



VOLUME I



FUNDAÇÃO
renova

RELATÓRIO ANUAL – Revisão 3
AVALIAÇÃO ECOLÓGICA RÁPIDA DA FAUNA E FLORA TERRESTRE NA
BACIA DO RIO DOCE, MG/ES

Maio de 2020

RELATÓRIO ANUAL

**AVALIAÇÃO ECOLÓGICA RÁPIDA DA FAUNA E FLORA
TERRESTRE NA BACIA DO RIO DOCE, MG/ES**

REVISÃO 3

VOLUME I

Belo Horizonte / 2020

INSTITUIÇÃO RESPONSÁVEL POR ESTE DOCUMENTO BICHO DO MATO MEIO AMBIENTE LTDA.	
CNPJ	08.314.527/0001-00
Endereço	Rua Perdigão Malheiros 222 - Coração de Jesus Belo Horizonte – MG - CEP 30380-234
Diretora Técnica	Edeltrudes Maria Valadares Calaça Câmara (Tudy Câmara) Bióloga MSc. CRBio 8619/4-D
Contato	(31) 3312-4374 / tudy@bichodomato.net.br

FUNDAÇÃO RENOVA	
CNPJ	25.135.507/0001-83
Endereço	Avenida Getúlio Vargas, 671 – Térreo, Bairro Funcionários, Belo Horizonte – MG
Responsável pelo Projeto	Juliana Oliveira Lima
Contato	0800 031 2303
E-mail	juliana.lima@fundacaorenova.org

EQUIPE RESPONSÁVEL POR ESTE DOCUMENTO¹		
Profissional	Formação	Atividades
Edeltrudes M. V. C. Câmara	Bióloga MSc. Zoologia, CRBio 08.619/4D	Coordenação Geral
Diogo Loretto Medeiros	Biólogo Dr. Ecologia, CRBio 38.477-02	Coordenação do Projeto
Valéria Cristina Chaves Barbosa	Geógrafa MSc., CREA 12355D	Coordenação do Meio Físico
Átilla Ferreguetti	Biólogo MSc. Ecologia, CRBio 111658/D	Especialista RAPELD e coordenador de Campo
Fernanda Coelho de Souza	Engenheira Florestal	Especialista RAPELD e coordenadora de Campo
Thiago Almeida Dias	Engenheiro Civil, CREA MG-174076/D	Coordenação de Topografia
Luiz Eduardo Dias	Engenheiro Agrônomo, PhD – Prof. Titular	Responsável Técnico pela Análise de Fertilidade
Cristiane Castañeda	Engenheira geóloga, PhD em Geociências,	Coordenação Edafologia

¹ ARTs dos profissionais são apresentadas no **Anexo 1**.

CREA 61700D		
Rafael de Quevedo Giraldi Costa	Engenheiro Ambiental – CREA MG 246650/LP	Relatórios Meio Físico
Júlia Círia	Geóloga MSc.	Júlia Círia
Natália Bichara	Arquiteta e Engenheira Civil	Apoio a Coordenação e Gestão do Projeto
Ana Paula Silva	Bióloga, CRBio 104541/4D	Coordenação da Flora
Tatiana Andrade Lima Guimarães Alves	Bióloga, MSc., CRBio 44155/04D	Coordenação de Logística
Alex Silva	Biólogo, CRBio 093422/04D	Coordenador de Campo - Frente em Minas Gerais
Pedro Ramiro	Geógrafo	Coordenação de Campo - Frente no Espírito Santo
Cristiane Angélica	Técnica em Segurança	SSO
Rafael Liberal	Geógrafo, CREA 109037/D	Geoprocessamento
Valdionor Gomes	Geógrafo	Geoprocessamento
Flaviana Freitas	Comunicóloga	Formatação/Editoração
Rodolfo Cristiano Martins Santos	Biólogo, CRBio 076814/04D	Mastofauna Pequeno Porte
João Marcelo Rocha Biagini	Biólogo, CRBio 080847/04D	Mastofauna Pequeno Porte
Pollyanna Alves de Barros	Bióloga, MSc., CRBio 112865/04D	Mastofauna Pequeno Porte
Cristiane Casar Coelho Damas	Bióloga, DSc., CRBio 016253/04D	Mastofauna Médio e Grande Porte
Beatris Felipe Rosa	Bióloga, CRBio 82937/01D	Mastofauna Médio e Grande Porte
Gislene Rocha	Bióloga, CRBio 057804/04D	Mastofauna Médio e Grande Porte
Gisele Mendes Lessa Del Giudice	Bióloga, DSc. Zoologia, CRBio 013159/04D	Coordenação Mastofauna Pequeno Porte
Fábio de Carvalho Falcão	Biólogo, DSc., CRBio 046444/RS	Coordenação, Mastofauna Morcegos
Sérgio Lage	Biólogo, CRBio 78077/02	Campo Mastofauna Morcegos
Tatiana Rodrigues	Bióloga, CRBio 104103/04D	Campo Mastofauna Morcegos

Guilherme Henrique Silva De Freitas	Biólogo, DSc. Zoologia, CRBio 062537/04D	Coordenação Avifauna
Lilian Mariana Costa	Bióloga, DSc. Ecologia, CRBio 062279/04D	Coordenação Avifauna
Fagner Daniel Teixeira	Biólogo, MSc., CRBio 098742/04D	Campo Avifauna
Wallace Correa	Biólogo, CRBio 104985/04D	Campo Avifauna
Gefferson Guilherme Rodrigues Silva	Biólogo, CRBio 098768/04D	Campo Avifauna
Thiago de Oliveira Souza	Biólogo, CRBio 076145/04D	Campo Avifauna
Thiago Silva Soares	Biólogo, DSc. Zoologia, CRBio 42201/02D	Coordenação, Campo Herpetofauna
Rodrigo Gomes Tinoco	Biólogo, CRBio 087621/04D	Campo Herpetofauna
Barbara Larissa Ferreira Vitorino	Bióloga, CRBio 093733/04D	Campo Herpetofauna
Fernanda Cesconetto	Bióloga, CRBio 115129/02	Campo Herpetofauna
Leonardo Machado	Biólogo, MSc., CRBio 044213/04D	Campo Herpetofauna
Amanda del Maestro	Bióloga, CRBio 115306/02	Campo Herpetofauna
André Felipe Barreto- Lima	Biólogo, DSc. Zoologia, CRBio 027540/04D	Coordenação Crocodilianos
Iago Ornellas	Biólogo, MSc., CRBio 2115248	Campo Crocodilianos
Thiago Marcial De Castro	Biólogo, CRBio 48324/02D	Campo Crocodilianos
Elizangela Silva De Brito	Bióloga, DSc., CRBio 054159/RS	Coordenação Testudíneos
Elaine Campinhos	Bióloga, CRBio 111551/02	Campo Testudíneos
Laura Braga de Oliveira	Bióloga, DSc. Ecologia, CRBio 049754/04D	Coordenação Borboletas
Diogo França Bráulio	Biólogo, MSc., CRBio 062775/04D	Identificação Taxonômica - ES
Gloria Ramos Soares	Bióloga, MSc. Ecologia,	Identificação Taxonômica - MG

	CRBio 070486/04D	
Holbiano Saraiva de Araújo	Biólogo, CRBio 013368/04D	Campo Borboletas
Rosana Maria Pereira Rocha	Bióloga, CRBio 098938/04D	Campo Borboletas
Alexia Estefânia Furtado Fernandes	Biólogo, CRBio 112331/04D	Campo Borboletas
Roselaini Mendes Do Carmo Da Silveira	Bióloga, CRBio 044495/04D	Coordenação Abelhas
Frederico Dutra Kirst	Biólogo, CRBio 112317/04D	Identificação Taxonômica
Paula Caetano Zama	Bióloga, CRBio 037232/04D	Identificação Taxonômica
Bruna Karen Pinheiro Costa	Bióloga, CRBio 112538/04D	Campo Abelhas
Ricardo Greco	Biólogo, CRBio 112529/04P	Campo Abelhas
Adão Júnior	Biólogo, CRBio 112912/04D	Campo Abelhas
Filipe M. França	Biólogo, CRBio 112960-04D	Coordenação Besouros
Julius Cerqueira	Biólogo, CRBio 112674/04D	Identificação Taxonômica
Wallace Beiroz Imbrosio da Silva	Biólogo, DSc., CRBio 071583/04D	Campo Besouros
André Luiz Tavares	Biólogo, CRBio 93670/04D	Campo Besouros
Agnis Cristiane de Souza	Bióloga, CRBio 104035/04D	Campo Besouros
Wesley Duarte Da Rocha	Biólogo, DSc., CRBio 049331/RS	Coordenação Formigas
Antônio Cesar Medeiros de Queiroz	Biólogo, CRBio 112614/04D	Identificação Taxonômica
Filipe Pola Vargas	Biólogo, CRBio 65944/02D	Campo Formigas
José Eduardo Teixeira Falcon	Biólogo, CRBio 102329/02D	Campo Formigas
Maria Olivia Dourado Sanna - dirige	Bióloga, CRBio 049331/RS	Campo Formigas

Henrique Paprocki	Biólogo, DSc., CRBio 016104/04D	Coordenação Insetos Aquáticos
Fabiana Criste Massariol	Bióloga, DSc., CRBio 111429/02D	Campo Insetos Aquáticos
Alison Costa	Biólogo, CRBio 098289/04D	Campo Insetos Aquáticos
Larissa Moreira Silva	Bióloga, CRBio 117414/04-D	Identificação Taxonômica
Keyla Cruz	Bióloga, CRBio 91568/02	Campo Insetos Aquáticos

SUMÁRIO

ÍNDICE DE QUADROS	xii
ÍNDICE DE TABELAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xvii
ÍNDICE DE FOTOS	xxvii
ÍNDICE DE MAPAS	xxviii
APRESENTAÇÃO	xxix
1. INTRODUÇÃO	30
2. OBJETIVOS	31
2.1. Objetivos específicos.....	31
2.2. Premissas.....	32
2.3. Pressupostos.....	33
3. CONTEXTO DO ESTUDO APÓS O 1º WORKSHOP	34
4. CONTEXTO DO ESTUDO APÓS O 2º WORKSHOP	35
5. ÁREAS DE ESTUDO	36
5.1. Fitofisionomias e ecossistemas amostrados.....	39
5.2. Delimitação dos sítios e unidades amostrais.....	42
5.3. Sítios Amostrais – Odonata, Ephemeroptera, Trichoptera.....	49
5.4. Sítios Amostrais – Testudines.....	49
5.5. Sítios Amostrais – Crocodylia.....	50
5.6. Sítios Amostrais – Avifauna aquática.....	50
5.7. Status de conservação das espécies.....	61
5.8. Registro de dados secundários para a Bacia Hidrográfica do rio Doce.....	61
5.9. Coleta e depósito de material zoológico.....	62
5.10. Uso do solo e variáveis espaciais.....	62
6. DELINEAMENTO AMOSTRAL E ANÁLISE DE DADOS	65
6.1. Protocolo RAPELD.....	66
6.1.1. Trilhas.....	70
6.1.2. Parcelas Terrestres.....	71
6.1.3. Parcelas Ripárias.....	72
6.1.4. Parcelas em Ilhas.....	73
6.2. Registro padronizado de dados e banco de dados.....	74
6.3. Análise de dados padronizada.....	75
7. METAIS PESADOS	79
8. ESTUDO DO SOLO	81
8.1. Introdução.....	81

8.2.	Objetivos específicos.....	83
8.3.	Material e métodos.....	84
8.3.1.	Dados secundários da Bacia Hidrográfica do rio Doce	85
8.3.1.	Dados primários	85
8.3.1.1.	Tratamento laboratorial	87
8.3.2.	Análise de dados	88
8.3.2.1.	Tratamento de dados e requisitos legais para análise de fertilidade.....	88
8.3.2.2.	Tratamento de dados e requisitos legais para as análises de metais pesados	91
8.4.	Resultados.....	92
8.4.1.	Análise de fertilidade	96
8.4.1.1.	Análise dos Blocos Amostrais.....	97
8.4.1.1.1.	Bloco Amostral 1.....	97
8.4.1.1.2.	Bloco Amostral 2.....	98
8.4.1.1.3.	Bloco Amostral 3.....	99
8.4.1.1.4.	Bloco Amostral 4.....	100
8.4.1.2.	A fertilidade da <i>Ilha 9I</i>	101
8.4.2.	Análises de metais pesados e elementos-traço.....	102
8.4.2.1.	Caracterização dos metais na <i>Área de Estudo</i>	102
8.4.2.1.1.	Alumínio.....	102
8.4.2.1.2.	Arsênio.....	104
8.4.2.1.1.	Bário	107
8.4.2.1.2.	Boro	109
8.4.2.1.3.	Cádmio.....	111
8.4.2.1.4.	Cálcio.....	111
8.4.2.1.5.	Chumbo	113
8.4.2.1.6.	Cobalto.....	115
8.4.2.1.7.	Cobre	117
8.4.2.1.8.	Cromo	119
8.4.2.1.9.	Ferro	121
8.4.2.1.10.	Fósforo.....	123
8.4.2.1.11.	Ítrio.....	125
8.4.2.1.12.	Magnésio.....	127
8.4.2.1.13.	Manganês	129
8.4.2.1.14.	Mercúrio.....	131
8.4.2.1.15.	Níquel	133
8.4.2.1.16.	Porcentagem de sólidos.....	135
8.4.2.1.17.	Potássio	137
8.4.2.1.18.	Prata.....	139

8.4.2.1.19. Silício	139
8.4.2.1.20. Sódio.....	141
8.4.2.1.21. Titânio.....	143
8.4.2.1.22. Vanádio.....	145
8.4.2.1.23. Zinco.....	147
8.4.2.2. Correlação dos metais em relação à distância do rio Doce	149
8.5. Conclusão e recomendações.....	151
9. ESTUDO DE ANÁLISE DA PAISAGEM.....	155
9.1. Introdução.....	155
9.2. Objetivos específicos.....	155
9.3. Material e métodos.....	156
9.3.1. Definição da <i>Área de Estudo</i>	156
9.3.2. Dados secundários da Bacia do rio Doce	162
9.3.3. Métricas da paisagem.....	163
9.3.4. Análise de dados	165
9.3.1. Avaliação dos habitats naturais (florestas e corpos d'água) antes e depois do desastre.....	165
9.4. Resultados.....	166
9.4.1. Alto rio Doce.....	166
9.4.1.1. Métricas de área.....	166
9.4.1.1.1. Agropecuária.....	166
9.4.1.1.2. Área não vegetada.....	168
9.4.1.1.3. Corpos d'água	171
9.4.1.1.4. Floresta.....	173
9.4.1.1.5. Formação natural não florestal	176
9.4.1.1.6. Não observado	178
9.4.1.2. Métricas de borda.....	180
9.4.1.2.1. Floresta.....	180
9.4.1.3. Métricas de forma.....	182
9.4.1.3.1. Floresta.....	182
9.4.2. Médio rio Doce	183
9.4.2.1. Métricas de área.....	183
9.4.2.1.1. Agropecuária.....	183
9.4.2.1.2. Área não vegetada.....	188
9.4.2.1.3. Corpos d'água	193
9.4.2.1.4. Floresta.....	197
9.4.2.1.5. Formação natural não florestal	202
9.4.2.1.6. Não observado	204

