ Associação entre alterações biológicas e mudanças nos parâmetros físico-químicos da água ou na qualidade dos sedimentos.

Caso sejam identificadas alterações ambientais potencialmente relacionadas às atividades da UTE Candiota III, poderão ser recomendadas medidas de controle ou ajustes nas estratégias de gestão ambiental do empreendimento, incluindo:

- ⇒ Avaliação do desempenho do sistema de tratamento de efluentes;
- ⇒ Verificação das condições de lançamento do efluente tratado;
- ⇒ Revisão de procedimentos operacionais que possam influenciar a qualidade ambiental dos corpos hídricos;
- ⇒ Intensificação do monitoramento ambiental em trechos específicos do sistema hídrico.

A adoção dessas medidas tem como objetivo prevenir, minimizar ou mitigar possíveis alterações na qualidade ecológica dos corpos hídricos inseridos na área de influência da UTE Candiota III.

### 5.8.7 Cronograma

O cronograma proposto a seguir visa assegurar a integração entre as diferentes etapas dos programas de monitoramento ambiental, permitindo a avaliação contínua das condições ambientais, a identificação de tendências e o suporte à tomada de decisão no âmbito da gestão ambiental do empreendimento.

Tabela 17- Cronograma de Execução do Subprograma de Bioindicadores Ambientais Aquáticos

Etapa	Descrição	Período / Frequência
Campanhas de monitoramento	Realização de duas campanhas anuais de amostragem	Últimas duas semanas do verão e últimas duas semanas do inverno
Análises laboratoriais	Processamento das amostras e emissão de laudos laboratoriais	Até 40 dias após cada campanha
Análise dos resultados	Interpretação dos dados, avaliação integrada e consolidação das informações	Outubro a janeiro de cada ciclo anual
Relatório anual	Elaboração e entrega do relatório técnico consolidado	Fevereiro de cada ano

Fonte – Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2026.

## 5.9 MONITORAMENTO DA ICTIOFAUNA

A Usina Termelétrica Candiota III, vem sendo monitorada a mais de duas décadas no que diz respeito ao ambiente aquático. Dentre as diversas frentes analisadas, a ictiofauna foi monitorada em oito áreas amostrais, porém, com algumas diferenças temporais (início do monitoramento) entre si. Considerando a robusta grade de informações levantadas tanto no espaço quanto no tempo, e sem que haja uma correlação efetiva dos resultados alcançados deste programa de monitoramento frente as ações operacionais da UTE Candiota III tenham sido evidenciados, algumas considerações, conclusões e recomendações foram esplanadas a seguir.

- ⇒ De acordo com a análise de composição da comunidade íctica, foi verificado uma estabilização na curva de suficiência amostral, indicando que as espécies de peixes que utilizam o espaço foram registradas em sua maior parcela, com poucas possibilidades de elevar a riqueza já observada;
- ⇒ Em relação ao Índice de Qualidade Ambiental (IQ), foi possível verificar a existência de um padrão para os ambientes monitorados, com classificações variando entre baixas e médias para os pontos amostrais P1, P2, P3, P4 e P7, enquanto que o P6 apresenta-se com os resultados menos expressivos (muito baixa) e para o P5 a classificação foi considerada “alta”.
- ⇒ Para a análise de metais no tecido de diferentes guildas tróficas presentes na área avaliada e com possível interferência das atividades que envolvem as atividades operacionais da UTE Candiota III, foram realizadas, onde foi verificado que os metais Chumbo, Cobre e Níquel, não apresentam histórico de influências negativas a qualidade do pescado, enquanto que para os demais metais (Arcênio, Cádmio, Cromo, Manganês, Mercúrio e Zinco), bioacumulações foram observadas ao longo do tempo avaliado, em todas as áreas amostrais, inclusive para a estação EA1, localizada a montante da UTE Candiota III.

Após duas décadas de monitoramento da ictiofauna na área de influência da UTE Candiota III, a estabilização da curva de suficiência amostral e a caracterização consolidada do Índice de Qualidade Ambiental (IQ) indicam a existência de uma comunidade íctica estabelecida nos diferentes ambientes monitorados, em que restrições na ocupação estão associadas aos diferentes usos do entorno dos

mesmos, especialmente no que diz respeito a mineração de carvão e cimento, além da expansão agrícola com intensa utilização de insumos para correção e adubação do solo. A falta de evidências correlatas a variação da ictiofauna frente as ações operativas da UTE Candiota III, especialmente no que diz respeito as emissões atmosféricas, demonstram que o presente monitoramento é inadequado para determinação de possíveis passivos ambientais gerados pela UTE em tela, e, portanto, indica-se o encerramento do presente monitoramento, onde os esforços deverão ser direcionados a outros programas monitorados e com relações contundentes ao empreendimento avaliado.

Por fim, é sabido que a atividade de produção termelétrica apresenta potencial poluidor, porém, é possível afirmar que atualmente outras atividades parecem ser mais atuantes na degradação ambiental dos cursos hídricos na área de influência da UTE Candiota III, tais como a mineração e a conversão de campos nativos em áreas agricultáveis. Tais atividades, muitas vezes próximas a cursos hídricos, facilitam a entrada de compostos indesejáveis para o ambiente aquático, potencializando a degradação ambiental regional. Desta forma, o monitoramento da ictiofauna não têm se apresentado como uma ferramenta eficaz na avaliação de possíveis passivos causados pela UTE Candiota III, especialmente por fatores como a própria geologia regional (que contribui naturalmente para maior detecção de determinados metais no pescado), pelas atividades de extração de carvão e cimento, bem como pela crescente utilização de fertilizantes em áreas atualmente utilizadas para a agricultura e que anteriormente eram cobertas por vegetação campestre nativa e característica do bioma pampa. Desta forma, conclui-se que o presente monitoramento da ictiofauna pode ter seu encerramento, e que os esforços devam ser concentrados em outros monitoramentos mais pertinentes as atividades industriais da UTE em tela.

## 6 PROGRAMA DE MONITORAMENTO PARA O AMBIENTE TERRESTRE

### 6.1 MONITORAMENTO DA AVIFAUNA

Os efeitos da emissão de poluentes pela produção de energia elétrica por carvão mineral não são percebidos com facilidade para a avifauna. Considerando o monitoramento deste grupo faunístico na área de entorno da UTE Candiota III, quatro das estações amostrais estão relativamente próximas à termoeletrica e não tiveram reduções significativas na riqueza e abundância de aves, apenas oscilações de riqueza e abundância influenciadas pela sazonalidade e interferências do uso do solo nas fazendas onde as estações amostrais estão inseridas.

As transformações da paisagem dentro das estações amostrais e em seus arredores são os principais fatores que vem causando modificações nos ambientes e têm potencial para impactar negativamente a comunidade da avifauna. Muito próximo das estações amostrais EA2 e EA5 existem cavas para mineração, onde para a primeira estação amostral citada, a mina é de extração de carvão mineral e com grande fluxo de caminhões. Já para a mina próxima da EA5, a extração atuante é referente ao calcário, o qual é utilizado como matéria prima para fabricação de cimento. Nessa última, além da movimentação de caminhões, há o processo de detonação das rochas, um agravante para a avifauna, causando seu afugentamentos. Os efeitos da mineração são mais deletérios para a avifauna em comparação aos efeitos da termoeletrica, pois envolvem atividades de remoção da vegetação, abertura de grandes cavas, deposição de solo em áreas alternativas e impactos aos recursos hídricos e áreas ciliares. Estes impactos além de afetar diretamente as áreas de extração, alcançam também as áreas adjacentes, incluindo as estações amostrais EA2 e EA5, que estão próximas dessas atividades.

Ainda sobre os impactos de outras atividades sobre a avifauna na região de monitoramento, existe a modificação dos ambientes naturais que vem ocorrendo dentro das fazendas onde estão inseridas as estações amostrais. Dentre estas atividades, a transformação do campo nativo em lavouras de monocultura ou silvicultura, podem ser considerados como os principais agentes com potencial de causar reduções da riqueza e abundância da avifauna nas estações amostrais, uma vez que descaracterizam os habitats de muitas espécies dependentes desses

ambientes. Quando ocorre a transformação dos campos nativos em monocultura há o desaparecimento de espécies típicas do bioma Pampa, dando lugar a poucas espécies tolerantes/opportunistas.

Cabe ainda ressaltar, que a UTE Candiota III nem sempre esteve em atividade de geração de energia, e por consequência a emissão de gases durante todo o biomonitoramento, tendo grandes pausas em vários períodos ao longo dos ciclos monitorados. Mesmo frente a tais paralizações, não foi possível verificar correlações diretas entre variações da avifauna e as diferentes fases (operação ou paralização), das ações operativas do empreendimento em tela. De maneira geral, a avifauna se manteve com riqueza e abundância expressiva ao longo do monitoramento, expressando oscilações temporais devido a sazonalidade e influência de espécies migratórias e dos períodos reprodutivos.

Por ser um grupo que apresenta flutuações sazonais fortes, e que responde mais facilmente a modificações na paisagem (ecossistema) e disponibilidade alimentar quando comparadas a possíveis lançamentos atmosféricos, entende-se que o grupo da Avifauna não é adequado para responder questões concretas sobre os impactos reais da operação da UTE. Portanto, indica-se a cessação do monitoramento da Avifauna nas estações amostrais da UTE Candiota III.

## 6.2 MONITORAMENTO DA HERPETOFAUNA

### 6.2.1 Justificativa

A herpetofauna desempenha papéis ecológicos fundamentais, como controle de populações de insetos e pragas, além de atuar como indicadores da saúde ambiental. A preservação dessa fauna é crucial para a manutenção do equilíbrio ecológico do pampa gaúcho, que enfrenta diversas pressões antrópicas.

Assim, este grupo faunístico é usualmente considerados em programas de monitoramento faunístico, uma vez que comporta espécies altamente sensíveis a distúrbios antrópicos, apresentando dificuldades de adaptação e sobrevivência em ambientes alterados. Dessa forma, os organismos desse grupo são reconhecidos como importantes bioindicadores, pois possuem características fisiológicas que os

tornam sensíveis às mudanças ambientais (COMITTI, 2017; MONTEIRO; CREMER, 2021).