9.4.2.2.	Métricas de borda	209
9.4.2.2.1.	Floresta	209
9.4.2.3.	Métricas de forma	211
9.4.2.3.1.	Floresta	211
9.4.3.	Baixo rio Doce	214
9.4.3.1.	Métricas de área	214
9.4.3.1.1.	Agropecuária	214
9.4.3.1.2.	Área não vegetada	216
9.4.3.1.3.	Corpos d'água	219
9.4.3.1.4.	Floresta	221
9.4.3.1.5.	Formação natural não florestal	223
9.4.3.1.6.	Não observado	225
9.4.3.2.	Métricas de borda	227
9.4.3.2.1.	Floresta	227
9.4.3.3.	Métricas de forma	228
9.4.3.3.1.	Floresta	228
9.4.4.	Avaliação dos habitats naturais (florestas e corpos d'água) antes e depois do desastre	230
9.5.	Conclusão e recomendações	232
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	234
11.	ÍNDICE REMISSIVO	238

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1. Módulos e parcelas caracterizados por fitofisionomia, uso e ocupação do solo (UOS), presença nas Unidades de Conservação (UCs) e Áreas Prioritárias para Conservação – APC (MMA, 2006), dentro do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	43
Quadro 2. Descrição, localização das unidades amostrais (UA) do estudo de Testudines aquáticos, em Áreas Afetadas (AA) e Não Afetadas (ANA) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	52
Quadro 3. Descrição, localização das unidades amostrais (UA) do estudo de Crocodylia, em Áreas Afetadas (AA) e Não Afetadas (ANA) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	55
Quadro 4. Descrição e logística para amostragem das unidades amostrais de Crocodylia no estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	57
Quadro 5. Unidades amostrais de estudo de Aves aquáticas amostrados durante o estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Todas as áreas estão localizadas dentro do Parque Estadual do Rio Doce, município de Marliéria, MG.	60
Quadro 6. Uso do solo e cobertura florestal por Bloco Amstral (BA), em hectares (ha) e frequência relativa para a Área de Estudo (5 km de cada margem do rio Doce) da Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Modificado de (GOLDER ASSOCIATES, 2016).	63
Quadro 7. Uso do solo e cobertura florestal (ha) e frequência relativa para a área em torno do rio Gualaxo do Norte afetada diretamente pela onda de rejeitos do rompimento da barragem de Fundão, usada como referência no estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Modificado de (GOLDER ASSOCIATES, 2016).	64
Quadro 8. <i>Parcelas Terrestres, Ripárias e em Ilhas</i> localizadas na Área de Estudo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	67
Quadro 9. Classes de interpretação da Saturação por Bases e dos teores de P e K no solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	90
Quadro 10. Classificação da fertilidade do solo conforme a Avaliação 2 do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	91
Quadro 11. Principais classes de solo identificadas no BA1 do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	97
Quadro 12. Número de parcelas amostrais observadas nas diferentes classes de fertilidade de acordo com as duas avaliações de interpretação do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	98
Quadro 13. Principais classes de solo identificadas no BA2 do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	99
Quadro 14. Principais classes de solo identificadas no BA3 do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	100
Quadro 15. Principais classes de solo identificadas no BA4 do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	101
Quadro 16. Variáveis químicas e físicas médias do solo observados para as amostras da <i>Ilha 9I</i> do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	101

Quadro 17. Percentual de correlação de Spearman entre as concentrações de metais pesados obtidos nas amostras de solo em <i>Parcelas Terrestres</i> e <i>Ripárias</i> do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	151
Quadro 18. Síntese de concentrações de metais pesados que possuíram amostras com valores acima do limite de prevenção definidos pela Resolução CONAMA n° 420/2009, por BA, no estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	153
Quadro 19. Descrição das funções de métrica utilizadas no estudo da paisagem para o estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	165
Quadro 20. Teste de Friedman sobre a variação da área (CA) nos anos de 2015 e 2016 do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Resultados em vermelho sinalizam variações significativas.	230
Quadro 21. Síntese da métrica da área para as classes de cobertura e uso do solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. * diferenças significativas.	231

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Coeficientes de correlação de Spearman entre as concentrações de metais pesados e a distância do leito do rio Doce, obtidos nas amostras de solo nos Blocos Amostrais e Abordagens (<i>Parcelas Terrestres e Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	149
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Perfil altimétrico do rio Doce, de sua nascente até a foz, assinalando a localização das principais usinas hidroelétricas (UHE), divisa dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo (linha pontilhada), Blocos Amostrais, da localidade de Bento Rodrigues, MG, até Linhares, ES, considerados no estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Modificado de AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2016).....	68
Figura 2. Metodologia do estudo de qualidade do solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	84
Figura 3. Mapa de pontos amostrados para caracterização da fertilidade sobrepostos no mapa de solos de parte de Minas Gerais e do Espírito Santo para o estudo de Avaliação de Impactos Ambientais e Monitoramento da Fauna e Flora Terrestre nos estados de MG e ES. Fonte: Autores, com dados extras (DE MELLO CUNHA et al., 2016; RAIJ et al., 1997; SMADS, 2010).	86
Figura 4. Concentração de alumínio por BA e por Abordagem (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	104
Figura 5. Concentração de arsênio por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	106
Figura 6. Concentração de bário por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	108
Figura 7. Concentração de boro por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	110
Figura 8. Concentração de cálcio por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	112
Figura 9. Concentração de chumbo por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	114
Figura 10. Concentração de cobalto por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	116
Figura 11. Concentração de cobre por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	118
Figura 12. Concentração de cromo por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	120
Figura 13. Concentração de ferro por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	122
Figura 14. Concentração de fósforo por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	124
Figura 15. Concentração de ítrio por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	126
Figura 16. Concentração de magnésio por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	128
Figura 17. Concentração de manganês por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	130
Figura 18. Concentração de mercúrio por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	132

Figura 19. Concentração de níquel por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	134
Figura 20. Concentração de porcentagem de sólidos por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	136
Figura 21. Concentração de potássio por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	138
Figura 22. Concentração de silício por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	140
Figura 23. Concentração de sódio por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	142
Figura 24. Concentração de titânio por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	144
Figura 25. Concentração de alumínio por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	146
Figura 26. Concentração de zinco por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	148

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Diagrama <i>boxplot</i> com os teores de alumínio identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta horizontal representa a mediana global (45.000 mg*kg ⁻¹). BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i> .	103
Gráfico 2. Diagrama <i>boxplot</i> com os teores de arsênio identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (3,43 mg*kg ⁻¹); linha laranja sinaliza o limite de prevenção determinado pelo CONAMA n° 4202009. BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i> .	105
Gráfico 3. Diagrama <i>boxplot</i> com os teores de bário identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana (57,3 mg*kg ⁻¹); linha laranja sinaliza o limite de prevenção determinado pelo CONAMA n° 4202009. BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i> .	107
Gráfico 4. Diagrama <i>boxplot</i> com os teores de boro identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta horizontal representa a mediana global (60,65 mg*kg ⁻¹). BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i> .	109
Gráfico 5. Diagrama <i>boxplot</i> com os teores de cálcio identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i> .	111
Gráfico 6. Diagrama <i>boxplot</i> com os teores de chumbo identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (11,75 mg*kg ⁻¹); linha laranja sinaliza o limite de prevenção determinado pelo CONAMA n° 420/2009. BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i> .	113
Gráfico 7. Diagrama <i>boxplot</i> com os teores de cobalto identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (6,395 mg*kg ⁻¹); linha laranja sinaliza o limite de prevenção determinado pelo CONAMA n° 420/2009. BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i> .	115
Gráfico 8. Diagrama <i>boxplot</i> com os teores de cobre identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (25,4 mg*kg ⁻¹); linha laranja sinaliza o limite de prevenção determinado pelo CONAMA n° 420/2009. BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i> .	117
Gráfico 9. Diagrama <i>boxplot</i> com os teores de cromo identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (51,90 mg*kg ⁻¹); linha laranja sinaliza o limite de prevenção determinado pelo CONAMA n° 420/2009. BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i> .	119
Gráfico 10. Diagrama <i>boxplot</i> com os teores de ferro identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (36.700 mg*kg ⁻¹). BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i> .	121
Gráfico 11. Diagrama <i>boxplot</i> com os teores de fósforo identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (316 mg*kg ⁻¹). BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i> .	123

Gráfico 12. Diagrama <i>boxplot</i> com os teores de ítrio identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (103%). BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i>	125
Gráfico 13. Diagrama <i>boxplot</i> com os teores de magnésio identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (462,5 mg*kg ⁻¹). BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i>	127
Gráfico 14. Diagrama <i>boxplot</i> com os teores de manganês identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (200,5 mg*kg ⁻¹). BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i>	129
Gráfico 15. Diagrama <i>boxplot</i> com os teores de mercúrio identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (0,106 mg*kg ⁻¹); linha laranja sinaliza o limite de prevenção determinado pelo CONAMA nº 420/2009. BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i>	131
Gráfico 16. Diagrama <i>boxplot</i> com os teores de níquel identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (11,08 mg*kg ⁻¹); linha laranja sinaliza o limite de prevenção determinado pelo CONAMA nº 420/2009. BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i>	133
Gráfico 17. Diagrama <i>boxplot</i> com as porcentagens de sólidos identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (79,5% p/p). BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i>	135
Gráfico 18. Diagrama <i>boxplot</i> com os teores de potássio identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (835,5 mg*kg ⁻¹). BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i>	137
Gráfico 19. Diagrama <i>boxplot</i> com os teores de silício identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (1.070 mg*kg ⁻¹). BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i>	139
Gráfico 20. Diagrama <i>boxplot</i> com os teores de sódio identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (161 mg*kg ⁻¹). BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i>	141
Gráfico 21. Diagrama <i>boxplot</i> com os teores de titânio identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (773,3 mg*kg ⁻¹). BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i>	143
Gráfico 22. Concentração de vanádio por BA e por Avaliação (<i>Parcelas Terrestres</i> ou <i>Ripárias</i>) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (54,95 mg*kg ⁻¹). BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i>	145
Gráfico 23. Diagrama <i>boxplot</i> com os teores de zinco identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (103%). BA – Bloco Amostral; PT – <i>Parcelas terrestres</i> ; RI – <i>Parcelas ripárias</i>	145

a mediana global (32 mg*kg⁻¹); linha laranja sinaliza o limite de prevenção determinado pelo CONAMA nº 420/2009. BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*..... 147

Gráfico 24. Correlações fortes de Spearman (positivas e negativas) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*..... 150

Gráfico 25. NP para área da classe *agropecuária* entre os anos de 1985 e 2017 no trecho Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear. 166

Gráfico 26. CA para área da classe *agropecuária* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear..... 167

Gráfico 27. MPS para área da classe *agropecuária* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear..... 167

Gráfico 28. PSSD para área da classe *agropecuária* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear. 168

Gráfico 29. NP para área da classe *área não vegetada* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear. 169

Gráfico 30. CA para área da classe *área não vegetada* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear. 169

Gráfico 31. MPS para área da classe *área não vegetada* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear. 170

Gráfico 32. PSSD para área da classe *área não vegetada* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear. 170

Gráfico 33. NP para área da classe *corpos d'água* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear..... 171

Gráfico 34. CA para área da classe *corpos d'água* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear..... 172

Gráfico 35. MPS para área da classe *corpos d'água* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear. 172

Gráfico 36. PSSD para área da classe *corpos d'água* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear. 173

Gráfico 37. NP para área da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear..... 174

Gráfico 38. CA para área da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.....	174
Gráfico 39. MPS para área da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.....	175
Gráfico 40. PSSD para área da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.....	175
Gráfico 41. NP para área da classe <i>formação natural não florestal</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.....	176
Gráfico 42. CA para área da classe <i>formação natural não florestal</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.....	177
Gráfico 43. MPS para área da classe <i>formação natural não florestal</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	177
Gráfico 44. PSSD para área da classe <i>formação natural não florestal</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	178
Gráfico 45. NP para área da classe <i>não observado</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.....	178
Gráfico 46. CA para área da classe <i>não observado</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.....	179
Gráfico 47. MPS para área da classe <i>não observado</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	179
Gráfico 48. PSSD para área da classe <i>não observado</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	180
Gráfico 49. TE para borda da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.....	181
Gráfico 50. MPE para borda da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.....	181
Gráfico 51. MFRAC para forma da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.....	182

Gráfico 52. MPAR para forma da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.....	183
Gráfico 53. NP para área da classe <i>agropecuária</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.....	184
Gráfico 54. CA para área da classe <i>agropecuária</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.....	184
Gráfico 55. NP para área da classe <i>agropecuária</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.....	185
Gráfico 56. CA para área da classe <i>agropecuária</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.....	185
Gráfico 57. MPS para área da classe <i>agropecuária</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.....	186
Gráfico 58. PSSD para área da classe <i>agropecuária</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.....	187
Gráfico 59. MPS para área da classe <i>agropecuária</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.....	187
Gráfico 60. PSSD para área da classe <i>agropecuária</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.....	188
Gráfico 61. NP para área da classe <i>área não vegetada</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	189
Gráfico 62. CA para área da classe <i>área não vegetada</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	189
Gráfico 63. NP para área da classe <i>área não vegetada</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	190
Gráfico 64. CA para área da classe <i>área não vegetada</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	190
Gráfico 65. MPS para área da classe <i>área não vegetada</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	191

Gráfico 66. PSSD para área da classe <i>área não vegetada</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	191
Gráfico 67. MPS para área da classe <i>área não vegetada</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	192
Gráfico 68. PSSD para área da classe <i>área não vegetada</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	192
Gráfico 69. NP para área da classe <i>corpos d'água</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	193
Gráfico 70. CA para área da classe <i>corpos d'água</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	194
Gráfico 71. NP para área da classe <i>corpos d'água</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	194
Gráfico 72. CA para área da classe <i>corpos d'água</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	195
Gráfico 73. MPS para área da classe <i>corpos d'água</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	195
Gráfico 74. PSSD para área da classe <i>corpos d'água</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	196
Gráfico 75. MPS para área da classe <i>corpos d'água</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	196
Gráfico 76. PSSD para área da classe <i>corpos d'água</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	197
Gráfico 77. NP para área da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	198
Gráfico 78. CA para área da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	198
Gráfico 79. NP para área da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	199

Gráfico 80. CA para área da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	199
Gráfico 81. MPS para área da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	200
Gráfico 82. PSSD para área da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce/ fuso 23K do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	200
Gráfico 83. MPS para área da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	201
Gráfico 84. PSSD para área da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	201
Gráfico 85. NP para área da classe formação <i>natural não florestal</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	202
Gráfico 86. CA para área da classe formação <i>natural não florestal</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	203
Gráfico 87. MPS para área da classe formação <i>natural não florestal</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	203
Gráfico 88. PSSD para área da classe formação <i>natural não florestal</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	204
Gráfico 89. NP para área da classe <i>não observado</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	205
Gráfico 90. CA para área da classe <i>não observado</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	205
Gráfico 91. NP para área da classe <i>não observado</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	206
Gráfico 92. CA para área da classe <i>não observado</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	206
Gráfico 93. MPS para área da classe <i>não observado</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	207

Gráfico 94. PSSD para área da classe <i>não observado</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	207
Gráfico 95. MPS para área da classe <i>não observado</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.....	208
Gráfico 96. PSSD para área da classe <i>não observado</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	208
Gráfico 97. TE para Borda da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	209
Gráfico 98. MPE para Borda da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	210
Gráfico 99. TE para Borda da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	210
Gráfico 100. MPE para Borda da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	211
Gráfico 101. MFRAC para classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	212
Gráfico 102. MFRAC para classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	212
Gráfico 103. MPAR para classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 23K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	213
Gráfico 104. MPAR para classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, fuso 24K , do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	213
Gráfico 105. NP para área da classe <i>agropecuária</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	214
Gráfico 106. CA para área da classe <i>agropecuária</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	215
Gráfico 107. MPS para área da classe <i>agropecuária</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	215

Gráfico 108. PSSD para área da classe <i>agropecuária</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	216
Gráfico 109. NP para área da classe <i>área não vegetada</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	217
Gráfico 110. CA para área da classe <i>área não vegetada</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	217
Gráfico 111. MPS para área da classe <i>área não vegetada</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	218
Gráfico 112. PSSD para área da classe <i>área não vegetada</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	218
Gráfico 113. NP para área da classe <i>corpos d'água</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	219
Gráfico 114. CA para área da classe <i>corpos d'água</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	219
Gráfico 115. MPS para área da classe <i>corpos d'água</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	220
Gráfico 116. PSSD para área da classe <i>corpos d'água</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	220
Gráfico 117. NP para área da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	221
Gráfico 118. CA para área da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	221
Gráfico 119. MPS para área da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	222
Gráfico 120. PSSD para área da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	222
Gráfico 121. NP para área da classe <i>natural não florestal</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	223

Gráfico 122. CA para área da classe <i>natural não florestal</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	223
Gráfico 123. MPS para área da classe <i>natural não florestal</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	224
Gráfico 124. PSSD para área da classe <i>natural não florestal</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	224
Gráfico 125. NP para área da classe <i>não observado não florestal</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	225
Gráfico 126. CA para área da classe <i>não observado não florestal</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	225
Gráfico 127. MPS para área da classe <i>não observado</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	226
Gráfico 128. PSSD para área da classe <i>não observado</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	226
Gráfico 129. TE para Borda da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	227
Gráfico 130. MPE para Borda da classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	228
Gráfico 131. MFRAC para classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	229
Gráfico 132. MPAR para classe <i>floresta</i> entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.	229

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1. Biólogo especialista em avifauna realizando contagem e identificação de aves (imagem topo) e <i>redes-neblina</i> (imagem inferior) instaladas às margens de uma das lagoas do Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria MG, para captura e marcação de aves, no estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Fotos durante a campanha de seca de 2018.	58
Foto 2. Profissionais da equipe técnica da Bicho do Mato Meio Ambiente Ltda. de manutenção em campo, em uma das trilhas instaladas como infraestrutura RAPELD para o estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	70
Foto 3. Piquete numerado com plaqueta de alumínio em uma das parcelas instaladas em campo como infraestrutura RAPELD para o estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	71
Foto 4. <i>Parcela Terrestre</i> de amostragem padronizada instaladas em campo como infraestrutura RAPELD para o estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	72
Foto 5. <i>Parcela ripária</i> instalada em campo como infraestrutura RAPELD para o estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	73
Foto 6. Formação arenosa localizada adjacente a parcela instalada em uma das ilhas do rio Doce, como infraestrutura RAPELD para o estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	74
Foto 7. Profissional da equipe técnica Bicho do Mato Meio Ambiente Ltda. preenchendo caderneta de campo padronizada desenvolvida e adaptada ao estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	75

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Distribuição dos módulos RAPELD instalados ao longo da Área de Estudo da Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Destaque para os municípios onde estão situadas as áreas de amostragem e para a BHRD	38
Mapa 2. Fitofisionomias da Mata Atlântica presentes na BHRD onde, ao longo do rio Doce, foram instalados os Módulos RAPELD para o estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	41
Mapa 3. Módulos RAPELD instalados, Área de Estudo em torno do rio Doce, sua bacia hidrográfica e o posicionamento relativo das Unidades de Conservação e Áreas Prioritárias para Conservação no contexto do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	48
Mapa 4. Sítios amostrais de estudo dos Testudines em áreas afetadas (AA) e não afetadas (ANA), por trecho (Alto, Médio e Baixo rio Doce) no estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	51
Mapa 5. Localização das unidades de amostragem de Crocodylia ao longo dos trechos do rio Doce (Alto, Médio e Baixo rio Doce), no estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	54
Mapa 6. Localização das áreas de amostragem de Aves aquáticas nas lagoas presentes no Parque Estadual do Rio Doce, no estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.....	59
Mapa 7. Blocos Amostrais (retângulos verdes) considerados nas análises de dados primários coletados nos módulos RAPELD instaladas ao longo da Área de Estudo da Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	69
Mapa 8. Limites geográficos da Área de Estudo do estudo de Fauna e Flora terrestres e limites do estudo da paisagem nos três trechos topográficos do rio Doce para o estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	158
Mapa 9. Limites geográficos da Área de Estudo , cobertura e uso do solo do estudo da paisagem do Alto rio Doce, estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	159
Mapa 10. Limites geográficos da Área de Estudo , cobertura e uso do solo do estudo da paisagem do Médio rio Doce, estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	160
Mapa 11. Limites geográficos da Área de Estudo , cobertura e uso do solo do estudo da paisagem do Baixo rio Doce, estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.	161

APRESENTAÇÃO

A **Bicho do Mato Meio Ambiente Ltda.** apresenta neste documento segunda revisão do **Relatório Técnico anual relativo às duas primeiras campanhas da Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.** Este relatório é parte integrante das ações para o estudo de avaliação dos impactos das áreas afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão, na mina de Germano da **Samarco Mineração S.A.**, que integra o chamado Complexo de Alegria, situado no distrito de Santa Rita Durão do município de Mariana, no estado de Minas Gerais.

Este Relatório Técnico, assim como os demais documentos componentes do estudo de **Avaliação dos Impactos e Monitoramento de Populações e Comunidades da Fauna Terrestre nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo** tem como finalidade atender a Notificação IBAMA 678322-E e a Cláusula 168 do Termo de Transação e de Ajustamento de Conduta (TTAC; IBAMA, 2016), celebrado em 02 de março de 2016, que estabelece programas com o objetivo de desenvolver planos e procedimentos em resposta aos impactos ambientais resultantes do rompimento da barragem. Assim, ficou determinado, em plano de trabalho específico, que Avaliação Ecológica Rápida seria feita usando o protocolo de estudo modular conhecido como RAPELD, união das siglas e conceitos aplicados no protocolo RAP (*Rapid Assessment Surveys Program*) e PELD (Programa de Pesquisa Ecológica de Longa Duração) para estudo da biodiversidade (MAGNUSSON et al., 2005).

O monitoramento está sendo realizado aplicando os conjuntos de protocolos RAPELD, em 108 parcelas, instaladas no ambiente terrestre, em áreas ripárias e em ilhas fluviais do rio Doce, distribuídas em módulos instalados em diferentes áreas para representar a diversidade estrutural e heterogeneidade ambiental em toda a extensão do rio. Este Relatório traz as análises de dados resultantes do primeiro ano completo de coleta de dados para o monitoramento da fauna e flora nos módulos RAPELD, segundo os objetivos dispostos nos Pareceres Técnicos 1/2017-COREC/CGBIO/DBFLO de 08 de maio de 2017, e 15/2017-COREC/CGBIO/DBFLO de 11 de setembro de 2017 (IBAMA-COREC, 2017a, 2017b).

1. INTRODUÇÃO

Em 5 de novembro de 2015, a barragem de rejeitos de Fundão, localizada no município de Mariana, estado de Minas Gerais, rompeu-se e liberou 32 dos 50 milhões de metros cúbicos de lama de rejeitos de minério de ferro através da Bacia Hidrográfica do rio Doce (**BHRD**; IBAMA, 2015a). O impacto imediato, derivado do derramamento da onda de lama que se seguiu ao rompimento da barragem afetou ca. 1.582 ha de ecossistemas terrestres que foram suprimidos pela onda de rejeitos, incluindo ca. 830 e 416 ha de vegetação aberta e áreas florestais, respectivamente (CARMO et al., 2017; GOLDER ASSOCIATES, 2016). É válido ressaltar que os maiores impactos nos ecossistemas terrestres aconteceram nas proximidades da barragem, onde ca. 90% dos habitats ripários nos rios Fundão, Gualaxo do Norte e Carmelo foram perdidos (FERNANDES et al., 2016) – incluindo 870 ha de áreas protegidas e 298 ha de floresta semidecídua em 135 fragmentos nas margens desses tributários (CARMO et al., 2017).

Em 02 de março de 2016 foi celebrado o Termo de Transação de Ajustamento de Conduta (TTAC, IBAMA, 2016) prevendo a criação da **Fundação RENOVA**, uma fundação privada, sem fins lucrativos, com estrutura própria de governança, fiscalização e controle, para gestão e execução de medidas previstas nos programas socioeconômicos e socioambientais decorrentes do rompimento da barragem de Fundão. O TTAC estabeleceu programas para desenvolver planos e procedimentos em resposta aos impactos ambientais resultantes do rompimento da barragem.

Entre os programas estabelecidos no TTAC, está prevista a execução, pela **Fundação RENOVA**, do Programa de Conservação da Fauna e Flora Terrestres, previsto na Cláusula 168 (IBAMA, 2016). Como parte desse processo, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), por meio da Notificação 678322-E, de 03/12/2015, demandou a elaboração de proposta metodológica para o Programa de Avaliação dos Impactos e Monitoramento de Populações e Comunidades da Fauna Terrestre no estado do Espírito Santo (IBAMA, 2015b). Os primeiros estudos foram desenvolvidos e subsidiaram os Pareceres Técnicos 1/2017-COREC/CGBIO/DBFLO e 15/2017-COREC/CGBIO/DBFLO (IBAMA-COREC, 2017a, 2017b), que definiram as unidades amostrais (UA), grupos taxonômicos e métodos a serem empregados para o estudo de monitoramento e avaliação de impactos.

Neste estudo, a captura e coleta de todos os exemplares dos grupos taxonômicos alvo foram autorizadas e amparadas legalmente pela licença nº 06/2018-CGBIO/DBFLO,

processo IBAMA nº 02001.001896/2018-05 emitida em 28 de dezembro de 2018, válida até julho de 2019 (**ANEXO 2**). À exceção do grupo de herpetofauna, que possuirá 2 períodos de amostragem (duas campanhas na estação chuvosa e uma na seca), Oligochaeta, que foi amostrado apenas na estação chuvosa, e a flora, amostrada apenas na estação seca, todos os grupos taxonômicos desenvolveram o estudo em duas campanhas, uma realizada na seca e outra no período de chuvas.

2. OBJETIVOS

Apresentar a análise de resultados obtidos nas duas primeiras campanhas, no período de seca de 2018, e no período de chuvas de 2019, da Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do rio Doce, nas áreas afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão, nos estados de MG e ES.

Além disso, este estudo apresentará uma análise e parecer sobre as perguntas e objetivos específicos destinados ao programa de avaliação de impactos e monitoramento da fauna terrestre, descritas a seguir:

1. Qual o impacto do evento sobre as espécies da fauna terrestre e aquática?
2. Houve acumulação de metais nas diferentes espécies e no solo?
3. Até qual distância do rio Doce a acumulação de metais foi observada?
4. Como os metais estão circulando nas cadeias alimentares?
5. Como as taxas de ocupação das diferentes espécies são afetadas pelas distâncias de rios, bordas, estradas ou ferrovias, e aspectos físicos e químicos?
6. As áreas protegidas por Unidades de Conservação (UC) e aquelas fora de UC são semelhantes em termos das estruturas de comunidades ou são complementares?
7. Como se dará a recolonização das áreas que foram restauradas?
8. É possível detectar mudanças na composição das espécies de fauna terrestre e aquática afetadas pelo desastre?

2.1. Objetivos específicos

1. Avaliar e descrever os impactos do desastre sobre a fauna terrestre e aquática;
2. Fazer uma avaliação ecológica rápida para avaliar a estrutura e a biomassa, composição e abundância de espécies da fauna terrestre e aquática;

3. Fazer uma avaliação ecológica rápida para avaliar a estrutura e a biomassa, composição e abundância de espécies da flora terrestre, bem como os solos associados;
4. Definir espécies indicadoras da fauna (vertebrados e invertebrados) e flora, áreas prioritárias e processos ecológicos que serão objeto de monitoramento de longo prazo em programas específicos (após o primeiro ano de avaliação);
5. Definir quais e como os impactos afetam os táxons monitorados;
6. Detectar os níveis de metais residuais em vertebrados, invertebrados, na flora terrestre nativa nas ilhas fluviais e fragmentos florestais e no solo ao longo do rio Doce; Mapear e caracterizar o uso e ocupação da terra, e a integridade ambiental das ilhas fluviais na calha do rio Doce visando, no futuro, subsidiar propostas de criação de UCs para as áreas mais relevantes;
7. Aplicar métricas da ecologia da paisagem visando descrever o nível de conectividade e fragmentação dos habitats florestais na bacia do rio Doce;
8. Identificar as espécies-alvo para monitorar (após o primeiro ano de avaliação) a diversidade genética, estrutura genética populacional, fluxo gênico e história demográfica das populações das espécies da fauna (vertebrados e invertebrados) e flora, sendo no mínimo: Duas espécies de anfíbios, uma espécie de lagarto, uma espécie de cobra, uma espécie de quelônio, uma espécie de jacaré, duas espécies de pequenos mamíferos (uma terrícola e outra arborícola), duas espécies de morcegos (um nectarívoro e/ou frugívoro e/ou polinívoro e outro insetívoro), uma espécie de médio grande porte de mamífero, três espécies de aves (sendo uma de chão de floresta, uma de sub-bosque de floresta e uma ave aquática), duas espécies de besouro rola-bosta da família Scarabaeidae, duas espécies de formiga, uma espécie de abelha do gênero *Melipona* e uma espécie de borboleta.