Com base no acima exposto, o diagnóstico desse grupo permite identificar tendências ou mudanças que possam ser associadas a modificações extrínsecas ao ambiente estudado. Neste contexto, o monitoramento da herpetofauna representa uma ferramenta de controle e avaliação, sendo importante na detecção de alterações ambientais de curto e longo prazos, permitindo assim o planejamento de ações para manejo e recuperação de possíveis danos.

### 6.2.1.1 Espécies Potenciais

Ao longo de vários anos, a área de influência da UTE Candiota III, vem sendo monitorada para diferentes programas ambientais, dos quais o grupo da herpetofauna é um importante grupo faunístico avaliado. Com base nestes monitoramentos já realizados, é apresentado na sequência lista de espécies registradas e de ocorrência confirmada na área avaliada.

Tabela 18 – Espécies da herpetofauna com ocorrência confirmada na área de influência da UTE Candiota III.

Espécies	Nome comum	Status de ameaça		
		IUCN	BR	SC
<b>ANURA</b>				
<b>Alsodidae</b>				
<i>Limnomedusa macroglossa</i>	rã-das-pedras	-	-	-
<b>Bufo</b>				
<i>Rhinella icterica</i>	sapo-cururu	-	-	-
<b>Hylidae</b>				
<i>Boana pulchella</i>	perereca-de-inverno	-	-	-
<i>Dendropsophus minutus</i>	pererequinha-do-brejo	-	-	-
<i>Dendropsophus sanborni</i>	pererequinha	-	-	-
<i>Julianus uruguayus</i>	perereca-uruguaia	-	-	-
<i>Pseudis minuta</i>	rã-boiadora	-	-	-
<i>Scinax fuscovarius</i>	perereca-de-banheiro	-	-	-
<i>Scinax granulatus</i>	perereca-de-banheiro	-	-	-
<i>Scinax squalirostris</i>	perereca-nariguda	-	-	-
<b>Leptodactylidae</b>				
<i>Leptodactylus gracilis</i>	rã-listrada	-	-	-
<i>Leptodactylus latinasus</i>	rã	-	-	-
<i>Leptodactylus luctator</i>	rã-manteiga	-	-	-
<i>Leptodactylus macrosternum</i>	rã-criola	-	-	-
<i>Leptodactylus mystacinus</i>	rã-assobiadora	-	-	-
<i>Leptodactylus sp.</i>	rã-manteiga	-	-	-
<i>Physalaemus biligonigerus</i>	rã-chorona	-	-	-

Espécies	Nome comum	Status de ameaça		
		IUCN	BR	SC
<i>Physalaemus gracilis</i>	rã-chorona	-	-	-
<i>Physalaemus riograndensis</i>	rãzinha-do-rio-grande	-	-	-
<i>Pseudopaludicola falcipes</i>	rãzinha	-	-	-
<b>Microhylidae</b>				
<i>Elachistocleis bicolor</i>	sapo-guarda-de-barriga-amarela	-	-	-
<b>Odontophrynidae</b>				
<i>Odontophrynus americanus</i>	sapo-escavador	-	-	-
<b>Ranidae</b>				
<i>Lithobates catesbeianus</i>	rã-touro	-	-	-
<b>TESTUDINES</b>				
<b>Emydidae</b>				
<i>Trachemys dorbigni</i>	tigre-d'água	-	-	-
<b>SQUAMATA</b>				
Serpente sp. 1	serpente	-	-	-
Serpente sp. 2	serpente	-	-	-
<b>Anguidae</b>				
<i>Ophiodes</i> sp.	cobra-de-vidro	-	-	-
<b>Teiidae</b>				
<i>Salvator merianae</i>	teiú	-	-	-
<i>Teius oculatus</i>	teiú-verde	-	-	-
<b>Amphisbaenidae</b>				
<i>Amphisbaena darwini</i>	cobra-de-duas-cabeças	-	-	-
<b>Colubridae</b>				
<i>Chironius bicarinatus</i>	cobra-cipó	-	-	-
<b>Dipsadidae</b>				
<i>Boiruna maculata</i>	muçurana-preta	-	-	-
<i>Dryophylax hypoconia</i>	cobra-espada	-	-	-
<i>Erythrolamprus almadensis</i>	cobra-de-capim	-	-	-
<i>Erythrolamprus jaegeri</i>	cobra-verde	-	-	-
<i>Erythrolamprus poecilogyrus</i>	cobra-de-capim	-	-	-
<i>Helicops infrataeniatus</i>	cobra-d'água	-	-	-
<i>Oxyrhopus rhombifer</i>	falsa-coral	-	-	-
<i>Phalotris lemniscatus</i>	cabecinha-preta	-	-	-
<i>Philodryas offersii</i>	cobra-verde	-	-	-
<i>Pseudablabe patagoniensis</i>	parelheira	-	-	-
<i>Xenodon dorbignyi</i>	nariguda	-	-	-
<i>Xenodon merremii</i>	boipeva	-	-	-
<b>Viperidae</b>				
<i>Bothrops alternatus</i>	urutu	-	-	-
<i>Bothrops pubescens</i>	jararaca-do-pampa	-	-	-

Fonte: Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2026.

## 6.2.2 Objetivo Geral

Caracterizar o grupo da herpetofauna, considerando sua composição, distribuição e variação no tempo e no espaço, identificar as espécies ameaçadas de extinção, de interesse econômico, além de correlacionar com os descritores

ecológicos (abundância, riqueza, diversidade, equitabilidade e dominância) da comunidade de anfíbios e répteis presente na área de influência da UTE Candiota III.

### 6.2.2.1 Objetivos específicos

- ⇒ Caracterizar a comunidade de répteis e anfíbios existentes na área de influência da Usina Termelétrica de Candiota, quanto à composição, distribuição espaço-temporal, abundância e dominância das espécies;
- ⇒ Identificar espécies ameaçadas de extinção;
- ⇒ Avaliar a ocorrência, permanência e abundância de indivíduos nas estações amostrais em períodos de maior atividade, afim de identificar diminuições de riqueza e abundância de espécies ao longo do tempo e investigar possíveis impactos ambientais oriundos da operação da UTE.

### 6.2.3 Rede de Monitoramento

O monitoramento da herpetofauna será realizado em cinco (05) estações amostrais (EA). Os locais estão dispostos na área de entorno do empreendimento em diferentes distâncias e direções. As coordenadas UTM de referência das EAs estão listadas na tabela abaixo.

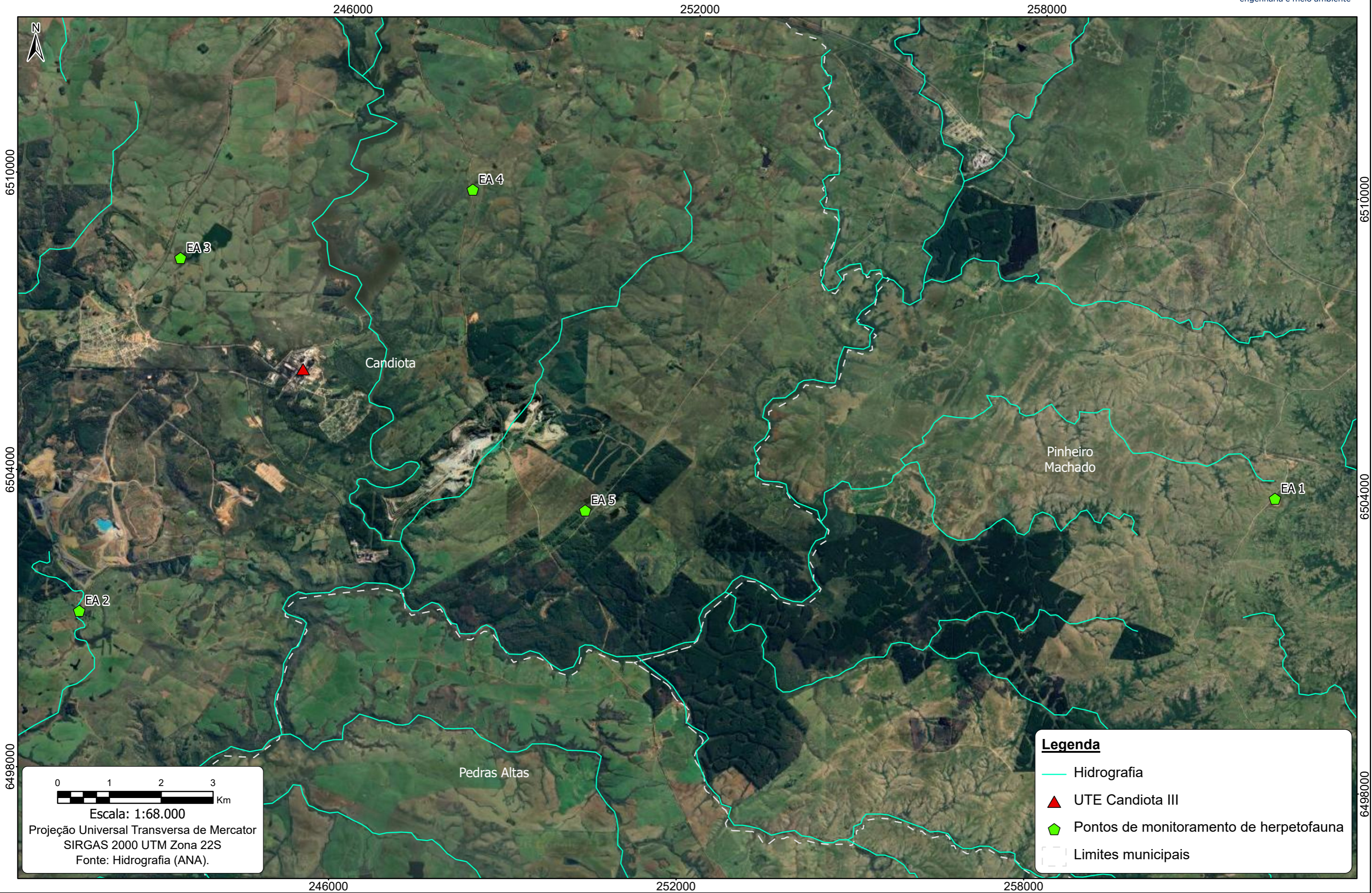
Tabela 19- Coordenadas das estações amostrais (EA) para amostragem do monitoramento da Herpetofauna da UTE Candiota III.

Local	Coordenadas UTM 22S	
	N	E
EA1 - Serra da Veleda (EA de referência)	6503935,00	262163,00
EA2 - Fazenda Três Lagoas	6501179,00	241561,00
EA3 - Fazenda Candiota	6510363,00	243736,00
EA4 - Fazenda Santa Clara	6509846,00	248153,00
EA5 - Fazenda Santa Rita	6503784,00	249292,00

Fonte: Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2026.

Para efeito da localização exata das estações amostrais em campo, será considerada uma área amostral real de até 1.000 metros de raio no entorno dessas coordenadas.

# UTE CANDIOTA - PONTOS DE MONITORAMENTO DE HERPETOFAUNA



## 6.2.4 Metodologia

Para répteis o método de amostragem consistirá na busca ativa de indivíduos em termorregulação ou em inatividade em microhábitas favoráveis como embaixo de pedras, troncos e folhas. Para tanto a amostragem será realizada preferencialmente no início e meio da manhã e ao entardecer ou em períodos mais quentes do dia quando em épocas mais frias como o inverno. O esforço será de três (03) horas de amostragem em cada estação amostral, padronizando assim o esforço despendido em todas os ambientes monitorados.

Para anfíbios se utilizará da metodologia de contagem de machos vocalizando em sítios de escuta e reprodução, que consiste na contagem de anuros adultos nos locais onde ocorre congregação para reprodução. Para tanto se faz necessário a identificação das espécies através da vocalização dos machos.

Para isso serão identificadas as áreas úmidas ocorrentes em cada estação amostral, entretanto, nem todas as estações podem possuir áreas úmidas em tamanho e número adequados para que se realize comparações relacionadas à área dos mesmos. As amostragens ocorrerão uma noite em cada estação amostral no período das 18:30 às 22:00 (período em que a maior parte das espécies vocaliza). Quando mais de uma área úmida for identificada por estação amostral, a contagem será realizada com intervalos de 45 minutos à uma (01) hora em cada corpo úmido. Indivíduos registrados durante a busca ativa para répteis, bem como durante os deslocamentos para a metodologia para ponto de escuta, também serão incluídos na amostragem.

### 6.2.4.1 Parâmetros monitorados

As espécies registradas serão avaliadas quanto a possíveis riscos de extinção e endemismos. Ademais, a partir dos dados obtidos da composição, distribuição espaço-temporal, abundância e dominância das espécies em cada ponto amostral, serão calculados os seguintes Índices Bióticos: riqueza, abundância, índice de diversidade, índice de Equidade e índice de intensidade.

A abundância relativa de cada espécie deve ser avaliada utilizando um índice de intensidade, (ÁVILA & FERREIRA, 2004), onde:

- (0) nenhum indivíduo da espécie vocalizando;

- (1) vocalizações esparsas, sem sobreposição e número de indivíduos estimável entre um e dez;
- (2) vocalizações se sobrepõem, mas ainda é possível individualizá-las e estimar o número de indivíduos (11-35 indivíduos);
- (3) formação de coro em que as vocalizações individuais são indistinguíveis e não se pode estimar o número de indivíduos (> 35).

#### 6.2.4.2 Indicadores

- ⇒ Riqueza e abundância de espécies: Levantar do número total de espécies (anfíbios e répteis) registradas, bem como de suas densidades populacionais, comparando estação controle em relação as demais estações amostrais avaliadas.
- ⇒ Presença de girinos: Verificar visualmente a presença de girinos nas diferentes estações amostrais, afim de atestar a continuidade dos ciclos reprodutivos das espécies de anfíbios, assim se tornando uma ferramenta para informar se o ambiente apresenta condições adequadas para a reprodução das espécies locais.
- ⇒ Qualidade dos ambientes monitorados: Identificar possíveis alterações físicas e de paisagem nos ambientes naturais das estações amostrais.

#### 6.2.4.3 Periodicidade

A herpetofauna será monitorada em duas campanhas amostrais, ambas em estações quentes do ano, sendo uma na primavera e outra no verão, períodos de maior atividade desse grupo. Dessa forma, sendo possível obter dados reais a respeito da riqueza e abundância de espécies para então fazer comparativos temporais entre os ciclos e avaliar possíveis declínios na população da herpetofauna.

#### 6.2.4.4 Análise dos dados

Os resultados das contagens obtidos serão apresentados como índice pontual de abundância – IPA, onde a abundância das espécies será calculada dividindo-se o número de contatos obtidos de uma determinada espécie pelo número de amostras, obtendo-se assim o índice pontual de abundância (IPA) que retrata a abundância e o grau de atividade da espécie no local e período estudado (RALPH et al., 1981). O uso

do IPA elimina o efeito de esforços amostrais diferenciados (número de pontos de contagem), possibilitando comparações entre diferentes áreas, ambientes e períodos.

As espécies serão identificadas por profissional experiente e com auxílio de material específico da área (VERRASTRO; BORGES-MARTINS, 2025; HADDAD et al. 2013; TOLEDO et al. 2021; IOP et al. 2016; MARQUES et al. 2019; MARQUES et al., 2025). O grau de ameaça de extinção das espécies será baseado na Lista das Espécies da Fauna Ameaçada de Extinção do Rio Grande do Sul (RIO GRANDE DO SUL. Decreto nº 51.797/2014), Lista das Espécies da Fauna Brasileira Ameaçadas de Extinção (BRASIL. Portaria MMA nº 148/2022) e consultas a *Red List of Threatened Species* da IUCN - International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2026).

Os dados cumulativos anuais serão analisados por meio de curva de suficiência amostral e extrapolação futura não paramétrica proposta por COLWELL et al. (2012). Essas curvas permitem avaliar o quanto um estudo se aproxima de registrar todas as espécies potenciais da área amostral. Quando a curva estabiliza, ou seja, nenhuma espécie nova é adicionada, significa que a riqueza total será obtida. De forma complementar será realizada a estimativa de riqueza de espécies para a área de estudo, por meio do estimador Chao 2 e Jackknife de 2ª ordem (COLWELL; CODDINGTON, 1994). Essas análises serão feitas no programa EstimateS, verserão 9.1.

#### 6.2.4.4.1 Análise espacial

A análise dos dados em comparações entre as estações amostrais será realizada pela análise de agrupamento (*cluster analysis*), usando algoritmo UPGMA (*unweighted pair-group average*) e distância de similaridade de Jaccard, tratando-se de análise multivariada que permite agregar amostras com base nas características que possuem, gerando uma medida de similaridade em representação gráfica (HAIR et al., 2009). Esta análise permite identificar padrões de ordenação dentro de gradientes temporais ou espaciais, assim é possível entender a distribuição das espécies ao longo das unidades amostrais (GOTELLI; ELLISON, 2011). Análises também envolverão o índice de diversidade de Simpson (1-D).

Para verificar se ocorreram alterações na composição de espécies entre as áreas amostrais serão realizadas as análises PERMANOVA (*permutational multivariate analysis of variance*) e PERMDISP (*permutational analysis of multivariate*

*dispersions*), com distância de Jaccard. Com estas análises é possível identificar se existe mudanças de composição de espécies (posição) entre os grupos amostrais ou se a variação da composição de espécies dentro de um grupo (dispersão) é maior do que a variação dentro do outro grupo (SILVA et al., 2022). Quando não será possível realizar a PERMDISP devido à estrutura dos dados, será então realizada a análise ANOSIM (*analysis of similarity*) de forma complementar à PERMANOVA, devido às diferentes sensibilidades dessas análises em detectarem alterações na estrutura de comunidades ecológicas (SOMERFIELD et al., 2021). Estas comparações também serão realizadas usando a análise SIMPER (*Similarity Percentage*) para verificar quais táxons tiveram maior contribuição para a diferenciação das amostras (CLARKE, 1993).

#### 6.2.4.4.2 Análise temporal

A análise dos dados em comparações entre as campanhas amostrais será realizada pela análise de agrupamento (*cluster analysis*), usando algoritmo UPGMA (*unweighted pair-group average*) e distância de similaridade de Jaccard, tratando-se de análise multivariada que permite agregar amostras com base nas características que possuem, gerando uma medida de similaridade em representação gráfica (HAIR et al., 2009). Esta análise permite identificar padrões de ordenação dentro de gradientes temporais ou espaciais, assim é possível entender a distribuição das espécies ao longo das unidades amostrais (GOTELLI; ELLISON, 2011). Análises também envolverão o índice de diversidade de Simpson (1-D).

Para verificar se ocorreram alterações na composição de espécies entre as campanhas amostrais serão realizadas as análises PERMANOVA (*permutational multivariate analysis of variance*) e PERMDISP (*permutational analysis of multivariate dispersions*), com distância de Jaccard. Com estas análises é possível identificar se existe mudanças de composição de espécies (posição) entre os grupos amostrais ou se a variação da composição de espécies dentro de um grupo (dispersão) é maior do que a variação dentro do outro grupo (SILVA et al., 2022). Quando não será possível realizar a PERMDISP devido à estrutura dos dados, será então realizada a análise ANOSIM (*analysis of similarity*) de forma complementar à PERMANOVA, devido às diferentes sensibilidades dessas análises em detectarem alterações na estrutura de comunidades ecológicas (SOMERFIELD et al., 2021). Estas comparações também

serão realizadas usando a análise SIMPER (*Similarity Percentage*) para verificar quais táxons tiveram maior contribuição para a diferenciação das amostras (CLARKE, 1993).

#### 6.2.4.4.3 Tratamento estatístico

As análises serão geradas usando três programas estatísticos: Past, versão 4.12 (HAMMER et al., 2001), EstimateS, versão 9.1.0 (COLWELL, 2013) e Excel (MICROSOFT, 2016).

Para rodar as análises serão usados dados de riqueza e abundância coletados em campo.