2.2. Premissas

São premissas gerais deste estudo, baseadas no conhecimento teórico da Avaliação de Impactos Ambientais (SÁNCHEZ, 2015), que os impactos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, MG:

- Diminuem em intensidade à medida que nos afastamos da Barragem, em direção a foz do rio Doce;

- Diminuem em intensidade à medida que nos afastamos, perpendicularmente, do leito do rio Doce;

No primeiro ano de estudo, durante o qual devemos apresentar a avaliação ecológica rápida do *status* local da biodiversidade, não é possível avaliar diretamente os objetivos 1, 4, 5 e 7. É entendimento da equipe técnica da **Bicho do Mato Meio Ambiente Ltda.** que o objetivo 1 já foi atendido pelo estudo da GOLDER ASSOCIATES (2016), que delimitou os possíveis vetores de impactos para cada componente da fauna de interesse. O objetivo 4 não poderia ser alcançado no primeiro ano de amostragem simplesmente porque no momento da coleta de amostras, não se conhecia as espécies ou cadeias tróficas da qual fazem parte essas espécies. O objetivo 7 não está relacionado ao programa de monitoramento de fauna e, portanto, não pode ser atingido. O objetivo 5 foi debatido em detalhes durante o **2º Workshop FAUNA – BMT-REN002** e está descrito e detalhado abaixo.

Foi escolha da equipe técnica da **Bicho do Mato Meio Ambiente Ltda.**, da **Fundação RENOVA**, validada pelos membros do CTBio, que seria abordado neste documento os demais objetivos e/ou partes deles. Especificamente sobre os objetivos 3 e 8 após o 1º *Workshop* (detalhado a seguir) ficou definido que a tentativa de entender a escala espacial do impacto do rompimento se daria usando a distância para o rio Doce como variável preditora da riqueza de espécies. Quanto a composição das comunidades, não apenas a distância do rio Doce seria usada, mas também outras variáveis do uso e cobertura do solo, além da abundância de cada espécie. Em ambos os casos, o caráter temporal da análise é essencial, e é possível que apenas uma campanha em cada estação climática não será suficiente para que a flutuação sazonal natural das populações seja diferenciável do efeito que se pretende identificar.

2.3. Pressupostos

Todo o programa de monitoramento é baseado no pressuposto de que a riqueza e composição de espécies da fauna e flora podem ser usados como indicadores dos impactos do rompimento da barragem de fundão. Este, porém, é um ponto estabelecido pelo corpo técnico do IBAMA, ao emitir o Parecer Técnico que norteia o estudo (IBAMA-COREC, 2017a), sem justificativa ou descrição de predições para seu uso.

Além disso, estão sendo assumidos alguns pressupostos para que as avaliações tenham sentido lógico e que sejam compreendidas respostas biológicas das variáveis avaliadas. Não temos, portanto, evidências diretas de que estes postulados são verificáveis no contexto atual do estudo, mas é plausível assumir que:

- A sazonalidade climática é assumida como fator estruturador das comunidades e baliza a principal divisão de esforços do estudo;
- Variações de fitofisionomia, clima local, altitude, solo e outras variáveis que podem ser estruturantes das comunidades são inerentes de cada Bloco Amostral (BA) e se comportam relativamente constantes dentro de um mesmo BA, seus módulos e parcelas de amostragem padronizada;
- Os componentes e variáveis ambientais variam menos dentro de cada BA que entre BA. Por isso, apenas os dados inerentes a cada BA são avaliados, no tempo e espaço, mas não entre blocos.

3. CONTEXTO DO ESTUDO APÓS O 1º WORKSHOP

Parte dos objetivos do presente programa de monitoramento envolve a realização de *Workshops* para a apresentação de resultados e discussão deles e dos rumos do projeto. Em julho de 2019 realizamos o **1º Workshop FAUNA – BMT-REN002**, nos dias 01 e 02 deste mês, na cidade de Belo Horizonte, MG. O evento reuniu os membros da coordenação técnica do projeto, tanto da **Fundação RENOVA** quanto da **Bicho do Mato Meio Ambiente Ltda.**, e também membros da Câmara Técnica responsável pelo projeto, Analistas do IBAMA, ICMBio, IEF-MG, IEMA-ES e MPF. Apresentamos os principais resultados e implicações após a primeira campanha do estudo, destacando a aderência desses resultados aos objetivos.

Durante, mas principalmente no fechamento da reunião foram discutidos os ajustes que deveriam ser aplicados ao projeto ainda para o relatório final (presente documento). Os principais pontos definidos são:

- Eliminação da nomenclatura “áreas-impacto” e “áreas-controle”, definidas e usadas no primeiro relatório, que consideravam arbitrariamente o corte de 1.000 m de distância do rio Doce para estabelecer a distância de influência direta do impacto;

- Manutenção do delineamento em *Blocos Amostrais* e na divisão de Abordagens (*Parcelas Terrestres, Parcelas Ripárias, e Ilhas; Item 0*);
- Não usar os termos Área de Influência Indireta (AII), Área de Influência Direta (AID) e Área Diretamente Afetada (ADA), pois dependem de definição prática e objetiva baseada nos dados do primeiro para seu eventual uso. Em seu lugar, usar a **Bacia Hidrográfica do rio Doce, Área de Estudo e Área Afetada** para tratar da escala de tomada e análise de dados;
- Investimento de tempo e trabalho na padronização de análises e apresentação de dados e resultados para o presente relatório: todos os grupos deveriam avaliar a influência da distância do rio sobre a riqueza de espécies através do uso de Modelos Lineares Generalizados e analisar a influência das estações climáticas sobre a composição das comunidades nos Blocos Amostrais em função de variáveis ambientais de uso do solo e estruturais da flora de cada parcela de amostragem;

Detalhes dos pontos acordados estão contidos no documento **BMTREN002-1-MB-ATA-0013** submetido a Fundação RENOVA em 03 de julho de 2019 e aprovado em reunião Ordinária do CTBio em 05 de julho de 2019 (**ANEXO 3**).

4. CONTEXTO DO ESTUDO APÓS O 2º WORKSHOP

Em dezembro de 2019 realizamos o **2º Workshop FAUNA – BMT-REN002**, nos dias 10 e 11 deste mês, na cidade de Belo Horizonte, MG. O evento reuniu os membros da coordenação técnica do projeto, tanto da **Fundação RENOVA** quanto da **Bicho do Mato Meio Ambiente Ltda.**, os revisores *ad hoc* do estudo contratados pela **Fundação RENOVA**, membros do CTBio, e a equipe técnica da Empresa **Ello Ambiental**, que será responsável pela continuação do estudo de Flora, além de Analistas do IBAMA, ICMBio, IEF-MG, IEMA-ES e MPF. Apresentamos os principais resultados e implicações após o primeiro ano do estudo, destacando a aderência desses resultados aos objetivos.

Especificamente sobre os objetivos, houve debate e avaliação por todos os membros da plenária sobre a validade atual e exequibilidade de cada objetivo listado no Parecer Técnico nº 01/2017 (IBAMA-COREC, 2017a). Durante o debate, 2 objetivos foram especialmente questionados: 5 e 7. O Analista Ambiental do IBAMA, responsável pela fiscalização do processo referente a este estudo, Sr. Junio Augusto dos Santos Silva,

esclareceu que os termos usados no Objetivo 5 foram equivocados e a expressão “taxas de ocupação” diz respeito, na verdade, à distribuição espacial das espécies e não ao cálculo probabilístico da relação entre a abundância de cada espécie e sua respectiva taxa de uso de suas áreas de vida por região. Este objetivo, portanto, possui relação direta e será atingido pelo Objetivo 8.

As demais relações colocadas pelo Objetivo 5 foram também alvo de escrutínio pela plenária, que considerou as variáveis “*distâncias de rios, bordas, estradas ou ferrovias, e aspectos físicos e químicos*” não objetivamente relacionados aos possíveis impactos sobre a fauna e flora terrestres decorrentes de um derramamento de rejeitos no leito de um rio. A avaliação e indicação resultante da discussão foi a de responder a parte inicial do Objetivo 5 através das análises que já atenderão ao Objetivo 8 e eliminar as variáveis citadas acima sem relação com o cerne do estudo apresentado neste documento.

Em relação ao Objetivo 7, foi consenso de descartar a necessidade de atendimento a ele por se tratar de um objetivo que não faz parte do delineamento amostral exigido, sendo este relacionado aos programas de restauração ambiental e não monitoramento da biodiversidade. Este documento, portanto, não apresentará comentários em relação a estes dois objetivos além da presente contextualização.

Foram também determinadas como encaminhamentos do Workshop que houvesse Revisão da discussão de cada relatório de grupo temático, considerando os dados apresentados pelos relatórios de Flora, Solos, Ecologia da paisagem, além da inclusão de resultados e discussão dos dados completos de concentração de metais pesados presentes nos tecidos dos espécimes coletados durante o estudo. Isto deve ser ainda apresentado em formato sintético, em um Resumo Executivo dos resultados apresentados neste relatório.

O detalhamento destes encaminhamentos estão presentes no relatório **RT-20-001**, submetido a Fundação RENOVA em 06 de janeiro de 2020 e aprovado em reunião Ordinária do CTBio em 08 de janeiro de 2020 (**ANEXO 4**).

5. ÁREAS DE ESTUDO

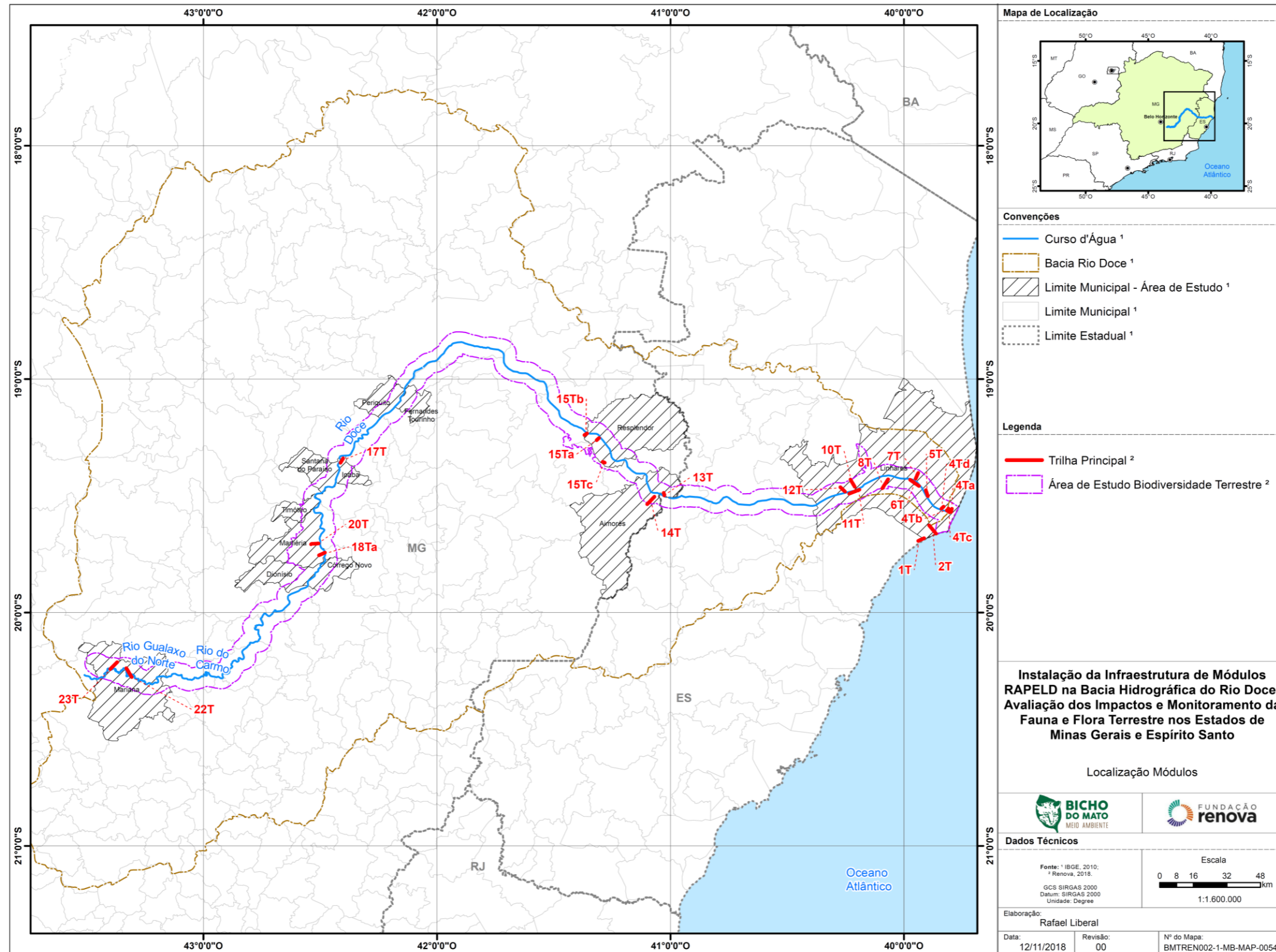
O alvo dos estudos é a área que se estende a jusante da barragem de Fundão, em Mariana, MG, até a foz do rio Doce, em Linhares, ES (**Mapa 1**). A área faz parte do domínio morfoclimático da Mata Atlântica e está localizada na Região Hidrográfica Atlântico Sudeste, na Bacia Hidrográfica do rio Doce (**BHRD**). A bacia compreende 228

municípios, sendo 202 localizados em Minas Gerais e 26 no Espírito Santo. A área de drenagem da bacia é de ca. 84 mil km², dos quais 86% estão em MG e 14% no ES. É uma das mais importantes bacias hidrográficas do sudeste brasileiro e a maior bacia inteiramente situada nesta região do país (SÁNCHEZ et al., 2018).

O leito do rio Doce apresenta distintos padrões geomorfológicos, com áreas de meandros e ilhas. Os recursos hídricos desta bacia são de fundamental importância para a economia do leste mineiro e do noroeste capixaba, fornecendo água para o uso doméstico, agropecuário e industrial. Além disso, a bacia possui grande relevância em relação à geração de energia, contando atualmente com 10 usinas hidrelétricas e 29 pequenas centrais hidrelétricas (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2016).