#### 6.2.4.4.4 Avaliação dos indicadores

- ⇒ Apresentar um diagnóstico das estações amostrais, buscando relacionar os resultados com possíveis influências do empreendimento no ambiente de entorno, especialmente pela diminuição de riqueza e abundância de espécies e vestígios reprodutivos.
- ⇒ Apresentar informações sobre a qualidade dos ambientes usados pelas espécies da herpetofauna e sobre os agentes que estejam possivelmente interferindo na qualidade dos mesmos.

#### 6.2.4.4.5 Integração com Parâmetros Operacionais e Fontes Potenciais de Impacto

Os resultados obtidos no Programa de Biomonitoramento da herpetofauna serão interpretados temporalmente, visando observar possíveis declínios de espécies e relacionar com ações antrópicas. Assim, podendo ser avaliadas possíveis relações de influência da UTE com o grupo da herpetofauna.

#### 6.2.4.4.6 Avaliação Crítica dos impactos Ambientais

A avaliação da influência do empreendimento sobre o grupo da herpetofauna será realizada por meio da análise integrada dos resultados obtidos ao longo do tempo. Onde serão analisados:

- ⇒ Diminuição da riqueza de espécies;

- ⇒ Alteração na abundância de indivíduos;
- ⇒ Presença/ausência de vestígios reprodutivos (ovos e girinos);
- ⇒ Alteração dos ambientes de reprodução.

#### 6.2.4.4.7 Critérios de Interpretação e Resposta

A interpretação dos dados se dará por meio da comparação dos resultados dos monitoramentos ao longo do tempo. Com o auxílio das análises estatísticas será possível verificar se o grupo analisado apresenta alterações de riqueza e abundância ao longo do tempo, indicando a influência de fatores externos nos ambientes analisados.

Tabela 20 - Matriz de Avaliação Integrada do subprograma de monitoramento da herpetofauna.

Impacto Ambiental Associado	Componente / eixo avaliado	Objetivo	Indicadores	Meta operacional	Meta numérica proposta	Critério de interpretação	Resultado esperado	Ação / resposta	Texto-base para relatório
<b>Perda de riqueza e abundância de espécies; Descaracterização dos ambientes de reprodução.</b>	Estrutura da comunidade e variação espaço-temporal	Caracterizar a comunidade de répteis e anfíbios existentes na área de influência da UTE de Candiota, quanto à composição, distribuição espaço-temporal, abundância e dominância das espécies.	Riqueza e abundância de espécies; Presença de ovos e girinos; Qualidade dos ambientes monitorados.	Verificar flutuações e/ou diminuição na riqueza e abundância de espécies em comparação com os dados históricos; Determinar se todas as áreas monitoradas apresentam condições físicas e ambientais para a reprodução de anfíbios; Monitorar possíveis alterações físicas e de paisagem nos ambientes naturais das estações amostrais.	Anualmente, registrar minimamente 70% da riqueza observada historicamente, a fim de evidenciar a manutenção das condições ambientais para o ciclo de vida das espécies, com atenção especial aquelas consideradas indicadoras; Manter a abundância das populações indicadoras dentro de um desvio padrão aceitável (<20%).	A interpretação dos dados se dará por meio da comparação dos resultados dos monitoramentos ao longo do tempo. Com o auxílio das análises estatísticas será possível verificar se o grupo analisado apresenta alterações de riqueza e abundância ao longo do tempo, indicando a influência de fatores externos nos ambientes analisados.	Constatação <u>ou não</u> de alterações deletérias à comunidade da herpetofauna; Manutenção da riqueza e abundância de espécies, em especial das indicadoras.	Consolidar interpretação integrada anual; Investigar origem de alterações na abundância e riqueza de espécies, levando em consideração flutuações naturais influenciadas por fatores climáticos, sazonais e específicos de cada espécie.	O monitoramento da herpetofauna deverá apoiar a identificação de alterações ecológicas associadas à comunidade, especialmente nos ambientes de reprodução, analisando a riqueza e abundância de espécies espacialmente e temporalmente.

Fonte: Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2026.

#### 6.2.4.4.8 Produtos a Serem Gerados

Após a obtenção de dados a campo a respeito das espécies da comunidade da herpetofauna (répteis e anfíbios), serão elaborados relatórios anuais ao IBAMA, consolidando as informações das campanhas semestrais e dos ciclos de monitoramento, comparando com dados históricos já apresentados ao órgão ambiental.

### 6.3 BIOMONITORAMENTO DA VEGETAÇÃO CAMPESTRE

A avaliação da influência do empreendimento UTE Candiota III sob a comunidade campestre, é complexa, uma vez que o cenário local, apresenta variados usos do solo e outras fontes poluidoras. No entorno do proposto empreendimento, são desenvolvidas diversas atividades, como por exemplo: agricultura, pecuária, silvicultura e atividades industriais. Ambas atividades citadas, possivelmente apresentam impacto sob a vegetação campestre, sendo uma tarefa extremamente complexa avaliar o que cada atividade está influenciando na mesma.

O esforço amostral empregado até o momento foi enorme, avaliando a comunidade campestre nas cinco Estações Amostrais. Até o presente momento, não foram verificadas intensas variações em termos de riqueza na comunidade, o que indica que não está ocorrendo um declínio da comunidade nos locais avaliados. Assim, com base nos argumentos supracitados, se propõe que o programa de monitoramento da vegetação seja encerrado, uma vez que a comunidade, ao longo dos anos de estudo, não demonstrou alterações expressivas.

### 6.4 BIOINDICADORES DA QUALIDADE DO AR

#### 6.4.1 Justificativa

A qualidade do ar pode ser afetada por muitas fontes, sendo mais comum tal fato ocorrer em centros industriais ou urbanos. A queima de combustíveis fósseis e a atividade industrial são os principais causadores de alterações na qualidade do ar. Os agentes poluidores que apresentam destaque são: dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>),

monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrogênio (NO<sub>x</sub>). O monitoramento da qualidade do ar é essencial para um ambiente mais saudável e sustentável, sendo medidas de controle essenciais, principalmente próximas a grandes centros ou empreendimentos potencialmente poluidores (Davis & Masten, 2016; Meller et al., 2017; Brasil, 2018).

Os fungos liquenizados, também chamados por líquens, são conhecidos por apresentarem alta sensibilidade à poluentes. Essa sensibilidade é expressa de diversas formas, como por exemplo, inibição do desenvolvimento do talo, alterações metabólicas, alterações na fisionomia, dentre outras (Coppins, 1973, Gries, 1996, Schlensoeg & Schroeter, 2001). Outro componente que pode ser afetado é o solo, que responde a determinadas alterações em ecossistemas (Araújo et al., 2013). A qualidade do solo tem suma importância para o funcionamento de ecossistemas, sendo o seu monitoramento essencial.

A emissão de poluentes atmosféricos, pode afetar os ecossistemas e a saúde da população. Diversas atividades contribuem para a poluição do ar, solo e água. A queima de combustíveis fósseis gera gases poluentes diversos, sendo os mais prejudiciais o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e óxidos de nitrogênio (No<sub>x</sub>). Assim, o monitoramento da qualidade do ar é uma ação primordial, visando a conservação ambiental e a saúde humana.

#### **6.4.2 Objetivo Geral**

Realizar a análise do acúmulo de metais em material vegetal e no solo, afim de verificar a influência do empreendimento na qualidade do ar de seu entorno.

##### **6.4.2.1 Objetivos Específicos**

- ⇒ Monitoramento da qualidade do ar de área de entorno do empreendimento, por meio da análise de acumulação de metais em líquens.
- ⇒ Monitoramento do acúmulo de metais em 3 espécies herbáceas presentes nas áreas de entorno do empreendimento.
- ⇒ Monitoramento da presença de poluentes no solo de áreas do entorno do empreendimento.

### 6.4.3 Rede de Monitoramento

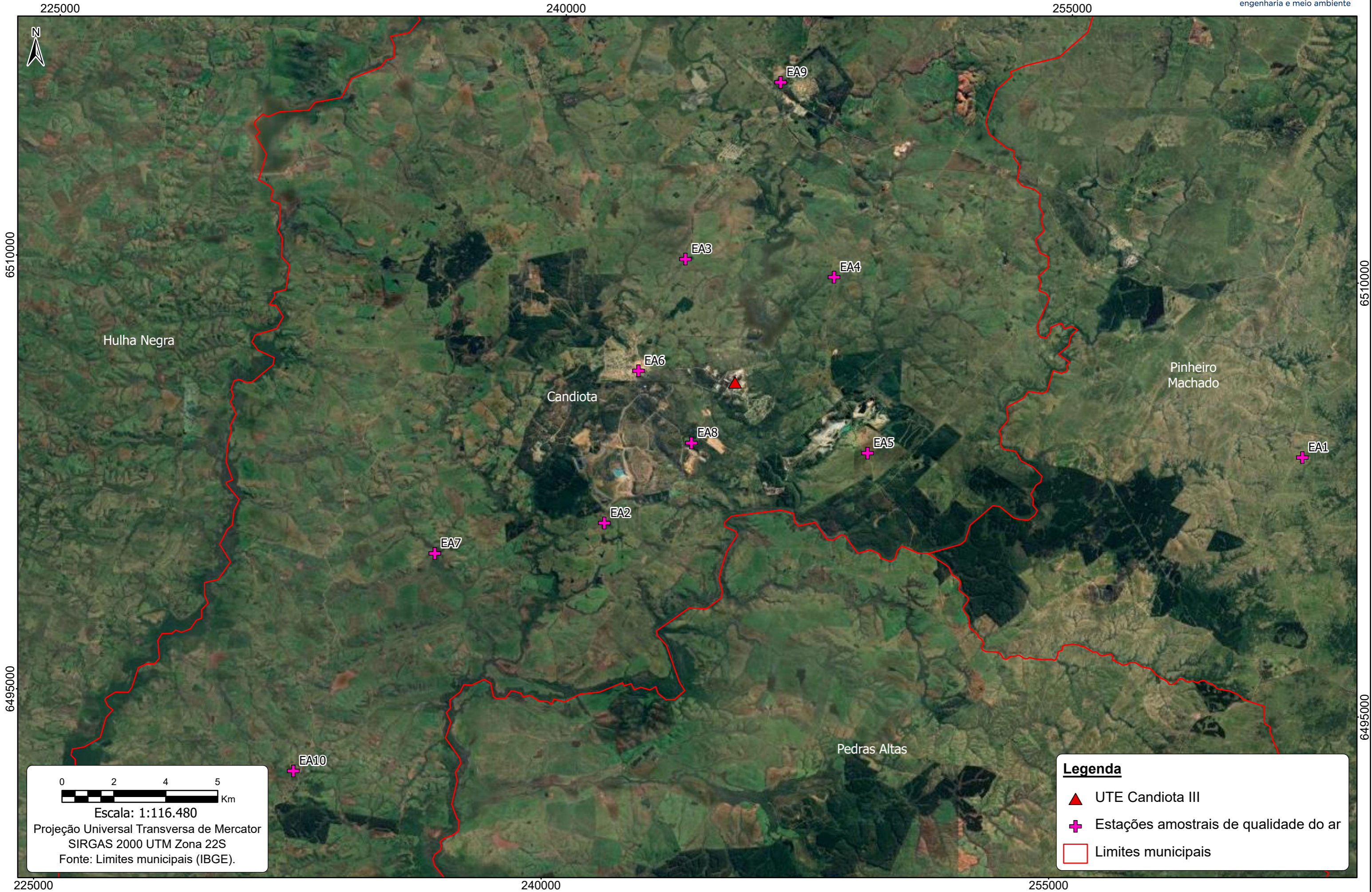
Os monitoramentos Ativo e Passivo serão realizados em 10 unidades amostrais. Os locais estão dispostos na área de entorno do empreendimento em diferentes distâncias e direções. As coordenadas das unidades amostrais a serem utilizadas no monitoramento e o mapa com a representação das mesmas, são apresentados na sequência.