Em mapeamento recente de uso e cobertura do solo na bacia do Doce, o *uso antrópico* dominante é pastagem, com 59% da área da bacia. Outros 5% são ocupados por áreas agrícolas, 4% por áreas reflorestadas, e a vegetação nativa ainda recobre 28% do território (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2016). Esta análise, tanto do uso do solo, quanto das consequências históricas e atuais, dos ciclos agrícolas e de mineração no estado de Minas Gerais e Espírito Santo, mas sobretudo da **BHrD**, é apresentada detalhadamente por SÁNCHEZ et al. (2018 cap. 3). A **BHrD** é rica em biodiversidade, e está 98% inserida no bioma Mata Atlântica e 2% em área de Cerrado (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2013). Historicamente, a Mata Atlântica foi alvo de intensa pressão antrópica devido ao processo de ocupação e exploração de recursos naturais (DEAN, 1996), fazendo com que fosse reduzida a 28% de sua extensão original (REZENDE et al., 2018). Com isso, a conservação de seus remanescentes enfrenta grandes desafios, principalmente pelo alto nível de atividades antrópicas existentes nas áreas originais, onde vivem 62% da população brasileira, o que equivale a ca. 110 milhões de pessoas (MMA, 2000; PARDINI; UMETSU, 2006; RBMA, 2008).

Mapa 1. Distribuição dos módulos RAPELD instalados ao longo da **Área de Estudo** da Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Destaque para os municípios onde estão situadas as áreas de amostragem e para a **BHRD**.



O bioma Mata Atlântica abrange ecossistemas ricos em diversidade e endemismo de espécies vegetais e animais, o que levou o bioma a ser classificado como um dos 34 *hotspots* mundiais de biodiversidade (MYERS et al., 2000), e uma das áreas prioritárias para a conservação de biodiversidade em todo o mundo (MMA, 2007). É um dos biomas mais diversificados do planeta, com 15.782 espécies de plantas registradas, o que corresponde a 5% da flora mundial (STEHMANN et al., 2009). Em relação às espécies da fauna, são conhecidas ca. 850 espécies de aves, 370 de anfíbios, 270 de mamíferos, 350 espécies de peixes, 200 espécies de répteis e incontáveis invertebrados (MMA, 2019).

A Mata Atlântica engloba um diversificado mosaico de ecossistemas com estruturas e composição da biota que acompanham a diversidade dos solos, relevos e características climáticas da vasta região onde ocorre, tendo como elemento comum a exposição aos ventos úmidos que sopram do oceano (IBGE, 2012). São unidades fitofisionômicas do bioma a Floresta Ombrófila Densa, a Floresta Ombrófila Mista, a Floresta Ombrófila Aberta, a Floresta Estacional Semidecidual e a Floresta Estacional Decidual, bem como os manguezais, as vegetações de restingas, os campos de altitude, os brejos interioranos, áreas de formações pioneiras, além de outros ecossistemas associados (IBGE, 2012). Na **BHrD**, em sua porção oeste, em Minas Gerais, predominam ambientes florestais estacionais e ecossistemas associados, enquanto em sua porção leste, no Espírito Santo, predominam os ambientes florestais ombrófilos, além de manguezais, vegetação de restinga e *inselbergs* (IBGE, 2012).

5.1. Fitofisionomias e ecossistemas amostrados

Este estudo está situado dentro do domínio morfoclimático da Mata Atlântica e recebeu a infraestrutura de amostragem em duas fitofisionomias do bioma: a Floresta Estacional Semidecidual e a Floresta Ombrófila Densa (**Mapa 2**), que cobrem respectivamente 86% (71.142 km²) e 12,5% (10.376 km²) da Bacia. Há ainda um trecho de contato da Bacia com o bioma do Cerrado, cobrindo 1,5% do território (1.233 km²).

A ocorrência da primeira fitofisionomia e de maior cobertura na Bacia Hidrográfica está atrelada a ocorrência de um clima estacional que determina semidecidualidade da

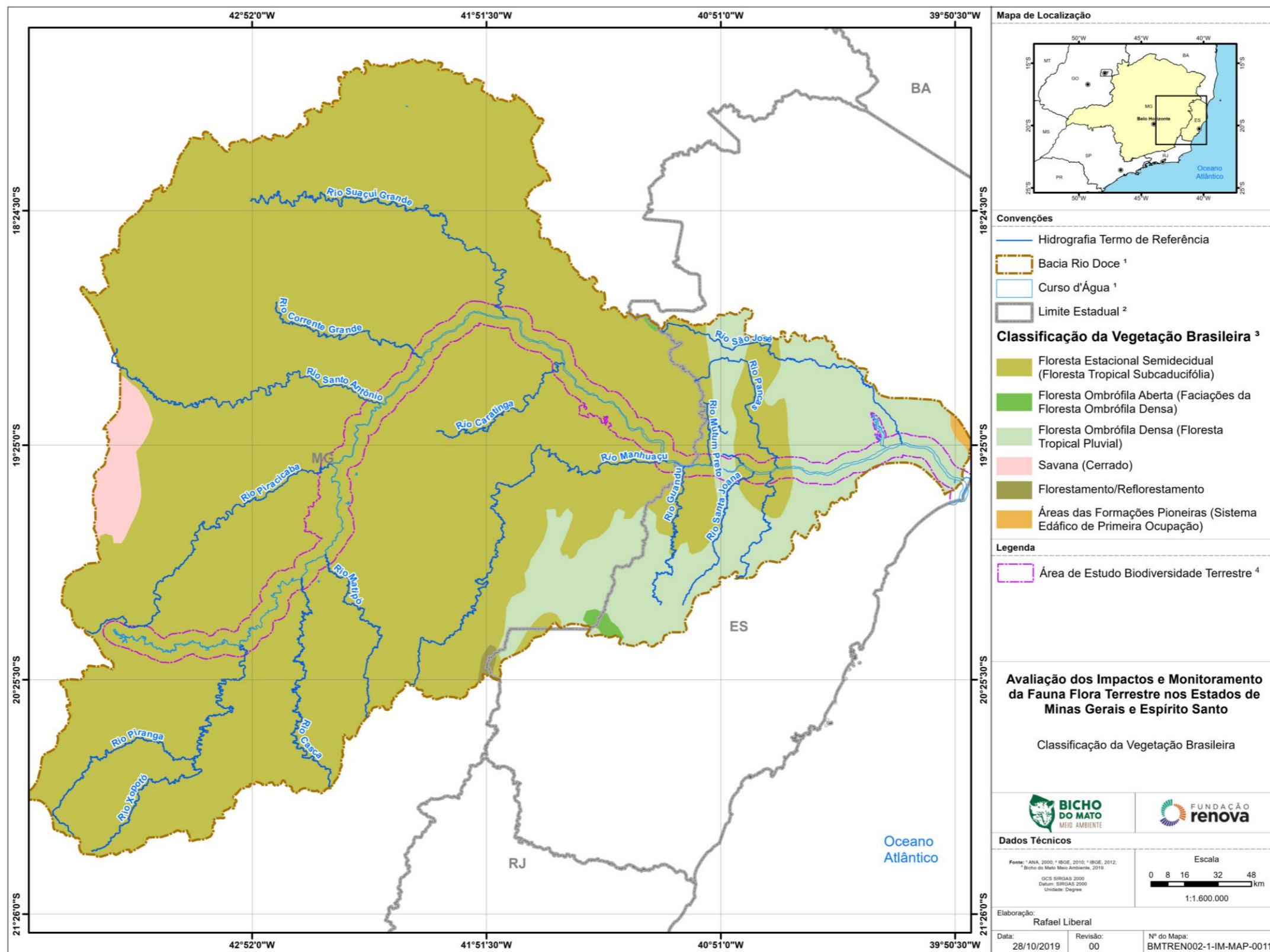
folhagem da cobertura florestal (IBGE, 2012). Suas principais características são definidas pelo IBGE como:

“Na zona tropical, associa-se à região marcada por acentuada seca hiberna e chuvas de verão; é definida a partir da porcentagem das árvores caducifólias no conjunto florestal entre 20% e 50%. Entre 16º e 24º de latitude Sul, a formação ‘Aluvial’ está presente nas planícies e calhas de rios; ‘Terras Baixas’ ocorre em depressões sedimentares entre 5 e 50 m; ‘Submontana’ situa-se entre 50 e 500 m de altitude; ‘Montana’ ocorre entre 500 a 1.500 m.”

A segunda fitofisionomia relevante para este estudo é a Floresta Ombrófila densa, cuja designação Ombrófila significa “amigo da chuva”. Sua principal característica ecológica reside na presença marcante de sistemas florestais, e a característica ombrotérmica destacável é a concorrência a climas tropicais de elevadas temperaturas (médias de 25 °C) e alta precipitação, distribuída durante todo o ano (de 0 a 60 dias secos), o que determina uma situação de praticamente inexistência de período de déficit hídrico (IBGE, 2012). As diferentes formações são definidas como:

“Entre 16º e 24º de latitude Sul, encontramos a formação ‘Aluvial’, que não é condicionada topograficamente dentro dos terraços aluviais; ‘Terras Baixas’ ocorre em terrenos sedimentares do terciário/quaternário não susceptíveis a inundações entre 5 m e 100 m de altitude; ‘Submontana’ ocorre nas encostas dos planaltos e/ou serras entre 50 m e 500 m; ‘Montana’ está situada nos planaltos e/ou serras, entre 500 m e 1.500 m de altitude.”

Mapa 2. Fitofisionomias da Mata Atlântica presentes na **BHRD** onde, ao longo do rio Doce, foram instalados os Módulos RAPELD para o estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.



5.2. Delimitação dos sítios e unidades amostrais

O delineamento amostral seguiu as disposições gerais de estudos de monitoramento, estabelecidas pela Instrução Normativa 146/2007 (IBAMA, 2007), bem como pelo Parecer Técnico nº 1/2017-COREC/CGBIO/DBFLO (IBAMA-COREC, 2017a), que assume o protocolo de amostragem sistemática padronizada e multidisciplinar nos sítios de amostragem, proposto por MAGNUSSON et al. (2005), chamado RAPELD, para o estudo de diagnóstico e para o estudo ecológico de longa duração (CARNEIRO et al., 2016; MOSER et al., 2014). A lógica modular do protocolo permite a amostragem de comunidades biológicas em áreas amostrais extensas ao mesmo tempo que minimiza a variação nos fatores abióticos atuantes sobre estas comunidades.

A proposta do Parecer Técnico incluiu a instalação módulos constituídos de parcelas de amostragem padronizada. Em sua maioria, os módulos estão em sentido perpendicular ao rio Doce, para avaliar o gradiente de impacto e eventual contaminação dos organismos-alvo, a partir dos produtos oriundos do rompimento da barragem. Nesses módulos, as parcelas de amostragem foram instaladas em ambientes terrestres e áreas ripárias ao longo do rio Doce e em seus tributários, todas com no mínimo 250 m de comprimento. São as parcelas que representam a unidade amostral (UA) básica de todo o estudo. Este delineamento amostral busca eliminar autocorrelação espacial, de forma a manter as amostras independentes. A instalação da infraestrutura, medições e marcações das *Parcelas Terrestres* e *Parcelas Ripárias* seguiram os procedimentos determinados pelos manuais publicados pelo Programa de Pesquisa em Biodiversidade (PPBio), responsável pelo desenvolvimento dos protocolos RAPELD.

A lógica modular do protocolo empregado permite a coleta de dados de diferentes grupos-alvo em uma mesma escala, fornecendo dados comparáveis entre os sítios de amostragem, permitindo estudos integrados em escala espacial ampla e capazes de responder questões em uma escala temporal, como o caso aqui abordado de identificação e medição de impactos ambientais sobre as comunidades biológicas.

O Parecer Técnico nº 1/2017-COREC/CGBIO/DBFLO (IBAMA-COREC, 2017a) definia a instalação de 168 parcelas de amostragem ao longo do rio Doce, número que foi revisado e modificado para 120 parcelas aprovadas em pelo Parecer Técnico nº 15/2017-COREC/CGBIO/DBFLO (IBAMA-COREC, 2017b). O mesmo foi executado e relatado no **Relatório Final de Instalação RAPELD BMTREN002**, reportando o investimento de instalação de 121 parcelas, mas a possibilidade real de posicionar a

infraestrutura em 108, pertencentes a 19 módulos, entregue a Fundação RENOVA em 24 de outubro de 2018, e Protocolado no IBAMA/MG e na Câmara Técnica de Biodiversidade em 29 de novembro de 2018.

Das 108 parcelas instaladas, 52 estão inseridas na Floresta Ombrófila Densa e 56 na Floresta Estacional Semidecidual (**Quadro 1**). Em relação à classe do uso e ocupação de solo obtivemos 53 parcelas em Floresta Densa, 25 em Curso d'água, 7 em Floresta Estacional Semidecidual Degradada, 7 em Restinga Arbórea, 3 em Vegetação Aberta e Regeneração Florestal, 3 em Floresta Misturada com Eucalipto, 3 em Silvicultura, 5 em Lago, 1 em Restinga Arbustiva e 1 em Pasto/pasto sujo/cultivo. Trinta e três parcelas (31%) estão localizadas em UCs – parcelas 1-3P1T na Reserva Biológica de Comboios, parcelas 1-5P8T na Floresta Nacional de Goytacazes, parcelas 1-5P14T, 1-2PR14T na RPPN Fazenda Bulcão, 2P15TB e 1P15TC no Parque Estadual Sete Salões, e parcelas 1-3P18TA, 1-2P18TB, 1-2Pr18TB, 1-5P20T, 1/3Pr20T e 1/5PrPERD, no Parque Estadual do Rio Doce (PERD). Cerca de 74% das parcelas (N = 79) encontram-se em áreas prioritárias para conservação, desde prioridade alta até extremamente alta. Parcelas que não estão localizadas em UCs nem constituem áreas prioritárias para conservação somam 26% (**Mapa 3**).