Tabela 21 – Unidades amostrais do biomonitoramento da qualidade do ar.

Estação amostral	Zona 22 J		Nome	Direção em relação à usina
	E	N		
EA 1	262163	6503935	Serra da Valeda	Leste
EA 2	241561	6501179	Fazenda Três Lagoas	Sudoeste
EA 3	243736	6510363	Fazenda Candiota	Noroeste
EA 4	248153	6509846	Chácara Santa Clara	Noroeste
EA 5	249292	6503784	Fazenda Santa Rita	Sudeste
EA 6	242441	6506467	Dário Lassance	Oeste
EA 7	236572	6500000	Fazenda São José	Sudoeste
EA 8	244070	6504011	Associação Funcionários da Usina	Sudoeste
EA 9	246406	6516544	Vila Operária	Norte
EA 11	232580	6492372	8 de Agosto	Sudoeste

Fonte: Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2026.

# UTE CANDIOTA - ESTAÇÕES AMOSTRAIS DE QUALIDADE DO AR



## 6.4.4 Metodologia

### 6.4.4.1 Parâmetros Monitorados

#### 6.4.4.1.1 Monitoramento Ativo

As espécies utilizadas para o monitoramento ativo serão: *Parmotrema tinctorum* (acumuladora) e *Ramalina celastri* (sensível). Os indivíduos serão coletados em fragmento florestal conservado e em local sem a influência de fontes poluidoras. Os indivíduos que apresentaram maior grau de desidratação, devem ser hidratados para facilitar a coleta. As coletas serão realizadas a aproximadamente 1,5 m do solo. Quando necessário, para evitar danos ao líquen, será removida a casca do forófito. Após a coleta os indivíduos serão armazenados em saco de papel até o transporte para o laboratório. Não devem ser utilizados sacos plásticos no armazenamento e transporte dos líquens. No laboratório os indivíduos serão mantidos em sacos de papel em ambiente escuro e arejado, quando necessário os memos devem ser hidratados. Na sequência são apresentadas imagens das espécies de interesse.

Figura 8 – *Parmotrema tinctorum*.



Fonte: Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2025.

Figura 9 – *Ramalina celastri*.



Fonte: Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2025.

Para a alocação dos indivíduos em campo, serão realizados os seguintes procedimentos. Cada indivíduo será alocado em uma rede de frutas, que será fechada com uma abraçadeira plástica. Em cada unidade amostral, serão alocados um indivíduo de cada espécie no forófito, a uma altura de aproximadamente 1,5 m. O local será identificado por meio da coordenada geográfica e plaqueta numérica. Os indivíduos permanecerão no local por aproximadamente 10 meses, quando serão

coletados e encaminhados para as análises. Na análise serão testados os teores de cádmio (Cd), chumbo (Pb), zinco (Zn), enxofre (S) e flúor (F), sendo posteriormente comparados com exemplares testemunhos das espécies avaliadas, as quais serão coletadas em ambiente distante da área monitorada e em condição ambiental considerada preservada.

#### 6.4.4.1.2 Monitoramento Passivo

O Biomonitoramento passivo será realizado semestralmente, por meio da análise do acúmulo de metais nas seguintes espécies: *Elephantopus mollis*, Asteraceae, erva-grossa; *Baccharis crispa*, Asteraceae, carqueja; *Paspalum notatum*, Poaceae, grama-forquilha. As amostras das 3 espécies serão coletadas nas mesmas unidades amostrais do monitoramento ativo. Os indivíduos serão coletados e armazenados em sacos plásticos para envio ao laboratório, para a análise dos teores de cádmio (Cd), chumbo (Pb), zinco (Zn), enxofre (S) e flúor (F).

#### 6.4.4.1.3 Solo

A análise do componente edáfico será realizada anualmente, nas mesmas unidades amostrais das coletas do monitoramento ativo e passivo. Para a coleta de solo, serão obtidas 5 sub-amostras por unidade amostral, onde cada sub-amostra apresentará 20 cm de profundidade e será obtida com o auxílio de pá de corte. Após a obtenção das 5 sub-amostras as mesmas serão homogeneizadas, formando a amostra da unidade amostral. Após a coleta, as amostras serão armazenadas em sacos plásticos e enviadas para a análise, onde serão analisados os teores de cádmio (Cd), chumbo (Pb), zinco (Zn), enxofre (S) e flúor (F).

#### 6.4.4.2 Indicadores

- ⇒ Índice de bioacumulação de metais: Comparação dos organismos expostos nas Estações Amostrais, após aproximadamente 10 meses de exposição, com o grupo controle (triplicata em tempo zero).
- ⇒ Taxa de deposição: Analisar a deposição de metais nos líquens ao longo das estações amostrais e dos dados históricos, buscando identificar gradientes de deposição no entorno da usina.

- ⇒ Bioacumulação de metais: relacionar os dados resultantes da análise das espécies herbáceas com os dados obtidos com a análise do solo, no decorrer das Estações Amostrais, buscando apresentar relações de influência da UTE Candiota III sobre estes componentes.
- ⇒ Buscar observar os níveis de fito toxicidade nas plantas analisadas e comparar com os níveis de concentrações de áreas sem influência do empreendimento.

#### 6.4.4.3 Periodicidade

A periodicidade do monitoramento da qualidade do ar ativo, será de 12 meses, uma vez que os líquens ficam expostos no ambiente por 10 meses. Já o biomonitoramento passivo e a análise do solo, terão periodicidade semestral.

#### 6.4.4.4 Análise dos dados

Por meio do programa estatístico Past, foi realizada a Análise de Variância (Anova) e posterior teste de Tukey. Com a realização dessa análise será possível verificar a variação dos dados entre os grupos, ou seja, se existe diferença dos dados obtidos entre as unidades amostrais com o grupo controle.

#### 6.4.4.5 Análise espacial

Estando as 10 unidades amostrais consideradas nas análises dispostas no entorno da UTE Candiota III, serão consideradas as localizações das unidades amostrais, relacionando as mesmas com os resultados obtidos.

#### 6.4.4.6 Análise temporal

Serão consideradas e correlacionadas todas as análises realizadas até o presente, propiciando assim, a comparação dos dados históricos obtidos no entorno do empreendimento, sendo apresentada a discussão sobre o comportamento dos dados ao longo do tempo.

#### 6.4.4.7 Avaliação dos indicadores

- ⇒ Apresentar um diagnóstico das estações amostrais, buscando relacionar os resultados com possíveis influências do empreendimento no ambiente de entorno, especialmente pela detecção significativa de elementos acumulados nos organismos expostos.
- ⇒ Apresentar um diagnóstico buscando elucidar as relações existentes entre a emissão de poluentes da usina termoeletrica com os componentes vegetal e edáfico, afim de verificar se há influência do empreendimento sob esses grupos e em quais locais.

#### 6.4.4.8 Integração com Parâmetros Operacionais e Fontes Potenciais de Impacto

Os resultados obtidos no Programa de Biomonitoramento da Qualidade do Ar serão interpretados de maneira integrada, visando o cruzamento dos dados e resultados obtidos nos monitoramentos ativo, passivo e do solo, com possíveis fontes de estresse, presentes próximos aos locais analisados. Assim, podem ser avaliadas possíveis relações de influência entre os grupos analisados, visando uma interpretação mais assertiva em relação ao ambiente analisado.

#### 6.4.4.9 Avaliação Crítica dos impactos Ambientais

A avaliação da influência da qualidade do ar pelo empreendimento será realizada por meio da análise integrada dos resultados obtidos ao longo do tempo. Onde serão analisados:

- ⇒ Acúmulo de metais nas duas espécies de líquens referentes ao monitoramento ativo.
- ⇒ Acúmulo de metais nas 3 espécies herbáceas referentes ao monitoramento passivo
- ⇒ Acúmulo de metais no solo,

#### 6.4.4.10 Critérios de Interpretação e Resposta

A interpretação dos dados se dará por meio da comparação dos resultados dos monitoramentos ao longo do tempo. Com o auxílio das análises estatísticas será

possível verificar se os grupos analisados apresentam alterações dos parâmetros mensurados ao longo do tempo, indicando a influência de fatores externos nos componente analisados.

#### 6.4.4.11 Produtos a Serem Gerados

Após o recebimento dos Relatórios de Ensaio - laudos analíticos por parte dos laboratórios subcontratados para as análises de solo e das espécies da flora pré determinadas, serão elaborados relatórios anuais ao IBAMA, consolidando as informações das campanhas semestrais de monitoramento, além de comparar com dados históricos já apresentados ao órgão ambiental.

Tabela 22 – Matriz de avaliação integrada do subprograma bioindicadores da qualidade do ar.

Impacto Ambiental Associado	Componente / eixo avaliado	Objetivo	Indicadores	Meta operacional	Meta numérica proposta	Critério de interpretação	Resultado esperado	Ação / resposta	Texto-base para relatório
Descaracterização ambiental; Perda da riqueza de espécies da flora.	Acúmulo de metais em espécies da flora e no solo.	Realizar a análise do acúmulo de metais em material vegetal e no solo, afim de verificar a influência do empreendimento na qualidade do ar de seu entorno.	Bioacumulação de metais em espécies da flora; Deposição e acúmulo de metais no componente edáfico.	Analisar a ocorrência de variação nos níveis de metais em espécies vegetais e no solo ao longo do tempo.	Manter a equivalência estatística do acúmulo de metais em relação ao grupo controle, não ultrapassando 15% para mais ou para menos, da amostra controle..	Comparação dos resultados obtidos ao longo do tempo. Realizar análises estatísticas afim de detectar alterações nos padrões analisados.	Estabilidade dos níveis dos metais analisados nos componentes.	Consolidar interpretação integrada anual. Analisar alterações significativas, caso ocorram, de acordo com as influências locais.	O Monitoramento da qualidade do ar deverá considerar de forma integrada os resultados obtidos em cada campanha e constatar quaisquer alterações nos componentes analisados, elucidando as possíveis influências ambientais de cada local.

Fonte: Ambiverse Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente, 2026.

## 6.5 MONITORAMENTO DA ATIVIDADE PECUÁRIA

O monitoramento da atividade pecuarista na área de entorno da UTE Candiota III, é realizado a consecutivos anos, especialmente com rebanhos de ovinos. De forma geral e considerando todo período já avaliado, o monitoramento não apresenta relação direta em possíveis lesões na região bucal ou de desgaste da dentição dos rebanhos frente as emissões atmosféricas provenientes da UTE Candiota III. Fatores como a presença do capim-anoni (*Eragrostis plana* Nees), presença de afloramentos naturais de carvão, composição geológica regional e períodos em que as pastagens de campos nativos se tornam rasas (condição natural, especialmente no inverno), são condições que contribuem de forma mais contundente para possíveis passivos a atividade monitorada.

A alguns anos, as emissões atmosféricas provenientes da produção energética utilizando a queima de carvão natural, seguem rigorosos processos que limitam tais lançamentos. A frequente presença de cinzas expelidas no processo em décadas passadas, já não é mais observada nos arredores da UTE Candiota III, condição esta que reduziu significativamente possíveis contribuições na elevação de elementos como os fluoretos e sílica nas pastagens e solo, as quais potencializam determinadas enfermidades na região bucal dos animais ruminantes avaliados, e por conseqüências, prejuízos a atividade pecuarista. Frente a tais informações, é indicado que o biomonitoramento da Pecuária na área de influência da UTE Candiota III seja encerrado, haja vista a falta de evidência direta da usina a este componente analisado, uma vez que, fatores que antigamente afetavam os animais, já não são mais observados atualmente, tornando esse monitoramento dispensável no âmbito de fornecer informações concretas a respeito dos impactos da operação da UTE sobre a atividade pecuária da região.

Dessa forma, considerando a consolidação dos dados históricos que atestam a ausência denexo causal entre a operação da unidade e prejuízos à saúde bucal dos rebanhos, bem como a eficácia dos modernos sistemas de controle de emissões que mitigam riscos ambientais outrora existentes, conclui-se que o biomonitoramento atingiu seu objetivo de verificação ao longo dos anos. Diante da natureza natural e geológica dos fatores que efetivamente impactam a pecuária local, indica-se o

encerramento deste monitoramento, por entender que sua manutenção não mais agrega subsídios técnicos indispensáveis à gestão ambiental da UTE Candiota III.

## 7 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. 2013. Atlas Brasil: abastecimento urbano de água. Brasília: ANA.228p.

AGOSTINHO, S.D. Periodontite e desgaste dentário em ovinos. 78f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária Preventiva) UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP CÂMPUS DE JABOTICABAL, 2017.

ALBUQUERQUE, J. M. et al. Soil impacts caused by coal mining and coal mine waste. ResearchGate, 2022. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/361495741>. Acesso em: 5 maio 2025.

ALEIXO, A. & VIELLIARD, J. M. E. Composição de dinâmica da avifauna da Mata de Santa Genebra, Campinas, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 1995; 12(3): 493-511.

ALMEIDA, R. M.; GUEDES, H. A. S.; FERREIRA, L. S. Avaliação da contaminação das águas subterrâneas em áreas industriais: estudo de caso em área de influência de atividade termelétrica. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 24, n. 2, p. e8, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.241920180070>. Acesso em: 24 abr. 2025.

ARAÚJO, A. S. F.; CESARZ, S.; LEITE, L. F. C.; BORGES, C. D.; TSAI, S. M.; EISENHAUER, N. Soil microbial properties and temporal stability in degraded and restored lands of Northeast Brazil. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 66, p. 175-181, 2013.

ARMITAGE, P. D.; MOSS, D.; WRIGHT, J. F.; FURSE, M. T. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research*, v. 17, n. 3, p. 333–347, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR ISO 19204:2012 – Avaliação da qualidade do solo – Diretrizes para a avaliação da ecotoxicidade dos solos e materiais relacionados. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). ABNT NBR 15470:2021. Ecotoxicologia aquática — Toxicidade aguda e crônica — Método de ensaio com *Hyalella* spp (Amphipoda) em sedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT/NBR 12648:Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica - Método de ensaio com algas (Chlorophyceae). Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT/NBR 13373: Ecotoxicologia aquática — Toxicidade crônica — Método de ensaio com *Ceriodaphnia* spp (Crustacea, Cladocera). Associação Brasileira de Normas Técnicas, , 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT/NBR 15499:Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica de curta duração - Método de ensaio com peixes. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT/NBR 15847:Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento — Métodos de purga. Rio de Janeiro Associação Brasileira de Normas Técnicas, , 1987b

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT/NBR 9898: Planejamento de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores – procedimento. Rio de Janeiro Associação Brasileira de Normas Técnicas, , 1987

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13373:2021. Ecotoxicologia aquática - Toxicidade crônica com Ceriodaphnia spp. Rio de Janeiro, 2021.

ÁVILA, R.W. & FERREIRA, V.L. 2004. Riqueza e densidade de vocalizações de anuros (Amphibia) em uma área urbana de Corumbá, Mato Grosso do Sul, Brasil. Revista Brasileira de Zoologia 21 (4): 887–892

BAPTISTA, D. F.; DORVILLE, L. F. M.; SILVEIRA, M. P. et al. Aplicação de um índice de integridade biótica usando macroinvertebrados bentônicos para avaliação de qualidade de água em rios costeiros do Rio de Janeiro. Oecologia Brasiliensis, v. 11, n. 3, p. 413–432, 2007.

BIBBY C.J. *et al.* Putting Biodiversity on the Map: Priority Areas for Global Conservation (1992).

BICUDO, C. E. M.; MENEZES, M.; DIAS, C. R. S. Gêneros de algas de águas continentais do Brasil: chave para identificação e descrições. 2. ed. São Carlos: RiMa, 2006. 498 p.

BORGES, L. A. A. et al. Avaliação ecotoxicológica de sedimentos utilizando Hyallela azteca: implicações ambientais e metodológicas. Revista Brasileira de Ecotoxicologia, v. 15, n. 1, p. 21–32, 2020.

BOWEN, H. J. Environmental chemistry of the elements. London: Academic Press, 1979.

BOZELLI, R. L.; ESTEVES, F. A.; ROLAND, F. Zooplâncton em ecossistemas aquáticos continentais: estrutura, função e aplicação em estudos ambientais. Oecologia Australis, v. 19, n. 1, p. 19–37, 2015. <https://doi.org/10.4257/oeco.2015.1901.02>

BRANDÃO, C. J. et al. (org.). Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Brasília: ANA, 2011

BRASIL. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA. Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidas. 2. ed. Brasília, DF: ANA, 2011. 326 p. Disponível em:

<https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/monitoramento/guia-nacional-de-coleta-e-preservacao-de-amostras-agua-sedimento-comunidades-aquaticas-e-efluentes-liquidos>. Acesso em: 25 abr. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 454, de 1º de novembro de 2012. Dispõe sobre os procedimentos e critérios para o gerenciamento do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 02 nov. 2012.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Resolução nº 420, de 28 de dezembro de 2009. Dispõe sobre critérios e valores orientadores de qualidade do solo quanto à presença de substâncias químicas e estabelece diretrizes para o gerenciamento ambiental de áreas contaminadas por essas substâncias. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 30 dez. 2009.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 mar. 2005.

BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. *Invertebrados*. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

BRUSCHI Jr, W.; MALABARBA, L.R. & SILVA, J.F.P. 2000. Avaliação da qualidade ambiental dos riachos através das taxocenoses de peixes. Em: Carvão e Meio Ambiente / Centro de Ecologia / UFRGS. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000.

BRASIL, MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Cidades Sustentáveis. Poluentes atmosféricos. 2018.

BRASIL. Portaria MMA nº 148, de 7 de Junho de 2022. Altera os Anexos da Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014, da Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014, e da Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014, referentes à atualização da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção. Ministério do Meio Ambiente. Publicado em: 08/06/2022 | Edição: 108 | Seção: 1 | Página: 74.

CALLISTO, M.; MORETTI, M.; GOULART, M. Macroinvertebrados como ferramenta de avaliação da integridade de riachos em bacia de mineração de ferro no Brasil. *Acta Limnologica Brasiliensia*, v. 13, n. 1, p. 1–9, 2001. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/alb/a/WcXhSRHq74YMPdFyyhzN5nh/?lang=pt>. Acesso em: 28 abr. 2025.

CCME – Canadian Council of Ministers of the Environment. Canadian sediment quality guidelines for the protection of aquatic life: summary tables. Winnipeg: CCME, 2002. Disponível em: <https://ccme.ca/en/res/sediment-quality-guidelines-for-the-protection-of-aquatic-life-summary-tables-en.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2025.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. 2009. Qualidade das águas interiores no Estado de São Paulo: 2008. São Paulo: CETESB.