Quadro 1. Módulos e parcelas caracterizados por fitofisionomia, uso e ocupação do solo (UOS), presença nas Unidades de Conservação (UCs) e Áreas Prioritárias para Conservação – APC (MMA, 2006), dentro do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

Módulo	Parcela	Fitofisionomia	UOS	UCs	APC
1T	1P	FOD	RA	REBIO Comboios	MC-796
	2P	FOD	RA	REBIO Comboios	MC-796
	3P	FOD	RA	REBIO Comboios	MC-796
2T	1P	FOD	RB	-	MC-796
	2P	FOD	RA	-	MC-796
	3P	FOD	RA	-	MC-796
	4P	FOD	RA	-	MC-796
	5P	FOD	RA	-	MC-796
4T	1Pr	FOD	LA	-	MC-796
	1Pr	FOD	CDA	-	MC-796
	2Pr	FOD	CDA	-	MC-796
4TA	3Pr	FOD	CDA	-	MC-796
	1P	FOD	FD	-	MC-796
	2P	FOD	FD	-	MC-796
4TB	1P	FOD	FD	-	MC-796
4TC	1P	FOD	FD	-	MC-796

Módulo	Parcela	Fitofisionomia	UOS	UCs	APC
4TD	1P	FOD	FD	-	MC-796
5T	1P	FOD	FD	-	MC-796
	2P	FOD	FD	-	MC-796
	3P	FOD	FD	-	MC-796
6T	1P	FOD	FD	-	MC-796
	2P	FOD	FD	-	MC-796
	3P	FOD	FD	-	MC-796
	4P	FOD	FD	-	MC-796
	5P	FOD	FD	-	MC-796
7T	1P	FOD	FD	-	MC-796
	2P	FOD	FD	-	MC-796
	3P	FOD	FD	-	MC-796
	1Pr	FOD	CDA	-	MC-796
8T	1P	FOD	FD	FLONA Goytacazes	MC-796
	2P	FOD	FD	FLONA Goytacazes	MC-796
	3P	FOD	FD	FLONA Goytacazes	MC-796
	4P	FOD	FD	FLONA Goytacazes	MC-796
	5P	FOD	FD	FLONA Goytacazes	MC-796
10T	1P	FOD	FD	-	-
	2P	FOD	FD	-	-
	3P	FOD	FD	-	-
	4P	FOD	FD	-	-
	1Pr	FOD	CDA	-	-
	2Pr	FOD	LA	-	-
11T	1P	FOD	FD	-	-
	2P	FOD	FD	-	-
	3P	FOD	FD	-	-
	4P	FOD	FD	-	-
	5P	FOD	FD	-	-
12T	1P	FOD	FD	-	-
	2P	FOD	FD	-	-
	3P	FOD	FD	-	-
	1Pr	FOD	LA	-	-
13T*	1P	FESD	P	-	MA-632
	2P	FESD	FESDD	-	MA-632
14T	1P	FESD	FESDD	RPPN Faz. Bulcão	MA-632
	2P	FESD	FESDD	RPPN Faz. Bulcão	MA-632
	3P	FESD	FESDD	RPPN Faz. Bulcão	MA-632
	4P	FESD	FESDD	RPPN Faz. Bulcão	MA-632
	5P	FESD	FESDD	RPPN Faz. Bulcão	MA-632
	1Pr	FESD	CDA	RPPN Faz. Bulcão	MA-632
	2Pr	FESD	CDA	RPPN Faz. Bulcão	MA-632
15T	1Pr	FESD	CDA	-	-
15TA	1P	FESD	VA/RF	-	-
	2P	FESD	VA/RF	-	-
15TB	1P	FESD	FESDD	-	-
	2P	FESD	VA/RF	PESS	-
15TC	1P	FESD	FD	PESS	MA-632
17T	1P	FESD	FD	-	-
	2P	FESD	FD	-	-
	3P	FESD	FD	-	-
	1Pr	FESD	CDA	-	-
18TA	1P	FESD	FD	PERD	MA-634
	2P	FESD	FD	PERD	MA-634
	3P	FESD	FD	PERD	MA-634
18TB	1P	FESD	FD	PERD	MA-634

Módulo	Parcela	Fitofisionomia	UOS	UCs	APC
20T	2P	FESD	FD	PERD	MA-634
	1Pr	FESD	CDA	PERD	MA-634
	2Pr	FESD	LA	PERD	MA-634
	1P	FESD	FD	PERD	MA-634
	2P	FESD	FD	PERD	MA-634
	3P	FESD	FD	PERD	MA-634
	4P	FESD	FD	PERD	MA-634
	5P	FESD	FD	PERD	MA-634
	1Pr	FESD	LA	PERD	MA-634
	3Pr	FESD	CDA	PERD	MA-634
22T	1PrPERD	FESD	CDA	PERD	MA-634
	5PrPERD	FESD	CDA	PERD	MA-634
	1P	FESD	FME	-	MA-638
	2P	FESD	FD	-	MA-638
	3P	FESD	S	-	MA-638
	4P	FESD	S	-	MA-638
	5P	FESD	S	-	MA-638
	1Pr	FESD	CDA	-	MA-638
	2Pr	FESD	CDA	-	MA-638
	1P	FESD	FME	-	MA-638
23T	2P	FESD	FME	-	MA-638
	3P	FESD	FD	-	MA-638
	4P	FESD	FD	-	MA-638
	5P	FESD	FD	-	MA-638
	1Pr	FESD	CDA	-	MA-638
	2Pr	FESD	CDA	-	MA-638
	3Pr	FESD	CDA	-	MA-638
	4Pr	FESD	CDA	-	MA-638
	1P1IF	FOD	CDA	-	MC-796
	2P2IF	FOD	CDA	-	MC-796
Ilhas	1P7I	FOD	CDA	-	MC-796
	1P9I	FESD	CDA	-	-
	1PrPC	FESD	CDA	-	-
	1PrPS	FESD	CDA	-	-
	2PrPS	FESD	CDA	-	-
	3PrPS	FESD	CDA	-	-

Adaptado de GOLDER ASSOCIATES (2016); Fitofisionomia: FOD (Floresta Ombrófila Densa), FESD (Floresta Estacional Semidecidual). Uso e ocupação do solo: VA/RF (Vegetação aberta e regeneração florestal), FD (Floresta densa), CDA (Curso d'água), LA (Lago), FESDd (Floresta Estacional Semidecidual Degradada), RA (Restinga arbórea), RB (Restinga arbustiva), FME (Floresta mista com eucalipto), S (Silvicultura), P (Pasto/ pasto sujo/ cultivo). Áreas prioritárias para conservação: Alta - MA-632 (Região de Aimorés/Itueta. Prioridade alta), Extremamente Alta - MC-796 (rio Barra Seca até o rio Riacho), MA-634 (Parque Estadual do Rio Doce – PERD); MA-638 (Região de Ouro Preto e Serra do Caraça). PESS – Parque Estadual de Sete Salões. * indisponível para amostragem por restrições de acesso impostas pela Usina de Aimorés, da Aliança Geração de Energia S.A.

De todas as parcelas instaladas, algumas não puderam ser amostradas tanto na campanha da estação seca de 2018, quanto a estação chuvosa de 2019. As principais limitações que enfrentamos na execução do programa de monitoramento neste primeiro ano foi a interdição dos módulos 22 e 23T, ambos localizados no município de Mariana,

MG. Os dois módulos foram impedidos para o acesso dos profissionais de campo por causa do relevo acidentado e dos riscos de acidentes que as grandes inclinações do terreno poderiam causar. As interrupções duraram de agosto de 2018 até a resolução parcial do problema, após obras de adequação, no mês de fevereiro de 2019. Ainda assim, permanecemos com 4 parcelas impedidas de acesso para a continuação do estudo. De acordo com a empresa **EBJ Assessoria e Gerenciamento Ltda.**, responsável pelo Gerenciamento de Segurança do Trabalho do programa de biodiversidade da **Fundação RENOVA**, essas parcelas necessitam de obras específicas para retificação de acessos para que sejam liberadas ao estudo.

Além disso, durante a campanha na estação de chuvas, os módulos 4T e ilhas da foz, 1IF e 2IF foram bloqueados após um conflito no município de Povoação; a parcela 5T3p não pôde ser amostrada por causa da mudança de entendimento do proprietário da área. Durante esta campanha também tivemos 3 dias de impedimento completo de trabalho de toda a equipe, em toda a extensão do estudo, por causa do rompimento da barragem de Córrego do Feijão, em Brumadinho, MG. Por ordem da **Vale S.A.**, todas as empresas subordinadas foram orientadas a imediatamente paralisarem todas as atividades por 3 dias, o que ocorreu de 25 a 27 de janeiro de 2019. Ainda, a maior parte dos grupos taxonômicos estudados não puderam acessar regularmente para a amostragem as parcelas localizadas no módulo 13T, propriedade da Usina de Aimorés, da **Aliança Geração de Energia S.A.**, que não permite a entrada de pessoas fora de dias de semana e horário comercial.

As áreas supostamente afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão foram também selecionadas para estudo em função das áreas protegidas e prioritárias para conservação de acordo com o mapa de áreas prioritárias para a conservação (**Mapa 3**), utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade Brasileira (MMA, 2007). No Espírito Santo são as seguintes áreas, todas classificadas como de prioridade “extremamente alta”:

- MA 814 – Sooretama;
- MC 795 – rio Barra Nova/Mariricu até o rio Barra Seca; e
- MC 796 – rio Barra Seca até o rio Riacho.

E para Minas Gerais, classificadas como de “alta” prioridade:

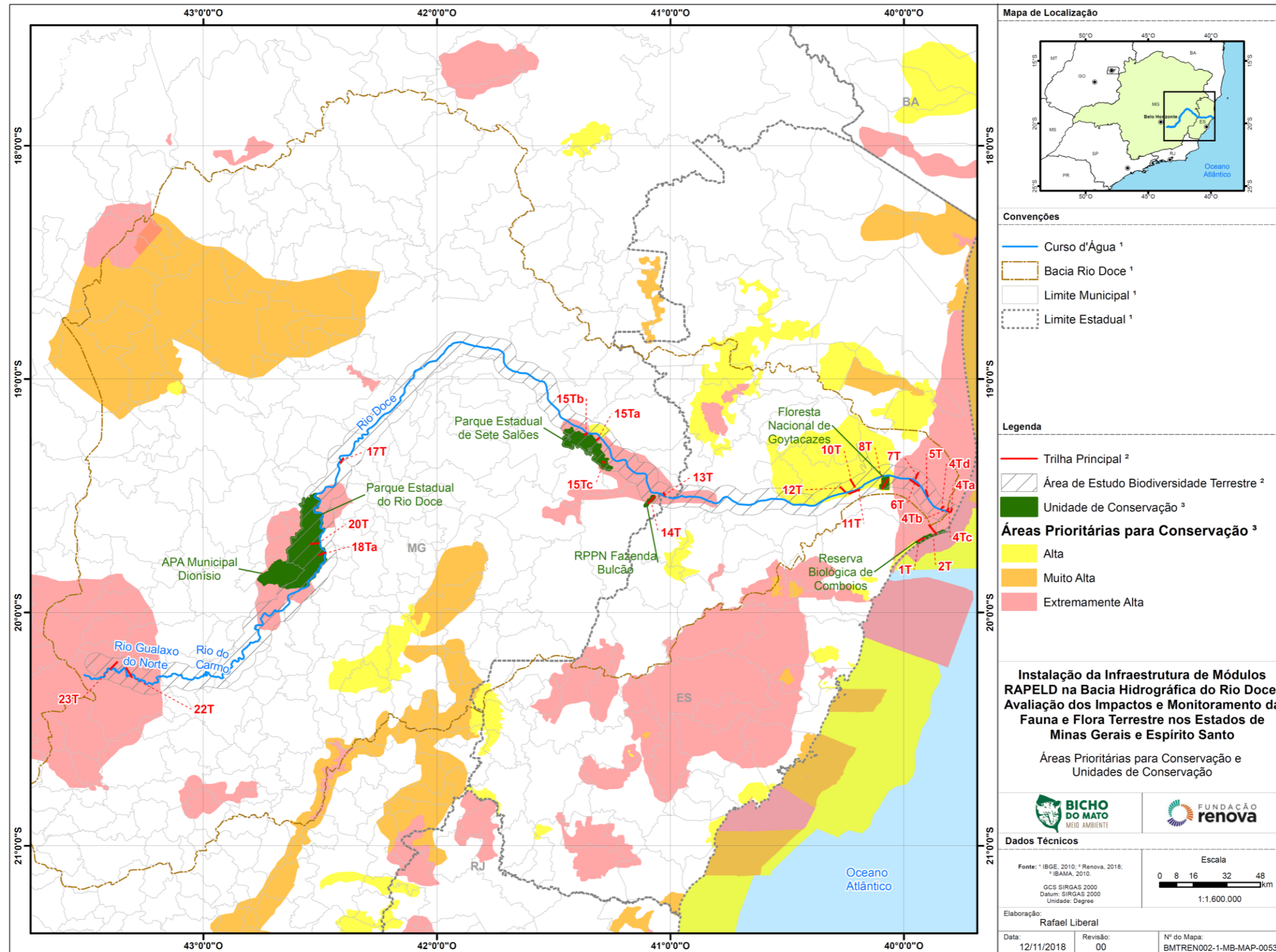
- MA 632 – Região de Aimorés/Itueta;
- MA 637 – Mata do Sossego;
- MA 635 – Estação Biológica de Caratinga.

E de prioridade “extremamente alta”:

- MA 634 – Parque Estadual do Rio Doce (PERD), e
- MA 638 – Região de Ouro Preto e Serra do Caraça.

Do total de parcelas amostradas, nem todas estão localizadas dentro da infraestrutura de módulos RAPELD instalados ao longo do curso do rio Doce. Os grupos de testudíneos, crocódilianos, invertebrados aquáticos e aves aquáticas foram amostrados em pontos e/ou lagoas situadas próximas a calha principal do rio Doce ou em corpos d’água afluentes do rio Doce, não exatamente nas mesmas áreas dos módulos, mas dentro das mesmas regiões e Blocos Amostrais.

Mapa 3. Módulos RAPELD instalados, **Área de Estudo** em torno do rio Doce, sua bacia hidrográfica e o posicionamento relativo das Unidades de Conservação e Áreas Prioritárias para Conservação no contexto do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.



5.3. Sítios Amostrais – Odonata, Ephemeroptera, Trichoptera

O rio Doce compreende duas regiões principais – ritral e potamal (SCHÄFER, 1985). A grande maioria das parcelas localizadas em Minas Gerais podem ser caracterizadas como pertencente à região ritral do rio, pois foram observadas as seguintes características: velocidade da água variável, declividade do terreno alta, temperatura da água relativamente baixa, baixa concentração de matéria orgânica e sedimento com granulometria maior (cascalho e até rochas). As parcelas localizadas no Espírito Santo fazem parte da região potamal do rio, pois foram observadas as seguintes características: velocidade da água constante, declividade do terreno baixo, temperatura da água relativamente alta, alta concentração de matéria orgânica e sedimento com granulometria fina (areia, argila, lodo).

Amostramos 25 parcelas em ambientes lóticos e cinco em ambientes lênticos: 12 na calha principal do rio Doce, 13 em afluentes do rio Doce e cinco em lagoas (**APÊNDICE 1 e APÊNDICE 2**). Estas últimas apresentaram grande diversidade de substratos, como folhiço de fundo, folhiço de superfície, macrófitas, rochas, areia, vegetação marginal, dentre outros. Constatamos grande quantidade de sedimento fino sobre os substratos, o que indica que os corpos d'água estão sob algum nível de assoreamento. O único riacho que não apresentou sinais de assoreamento foi o Ribeirão Belém (parcela 18TB1Pr), localizada no Parque Estadual do Rio Doce. As cinco lagoas amostradas possuíam margens florestadas e não apresentavam sinais de eutrofização, apesar de grande quantidade de matéria orgânica. Vegetação marginal, macrófitas e sedimento compunham os principais substratos encontrados.