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Qualidade dos sedimentos em corpos hídricos do Estado de São Paulo: 2019. São Paulo: CETESB, 2020. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/11/2020/10/Sedimentos-2019.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2025.

CLARKE, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* 18: 117-143.

COLWELL, R. K. 2013. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9. Persistent URL <[purl.oclc.org/estimates](http://purl.oclc.org/estimates)>.

COMITTI, E.J. 2017. Herpetofauna da bacia do Rio Cachoeira, município de Joinville, Santa Catarina, sul Brasil. *Acta Biológica Catarinense* 4(3): 90-105.

COPPINS, B.J. The drought hypothesis. In: B.W. Ferry, M.S. Baddeley & D.L. Hawksworth (eds.). *Air pollution and lichens*. The Athlone Press, London, p. 124-142, 1973.

COSTA, H.C.; BÉRNILS, R.S. 2018. Répteis do Brasil e suas Unidades Federativas: Lista de espécies. *Herpetologia Brasileira*, 7(1): 11–57.

COSTA-PEREIRA, R.; et al. (2013). Monitoramento *in situ* da biodiversidade: proposta para um sistema de monitoramento *in situ* da biodiversidade. *ICMBio*. 61p.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Mapa Geológico do Estado do Rio Grande do Sul, 2010.

CUSTODIO, Emilio; LLAMAS, Manuel Ramón. *Hidrologia Subterrânea*. Barcelona: Ediciones Omega, 1996.

DAJOZ, R. *Ecologia Geral*. 3 ed. São Paulo: Vozes, EDUSP, 1978. p. 474.

DAVIS, M. L.; MASTEN, S. J. *Princípios de Engenharia Ambiental*. Tradução: Félix Nommembacher. 3 ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

DOMÍNGUEZ, E.; FERNÁNDEZ, H. R. *Macroinvertebrados bentônicos sudamericanos: sistemática y biología*. Tucumán: Fundación Miguel Lillo, 2009.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). EPA 3050B:1996. *Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils*. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, 1996.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). EPA 3051A:2007. *Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, Soils, and Oils*. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, 2007.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). EPA 6010D:2018. *Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry*. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, 2018.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). EPA 7010:2007. Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrophotometry. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, 2007.

ESTEVEES, F. A. Fundamentos de limnologia. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2011.

FELIPPE, M.F., MAGALHÃES JÚNIOR, A. P. Especialização e classificação de topos como zonas preferenciais de recarga natural de aquíferos: o caso de Belo Horizonte – MG. Geografias Artigos científicos. Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/13264>>. Acesso em 12 mar 2026.

FERREIRA, W. R.; PAULA, F. R.; MACEDO, D. R.; HUGHES, R. M.; NASH, R. M.; CALLISTO, M. A multi-trait approach for assessing functional patterns of benthic macroinvertebrate communities in tropical streams. *Ecological Indicators*, v. 73, p. 505–513, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.10.021>. Acesso em: 28 abr. 2025.

FETTER, C. W. *Applied Hydrogeology*. 4. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001.

GARDNER, T.A. et al. 2008. The cost-effectiveness of biodiversity surveys in tropical forests. *Ecology Letters*, 11: 139-150.

GENSEMER, R. W.; PLAYLE, R. C. The bioavailability and toxicity of aluminum in aquatic environments. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, v. 29, n. 4, p. 315–450, 1999.

GILL, F.; DONSKER, D.; RASMUSSEN, P. (Eds). 2021. IOC World Bird List (v11.1). doi : 10.14344/IOC.ML.11.1.

GOTELLI, N.J.; ELLISON, A.M. 2011. *Princípios de Estatística em Ecologia*. São Paulo: Artmed. 528p.

GRIES, G. Lichens as indicators of air pollution. In: T.H. Nash (ed.). *Lichen Biology*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 240-254, 1996.

HADDAD, C.F.B., L. F. TOLEDO, C. P. A. PRADO, D. LOEBMANN, J. L. GASPARINI & I. SAZIMA. 2013. *Guia dos anfíbios da Mata Atlântica: Diversidade e Biologia*. Anolisbook, São Paulo, 544p.

HAIR, J.F.; BLACK, W.C.; BABIN, B.J.; ANDERSON, R.E.; TATHAM, R.L. 2009. *Análise multivariada de dados*. São Paulo: Artmed Editora. 682p.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RYAN, P.D. 2001. PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4: 1-9.

HIRATA, R.; REBOUÇAS, A. C. Sustentabilidade das águas subterrâneas no Brasil: desafios e perspectivas. *Revista USP*, São Paulo, n. 43, p. 120–135, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i43p120-135>. Acesso em: 24 abr. 2025.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Dados de estação automática – BAGE (A827), março de 2025. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 2 maio 2025

IOP, S.; SANTOS, T.G.; CECHIN, S. 2016. Anfíbios anuros dos Campos Sulinos: espécies com ocorrência nas áreas campestres do Pampa e da Mata Atlântica. Porto Alegre: UFRGS, 22 p.

IUCN 2026. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2025-2. <https://www.iucnredlist.org>

KAZMIERCZAK, R. F.; COSTA, G. M.; FRAGA, C. P. 2012. Avaliação da qualidade da água em áreas sob influência de empreendimentos termelétricos: um estudo de caso. *Revista Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 17, n. 3, p. 281–288.

KLEMMANN-JR., L. 2016. Homogeneização biótica: composição e alterações da avifauna paranaense ao longo de 195 anos de modificações antrópicas na paisagem. Tese. Universidade Federal do Paraná.

LANDRUM, P. F.; LEE, H.; LYONS, J. R. Toxicokinetics in aquatic systems: Model comparisons and use in hazard assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 23, n. 9, p. 1905–1915, 2004.

LOBO, E. A.; KNEIP, A.; COSTA, A. B. da; FERRARO, M.; KOTTEK, M. Use of epilithic diatoms as bioindicators from lotic systems in southern Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 165, n. 1–4, p. 135–150, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10661-009-0932-0>. Acesso em: 24 abr. 2025.

LONG, E. R.; MACDONALD, D. D.; SMITH, S. L.; CALDER, F. D. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management*, New York, v. 23, n. 4, p. 489–497, 1999.

MACHADO, José Luiz Flores; FREITAS, Marcos Alexandre de. Mapa hidrogeológico do estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: CPRM, 2005. 1 mapa, color. Escala 1:750.000. Convênio SOPS-SEMA-DRH/RS-CPRM.

MALTBY, L. et al. Linking stressors and responses in aquatic ecosystems: Mechanisms and ecological consequences. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 24, n. 6, p. 1367–1374, 2005.

MARQUES, O.A.V., ETEROVIC, A. & SAZIMA, I. 2019. Serpentes da Mata Atlântica. Guia ilustrado para as florestas costeiras do Brasil. Ponto A, Cotia.

MARQUES, O.A.V., ETEROVIC, A.; BORGES-MARTINS, M. & SAZIMA, I. 2025. Serpentes do Pampa. Guia ilustrado. Ponto A, Cotia.

MELLER, G. S.; OLIVEIRA, K. F.; STEIN, R. T.; MACHADO, V. S. Controle da poluição. Porto Alegre: SAGAH, 2017.

MENEZES, R. S. C. et al. Comportamento geoquímico de metais em solos construídos após mineração de carvão em Candiota - RS. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2009.

MERRITT, R. W.; CUMMINS, K. W. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 4. ed. Dubuque: Kendall/Hunt, 1996.

MERRITT, R. W.; CUMMINS, K. W.; BERG, M. B. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 4. ed. Dubuque: Kendall Hunt, 2008.

MICROSOFT Corporation. Microsoft Excel. Versão 2016. [S.l.]: Microsoft, 2016

MONTEIRO, J.P.C.; CREMER, M.J. 2021. Herpetofauna na região da Baía da Babilonga, nordeste do estado de Santa Catarina: estado atual do conhecimento. Revista CEPSUL – Biodiversidade e Conservação Marinha 10: eb2021001.

MÜLLER, G. Index of geoaccumulation in sediments of the Rhine River. *GeoJournal*, [s.l.], v. 2, p. 108–118, 1969.

NECCHI JÚNIOR, O. Ecologia de comunidades de algas perifíticas. São Carlos: Rima, 2004.

NELSON, J.S. Fishes of the world. 4th ed. J. Wiley, New York. 2006, 601 p.

OECD. Test No. 201: Freshwater Alga and Cyanobacteria, Growth Inhibition Test. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2, 2011.

OECD. Test No. 210: Fish, Early-Life Stage Toxicity Test. OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 2, 2013.

PACHECO, J.F. et al. 2021. Annotated checklist of the birds of Brazil by the Brazilian Ornithological Records Committee—second edition. *Ornithology Research* (2021): 1-123.

PEREIRA, M. C.; FREITAS, A. L. P.; LIMA, M. O. 2020. Monitoramento ambiental e responsabilidade social: contribuições para a gestão de empreendimentos de geração de energia térmica. *Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n. 53, p. 178–197.

RALPH, C. J.; SAUER, J. R.; DROEGE, S. 1981. Monitoring bird populations by point counts. Albany, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.2737/PSW-GTR-149>.

REID, J. W.; WILLIAMSON, C. E. Copepoda. In: THORP, J. H.; COVICH, A. P. (Eds.). *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. 3. ed. San Diego: Academic Press, 2010. p. 829–899.

REIS, R. E.; KULLANDER, S. O.; FERRARIS, C. J. 2003. Check List of the Freshwater Fishes of South and Central América. Ed. PUCRS, Porto Alegre.

REMOR, M. B.; MACEDO, D. R.; HUGHES, R. M.; KAUFMANN, P. R.; CALLISTO, M. Development and validation of a benthic macroinvertebrate multimetric index (MMI) for

neotropical savanna headwater streams. *Ecological Indicators*, v. 30, p. 225–235, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.02.027>. Acesso em: 28 abr. 2025.

RESGALLA JR., C. et al. *Ecotoxicologia marinha: princípios e aplicações*. Rio de Janeiro: Interciência, 2007.

REYNOLDS, C. S. *The ecology of phytoplankton*. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. 535 p.