5.4. Sítios Amostrais – Testudines

O estudo foi realizado nos estados de MG e ES, ao longo do rio Doce e de seus afluentes (rio Piracicaba, Piranga, Casca, Santo Antônio, Corrente Grande, Suaçuí Grande, Caratinga, Manhuaçu, Santa Joana, Pancas e Pequeno), além de lagoas localizadas no Parque Estadual do Rio Doce (**Mapa 4**). A necessidade de amostrar diferentes corpos d'água e de tamanhos distintos está relacionada ao uso dos mesmos por diferentes espécies de quelônios aquáticos e semiaquáticos, ampliando a possibilidade de registrar mais espécies de quelônios. Selecionamos um total de 24 unidades amostrais, 12 imediatamente às margens do rio Doce ou próximo a foz de seus afluentes – **Áreas Afetadas (APÊNDICE 3 a APÊNDICE 6)** e 12 localizados em rios afluentes – **Áreas**

Não Afetadas, e outros. Os primeiros representam córregos, represas e lagoas não atingidos pela pluma de lama proveniente do rompimento (**Mapa 4; Quadro 2**).

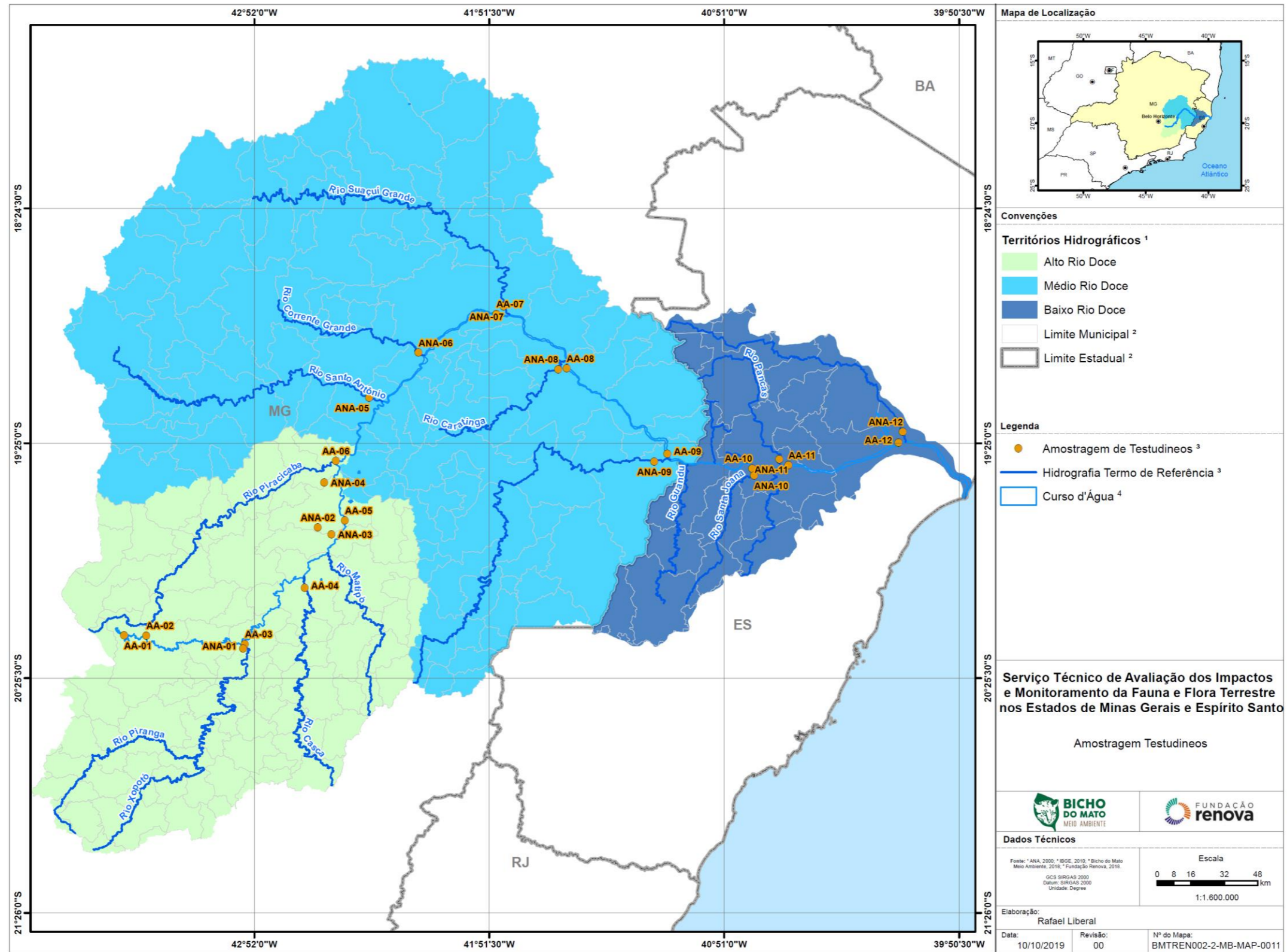
5.5. Sítios Amostrais – Crocodylia

A amostragem de crocodilianos foi realizada em 12 unidades amostrais (UA; **Mapa 5**). Também foi realizada uma amostragem com duração de duas noites no Parque Estadual do Rio Doce (**Quadro 3**). Do total das UA, 12 estão na calha principal do rio Doce, 13 em afluentes do rio Doce e cinco em lagoas. Portanto, 25 UA representam ambientes lóticos e cinco ambientes lênticos (**Quadro 4**).

5.6. Sítios Amostrais – Avifauna aquática

As 42 lagoas naturais situadas dentro do Parque Estadual do Rio Doce estão entre as 13 Áreas Úmidas de Importância Internacional (sítios Ramsar; RAMSAR, 2018). Em razão desta importância para conservação das áreas úmidas, seis das lagoas, marginais aos córregos Mombaça, Turvo e Belém, foram selecionadas para amostragens direcionadas as aves aquáticas (**Mapa 6; Quadro 5**), que pode incluir espécies de hábitos limícolas, palustres, ripícolas e ribeirinhas (ACCORDI, 2010). Aplicamos os mesmos métodos utilizados nas demais unidades, adicionados aos pontos para identificação e contagem de aves associadas a ambientes úmidos, incluindo procura por sítios de nidificação ou dormida e pontos de concentração de aves migratórias (**Foto 1**).

Mapa 4. Sítios amostrais de estudo dos Testudines em áreas afetadas (AA) e não afetadas (ANA), por trecho (Alto, Médio e Baixo rio Doce) no estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

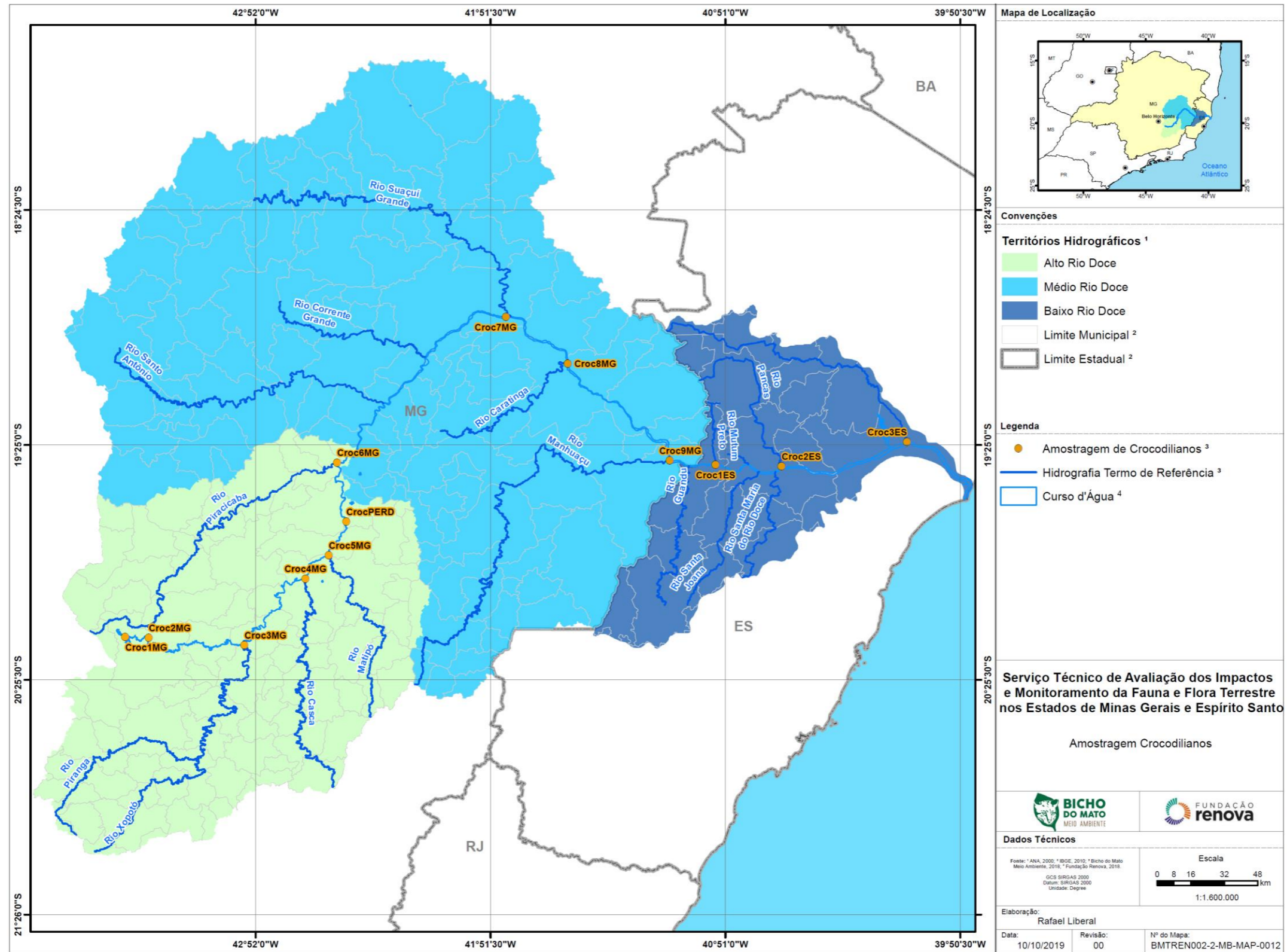


Quadro 2. Descrição, localização das unidades amostrais (UA) do estudo de Testudines aquáticos, em Áreas Afetadas (AA) e Não Afetadas (ANA) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

UA	Fuso	UTM		Descrição
		X	Y	
Minas Gerais (Áreas afetadas)				
UA 1-AA	23k	664486	7761094	Próximo à barragem de rejeitos da Samarco e de Bento Rodrigues, 50 km do rio Doce. Vegetação ciliar arbustiva e gramínea, leito de solo argiloso.
UA 2-AA	23k	674417	7760892	Próxima à barragem da Samarco, em região de morraria com vegetação conservada. Rio de pequeno porte, leito solo argiloso, vegetação ciliar gramíneas e arbustos, 40 km do rio Doce.
UA 3-AA	23k	718629	7756348	Rio Piranga, margem direita do rio Doce, a montante da usina hidrelétrica Risoleta Neves, 1 km da foz. Vegetação ciliar arbustiva e arbórea, leito solo argiloso e presença de poucas rochas no leito.
UA 4-AA	23k	745791	7782625	Rio Casca, 4 km da foz com o rio Doce, afluente da margem direita. Rio de pequeno porte com leito argiloso.
UA 5-AA	23k	764306	7814468	Rio Doce, próximo a ponte da queimada. Presença de rochas, vegetação ciliar arbórea e arbustiva, solo em sua maioria arenoso.
UA 6-AA	23k	760694	7842843	Rio Piracicaba, 3 km do rio Doce, afluente da margem esquerda. Rio de grande porte, leito argiloso e vegetação ciliar arbustiva e arbórea.
Minas Gerais (Áreas não afetadas)				
UA 1-ANA	23k	717705	7754235	Rio Piranga, margem direita do rio, a montante da usina hidrelétrica Risoleta Neves, 4 km do rio Doce.
UA 2-ANA	23k	752100	7811306	Lagoa Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce, margem esquerda do rio. Leito arenoso e vegetação ciliar de gramíneas, 10 km do rio Doce.
UA 3-ANA	23k	758163	7807925	Lagoa dos Patos, Parque Estadual do Rio Doce, na margem esquerda do rio. Leito argiloso e vegetação ciliar arbustiva e gramínea, 4 km do rio Doce.
UA 4-ANA	23k	755283	7832642	Córrego Belém, a 1 km da trilha da lagoa Juquita, no Parque Estadual do Rio Doce, a 5 km do rio. Leito solo arenoso e vegetação ciliar arbórea.
UA 5-ANA	23k	776096	7872728	Rio Santo Antônio, a 7 km do rio Doce, afluente da margem esquerda. Rio de grande porte, leito arenoso e vegetação ciliar gramínea e arbórea.
UA 6-ANA	23k	798751	7893747	Barragem do rio Corrente Grande, a 3 km do rio Doce, afluente da margem esquerda. Leito arenoso e vegetação ciliar gramínea e arbórea.

UA	Fuso	UTM		Descrição
		X	Y	
Espírito Santo (Áreas afetadas)				
UA 7-AA	24k	202024	7912167	Rio Doce, a montante do rio Suaçuí Grande, afluente da margem esquerda. Vegetação ciliar com presença de pastagens e árvores exóticas.
UA 8-AA	24k	234234	7886763	Rio Doce, próximo à foz do rio Caratinga. Leito rochoso e vegetação ciliar de pastagem.
UA 9-AA	24k	280190	7846792	Rio Doce, próximo à foz do rio Manhuaçu. Leito rochoso e vegetação ciliar de pastagem.
UA 10-AA	24k	318522	7840270	Rio Doce, próximo da foz do rio Santa Joana. Leito arenoso e vegetação ciliar exótica com presença de gramíneas.
UA 11-AA	24k	334812	7841942	Rio Doce, próximo à foz do rio Pancas. Leito arenoso e vegetação ciliar de pastagem.
UA 12-AA	24k	384348	7853006	Rio Doce, próximo à foz do rio Pequeno. Leito arenoso e vegetação ciliar exótica.
Espírito Santo (Áreas não afetadas)				
UA 7-ANA	24K	205275	7915846	Rio Suaçuí Grande, afluente da margem esquerda do rio Doce. Vegetação ciliar com presença de pastagens e árvores exóticas.
UA 8-ANA	24k	230368	7886325	Rio Caratinga, a 5,5 km do rio Doce, afluente da margem direita. Leito arenoso e vegetação ciliar com presença de pastagens e árvores exóticas.
UA 9-ANA	24k	274334	7843012	Rio Manhuaçu, a 6,8 km da foz com o rio Doce, afluente da margem direita. Leito rochoso e vegetação ciliar de pastagem.
UA 10-ANA	24k	319402	7836930	Rio Santa Joana, a 2,6 km da foz com o rio Doce. Leito rochoso e vegetação ciliar exótica.
UA 11-ANA	24k	330629	7844752	Rio Pancas, a 3 km da foz com o rio Doce, afluente da margem esquerda. Leito arenoso e vegetação ciliar com plantação de café e pastagem.
UA 12-ANA	24k	386241	7858250	Rio Pequeno, a 4,2 km de distância da foz com o rio Doce. Leito arenoso e vegetação marginal exótica.