RIBEIRO, C. G.; ROCHA, O. Fitoplâncton como indicador da qualidade da água em reservatórios. In: TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. (Org.). *Limnologia*. São Carlos: Oficina de Textos, 2006. p. 735–757.

RIET-CORREA, F.; MÉNDEZ, M. C.; SCHILD, A.L.; OLIVEIRA, J.A.; ZENEBON, O. Lesões dentárias em bovinos e ovinos devidas à poluição industrial causada pela combustão de carvão. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v.6, p.23-31, 1986.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto n.º 51.797, de 8 de Setembro de 2014. Declara as Espécies da Fauna Silvestre Ameaçadas de Extinção no Estado do Rio Grande do Sul. Publicado no DOE n.º 173, de 09 de setembro de 2014.

RIO GRANDE DO SUL. 2013. Secretaria do Meio Ambiente. Portaria SEMA n.º 79, de 31 de outubro de 2013. Reconhece a Lista de Espécies Exóticas Invasoras do Estado do Rio Grande do Sul e demais classificações, estabelece normas de controle e dá outras providências. *Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul*, Porto Alegre, 1 nov. 2013. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/201612/23180118-portaria-sema-79-de-2013-especies-exoticas-invasoras-rs.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2025.

ROCHA, O.; BOZELLI, R. L.; CÉSAR, D. E.; MAYORA, G. M. Zooplâncton em ecossistemas aquáticos brasileiros: padrões de resposta às alterações ambientais. *Oecologia Australis*, v. 22, n. 3, p. 180–199, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.4257/oeco.2018.2203.03>. Acesso em: 24 abr. 2025.

ROUND, F. E.; CRAWFORD, R. M.; MANN, D. G. *The Diatoms: biology and morphology of the genera*. Cambridge: Cambridge University Press, 1990. 747 p.

SAKAN, S. et al. Assessment of heavy metal pollutants accumulation in the Tisza river sediments. *Journal of environmental management*, [s. l.], v. 90, p. 3382–3390, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.05.013>.

SANDOVAL Jr, P. (Coord). *Manual de criação de caprinos e ovinos*. Brasília: Codevasf, 2011.

SCHLENSOG, M. & SCHROETER, B. A new method for the accurate in situ monitoring of chlorophyll a fluorescence in lichens and bryophytes. *The Lichenologist* 33: 443-452, 2001.

SEGALLA, M.V.; CARAMASCHI, U.; CRUZ, C.A.G.; GARCIA, P.C.A.; GRANT, T.; HADDAD, C.F.B.; SANTANA, D.J.; TOLEDO, L.F.; LANGONE, J.A. 2019. Brazilian Amphibians: List of species. *Herpetologia Brasileira* 8(1): 65-96.

SILVA, F.R.; SOUZA-GONÇALVES, T.; PATERNO, G.B.; PROVETE, D.B.; VANCINE, M.H. 2022. Análises ecológicas no R. São Paulo: NUPEEA/Canal 6.

SOMERFIELD, P.J.; CLARKE, K.R.; GORLEY, R.N. 2021. Analysis of similarities (ANOSIM) for 2-way layouts using a generalised ANOSIM statistic, with comparative notes on Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA). *Austral Ecology* 46: 911-926.

SOUZA, M. M.; GRISI, B. I.; LIMA, A. F. B. Ecotoxicologia aplicada ao monitoramento de recursos hídricos. *Revista Brasileira de Ecotoxicologia*, v. 12, n. 1, p. 1–12, 2019.

SUTHERLAND, R. A. et al. Characterization of Selected Element Concentrations and Enrichment Ratios in Background and Anthropogenically Impacted Roadside Areas. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, [s. l.], v. 38, n. 4, p. 428–438, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s002440010057>

TAYLOR, S. R.; MCLENNAN, S. M. The geochemical evolution of the continental crust. *Reviews of Geophysics*, Washington, v. 33, n. 2, p. 241–265, 1985. DOI: <https://doi.org/10.1029/RG033i002p00241>.

TOLEDO, L.F.; DENA, S.; SEGALLA, M.; PRADO, C.P.A.; LOEBMANN, D.; GASPARINI, J.L.; SAZIMA, I. & HADDAD, C.F.B. 2021. Anfíbios da Mata Atlântica. Econature, Consultoria, Pesquisa e Educação Ambiental. Versão 1.0.0.

TRAIN, S.; RODRIGUES, L. C. Fitoplâncton. In: BICUDO, C. E. M.; BICUDO, D. C.; FORTI, M. C. (Org.). *Limnologia*. São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2004. p. 161–201.

TUREKIAN, K. K.; WEDEPOHL, K. H. Distribution of the elements in some major units of the Earth's crust. *Geological Society of America Bulletin*, [s.l.], v. 72, n. 2, p. 175–192, 1961. Disponível em: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1961\)72\[175:DOTEIS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1961)72[175:DOTEIS]2.0.CO;2). Acesso em: 25 abr. 2025.


USEPA – UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. *Methods for Measuring the Toxicity and Bioaccumulation of Sediment-associated Contaminants with Freshwater Invertebrates*. EPA/600/R-99/064. Washington, DC, 2000.

USEPA. *Methods for Measuring the Acute and Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Freshwater and Marine Organisms*. EPA-821-R-02-013, 2002.

VERRASTRO, L. & BORGES-MARTINS, M. 2025. Anfíbios e Répteis do Pampa. UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Rio Grande do Sul: TheMediaGroup, 217 p.: il.

VOLPATO, G. H.; NETO, A.M.; MARTINS, S.V. 2018. Avifauna como bioindicadora para avaliação da restauração florestal: estudo de caso em uma floresta restaurada com 40 anos em Viçosa – MG. *Ciência Florestal*, 28(1):336-344.

ZAGATTO, P. A.; LORENZETTI, M. L.; LAMPARELLI, M. C.; SALVADOR, M. E. P.; MENEGON JR, N.; BERTOLETTI, E. 1999. Aperfeiçoamento de um índice de qualidade de águas. Acta Limnologica Brasiliensia, Rio Claro,SP v. 11, n. 2, p. 111–126.

<b>Serviço Público Federal</b>			
<b>CONSELHO FEDERAL/CONSELHO REGIONAL DE BIOLOGIA 3ª REGIÃO</b>			
<b>ANOTAÇÃO DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA - ART</b>			1-ART Nº: <b>2025/10960</b>
<b>CONTRATADO</b>			
2.Nome: OSVALDO ONGHERO JUNIOR		3.Registro no CRBio: 053504/03	
4.CPF: 008.568.549-64	5.E-mail: desenvolvgestaoambiental@gmail.com		6.Tel: (49)99927-2232
7.End.: 07 DE ABRIL 3489		8.Compl.: SALA 01	
9.Bairro: PARQUE JARDIM OURO	10.Cidade: OURO	11.UF: SC	12.CEP: 89663-000
<b>CONTRATANTE</b>			
13.Nome: ÂMBAR SUL ENERGIA S. A.			
14.Registro Profissional:		15.CPF / CGC / CNPJ: 01.600.202/0003-07	
16.End.: ESTRADA MIGUEL ARLINDO CAMARA 3601			
17.Compl.:		18.Bairro: VILA RESIDENCIAL	19.Cidade: CANDIOTA
20.UF: RS	21.CEP: 96495-000	22.E-mail/Site:	
<b>DADOS DA ATIVIDADE PROFISSIONAL</b>			
23.Natureza : 1. Prestação de serviço Atividade(s) Realizada(s) : Realização de consultorias/assessorias técnicas; Coordenação/orientação de estudos/projetos de pesquisa e/ou outros;			
24.Identificação : MEIO AMBIENTE: REVISÃO E EXECUÇÃO DO PROGRAMA DE BIOMONITORAMENTO AMBIENTAL (AMBIENTE TERRESTRE E AQUÁTICA) NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UTE CANDIOTA III, CANDIOTA - RS.			
25.Município de Realização do Trabalho: CANDIOTA			26.UF: RS
27.Forma de participação: EQUIPE		28.Perfil da equipe: BIÓLOGOS, AGRÔNOMOS E ENGENHEIROS AMBIENTAIS E SANITARISTAS	
29.Área do Conhecimento: Botânica; Ciências morfológicas; Ecologia; Educação; Ética; Microbiologia; Saúde Pública; Zoologia;		30.Campo de Atuação: Meio Ambiente	
31.Descrição sumária : MEIO AMBIENTE: COORDENADOR E RESPONSÁVEL TÉCNICO RELATIVO A REVISÃO E EXECUÇÃO DO PROGRAMA DE BIOMONITORAMENTO AMBIENTAL (AMBIENTE TERRESTRE E AQUÁTICA) NA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA UTE CANDIOTA III, CANDIOTA - RS.			
32.Valor: R\$ 100.000,00	33.Total de horas: 560	34.Início: JUL/2025	35.Término:
<b>36. ASSINATURAS</b>			<b>37. LOGO DO CRBio</b>
<b>Declaro serem verdadeiras as informações acima</b>			
Data:	Data:		
Assinatura do Profissional	Assinatura e Carimbo do Contratante		
OSVALDO ONGHERO JUNIOR:00 856854964	FABIO TALES BINDEMANN:72 994274949		
<small>Assinado de forma digital por OSVALDO ONGHERO JUNIOR:00856854964 Dados: 2025.07.22 11:39:15 -03'00'</small>	<small>Assinado de forma digital por FABIO TALES BINDEMANN:72994274949 Dados: 2025.07.22 15:38:21 -03'00'</small>		
<b>38. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR CONCLUSÃO</b>		<b>39. SOLICITAÇÃO DE BAIXA POR DISTRATO</b>	
Declaramos a conclusão do trabalho anotado na presente ART, razão pela qual solicitamos a devida BAIXA junto aos arquivos desse CRBio.			
Data: / /	Assinatura do Profissional	Data: / /	Assinatura do Profissional
Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante	Data: / /	Assinatura e Carimbo do Contratante

**CERTIFICAÇÃO DIGITAL DE DOCUMENTOS**  
**NÚMERO DE CONTROLE: 7757.8385.8698.9012**

OBS: A autenticidade deste documento deverá ser verificada no endereço eletrônico [www.crbio03.gov.br](http://www.crbio03.gov.br)