Mapa 5. Localização das unidades de amostragem de Crocodylia ao longo dos trechos do rio Doce (Alto, Médio e Baixo rio Doce), no estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.



Quadro 3. Descrição, localização das unidades amostrais (UA) do estudo de Crocodylia, em Áreas Afetadas (AA) e Não Afetadas (ANA) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

UA	Fuso	UTM		Descrição da área
		X	Y	
Minas Gerais (Áreas Afetadas - AA)				
Croc1 MG -AA	23k	664486	7761094	Próximo à barragem de rejeitos da Samarco e de Bento Rodrigues, 50 km do rio Doce. Vegetação ciliar arbustiva e gramínea, leito de solo argiloso.
Croc2 MG -AA	23k	674417	7760892	Próxima à barragem da Samarco, em região de morraria com vegetação conservada. Rio de pequeno porte, leito solo argiloso, vegetação ciliar gramíneas e arbustos, 40 km do rio Doce.
Croc3 MG -AA	23k	718629	7756348	Rio Piranga, margem direita do rio Doce, a montante da Usina Hidrelétrica Risoleta Neves, 1 km da foz. Vegetação ciliar arbustiva e arbórea, leito solo argiloso e presença de poucas rochas no leito.
Croc4 MG -AA	23k	745791	7782625	Rio Casca, 4 km da foz com o rio Doce, afluente da margem direita. Rio de pequeno porte com leito argiloso.
Croc5 MG -AA	23k	764306	7814468	Rio Doce, próximo à ponte da queimada. Presença de rochas, vegetação ciliar arbórea e arbustiva, solo em sua maioria arenoso.
Croc6 MG -AA	23k	760694	7842843	Rio Piracicaba, 3 km do rio Doce, afluente da margem esquerda. Rio de grande porte, leito argiloso e vegetação ciliar arbustiva e arbórea.
Minas Gerais (Área não afetadas - ANA)				
Croc1 MG -ANA	23k	717705	7754235	Rio Piranga, margem direita do rio, a montante da Usina Hidrelétrica Risoleta Neves, 4 km do rio Doce.
Croc2 MG -ANA	23k	752100	7811306	Lagoa Dom Helvécio, Parque Estadual do Rio Doce, margem esquerda do rio. Leito arenoso e vegetação ciliar de gramíneas, 10 km do rio Doce.
Croc3 MG -ANA	23k	758163	7807925	Lagoa dos Patos, Parque Estadual do Rio Doce, na margem esquerda do rio. Leito argiloso e vegetação ciliar arbustiva e gramínea, 4 km do rio Doce.
Croc4 MG -ANA	23k	755283	7832642	Córrego Belém, a 1 km da trilha da lagoa Juquita, no Parque Estadual do Rio Doce, a 5 km do rio. Leito solo arenoso e vegetação ciliar arbórea.
Croc5 MG -ANA	23k	776096	7872728	Rio Santo Antônio, a 7 km do rio Doce, afluente da margem esquerda. Rio de grande porte, leito arenoso e vegetação ciliar gramínea e arbórea.
Croc6 MG -ANA	23k	798751	7893747	

UA	Fuso	UTM		Descrição da área
		X	Y	
Barragem do rio Corrente Grande, a 3 km do rio Doce, afluente da margem esquerda. Leito arenoso e vegetação ciliar gramínea e arbórea.				
Espírito Santo (Área Afetada - AA)				
Croc7 MG -AA	24k	202024	7912167	Rio Doce, a montante do rio Suaçuí Grande, afluente da margem esquerda. Vegetação ciliar com presença de pastagens e árvores exóticas.
Croc8 MG -AA	24k	234234	7886763	Rio Doce, próximo à foz do rio Caratinga. Leito rochoso e vegetação ciliar de pastagem.
Croc9 MG -AA	24k	280190	7846792	Rio Doce, próximo à foz do rio Manhuaçu. Leito rochoso e vegetação ciliar de pastagem.
Croc3 ES-AA	24k	318522	7840270	Rio Doce, próximo à foz do rio Santa Joana. Leito arenoso e vegetação ciliar exótica com presença de gramíneas.
Croc2 ES-AA	24k	334812	7841942	Rio Doce, próximo à foz do rio Pancas. Leito arenoso e vegetação ciliar de pastagem.
Croc1 ES-AA	24k	384348	7853006	Rio Doce, próximo à foz do rio Pequeno. Leito arenoso e vegetação ciliar exótica.
Espírito Santo (Área não afetadas - ANA)				
Croc7 MG -ANA	24K	205275	7915846	Rio Suaçuí Grande, afluente da margem esquerda do rio Doce. Vegetação ciliar com presença de pastagens e árvores exóticas.
Croc8 MG -ANA	24k	230368	7886325	Rio Caratinga, a 5,5 km do rio Doce, afluente da margem direita. Leito arenoso e vegetação ciliar com presença de pastagens e árvores exóticas.
Croc9 MG-ANA	24k	274334	7843012	Rio Manhuaçu, a 6,8 km da foz com o rio Doce, afluente da margem direita. Leito rochoso e vegetação ciliar de pastagem.
Croc3 ES-ANA	24k	319402	7836930	Rio Santa Joana, a 2,6 km da foz com o rio Doce. Leito rochoso e vegetação ciliar exótica.
Croc2 ES-ANA	24k	330629	7844752	Rio Pancas, a 3 km da foz com o rio Doce, afluente da margem esquerda. Leito arenoso e vegetação ciliar com plantação de café e pastagem.
Croc1 ES-ANA	24k	386241	7858250	Rio Pequeno, a 4,2 km de distância da foz com o rio Doce. Leito arenoso e vegetação marginal exótica.

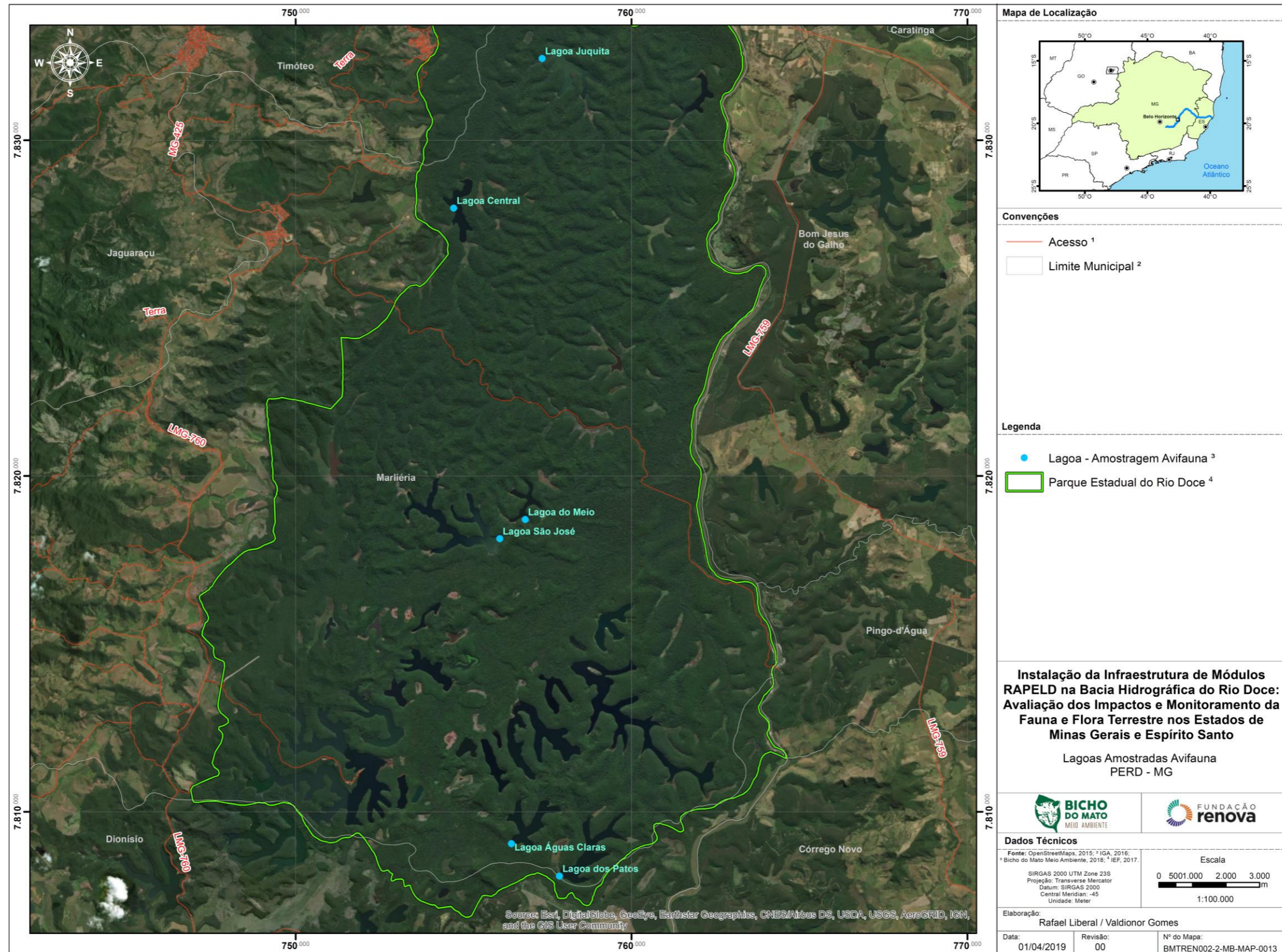
Quadro 4. Descrição e logística para amostragem das unidades amostrais de *Crocodylia* no estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

Unidade amostral	Descrição da área	Informações logísticas
Croc1 MG	Próximo à barragem de rejeitos da Samarco.	Lagoa de grande porte; sem peixes ou anfíbios anuros visualizados ou vocalizando. Área de fácil acesso e navegação.
Croc2 MG	Próximo à barragem da Samarco, em região de vegetação conservada.	Igarapé não navegável, raso e estreito (10-40 cm de profundidade; 1-2 m de largura). Amostragem a pé na margem.
Croc3 MG	Rio Piranga, margem direita do rio Doce, a montante da Usina Hidrelétrica Risoleta Neves.	Água de fortes corredeiras, impossível de navegar. Amostragem realizada a pé na margem do rio.
Croc4 MG	Rio Casca, afluente da margem direita do rio Doce.	Amostragem realizada com barco. Porém, o rio era raso, de navegação dificultada.
Croc5 MG	Foz do rio Matipó, afluente da margem direita do rio Doce.	Rio navegável, mas de forte correnteza.
Croc6 MG	Rio Piracicaba, afluente da margem esquerda do rio Doce.	Inviável colocar o barco na água, pois não havia acesso ao rio, devido a muita vegetação marginal.
CrocPERD	Lagoa Aníbal, ambiente que mais se aproxima do habitat do <i>Caiman latirostris</i> . Amostragem feita com barco.	Navegação viável, com boas condições para colocar o barco na água. Amostragem realizada com barco.
Croc7 MG	Ponto no rio Doce, a montante do rio Suaçuí-grande, afluente da margem esquerda.	Rio raso, arriscado para navegação. Caça intensa reportada para a região.
Croc8 MG	Foz do rio Caratinga, afluente da margem direita.	Inviável colocar o barco na água ou andar pela margem. Sem acesso ao rio, muita vegetação marginal.
Croc9 MG	Foz do rio Manhuaçu, afluente da margem direita.	Rio não navegável. Amostragem realizada a pé na margem do rio; nenhum animal avistado.
Croc3 ES	Foz do rio Mutum Preto, afluente da margem esquerda.	Rio não navegável. Amostragem realizada a pé na margem do rio; nenhum animal avistado.
Croc2 ES	Foz do rio Pancas, afluente da margem esquerda.	Inviável colocar o barco na água ou andar pela margem, pois não havia acesso ao rio, devido a muita vegetação marginal.
Croc1 ES	Foz do rio São José, lagoa Japurana, afluente da margem esquerda.	Amostragem realizada a pé na margem do rio.



Foto 1. Biólogo especialista em avifauna realizando contagem e identificação de aves (imagem topo) e *redes-neblina* (imagem inferior) instaladas às margens de uma das lagoas do Parque Estadual do Rio Doce, Marliéria MG, para captura e marcação de aves, no estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Fotos durante a campanha de seca de 2018.

Mapa 6. Localização das áreas de amostragem de Aves aquáticas nas lagoas presentes no Parque Estadual do Rio Doce, no estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.



Quadro 5. Unidades amostrais de estudo de Aves aquáticas amostrados durante o estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Todas as áreas estão localizadas dentro do Parque Estadual do Rio Doce, município de Marliéria, MG.

Lagoa	Código	Fuso	Inicial		Final		Município	Estado	Altitude (m)	
			X	Y	X	Y			inicial	final
Juquita	LJ	23K	757340	7832432	757439	7832521	Marliéria	MG	255	257
Central	LC	23K	754709	7827977	754590	7828037	Marliéria	MG	264	265
São José	LSJ	23K	756079	7818135	756070	7818004	Marliéria	MG	264	265
Meio	LM	23K	756835	7818706	756721	7818754	Marliéria	MG	259	256
Águas Claras	LAC	23K	756428	7809050	756408	7809162	Marliéria	MG	258	264
Patos	LP	23K	757859	7808086	757867	7808203	Marliéria	MG	262	252

5.7. Status de conservação das espécies

As informações referentes ao *status* de conservação das espécies registradas durante o estudo ou resultantes de fontes de dados secundárias foram obtidas em fonte de análise e escala global (IUCN, 2019), nacional – Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção (INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE, 2018), e em escala estadual, através da Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção no Espírito Santo (PASSAMANI; MENDES, 2007) e da Lista da Fauna Ameaçada de Extinção de Minas Gerais (COPAM, 2010)(COPAM, 2010). As espécies da fora foram classificadas segundo a Lista Oficial de Plantas do Brasil (JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO, 2019). Os detalhes sobre os critérios utilizados para a classificação das espécies vegetais podem ser consultados diretamente no site da CNCFlora. Seguimos os critérios e nomenclatura das categorias de ameaça definidas nestes documentos: NA (Não se aplica); NE (Não avaliada); DD (Deficiente de dados); NT (Quase ameaçada); EN (Em perigo); VU (Vulnerável); CR (criticamente ameaçada). Informações mais detalhadas de táxons em particular são citadas e incluídas como fonte de dados pontualmente ao longo do documento.

5.8. Registro de dados secundários para a Bacia Hidrográfica do rio Doce

O procedimento básico utilizado para levantamento de dados secundários sobre a ocorrência de espécies foi a busca na literatura especializada de cada grupo taxonômico, que está detalhada em cada um dos capítulos específicos a seguir. Além disso, consultamos o banco de dados do SpeciesLink, que reúne informações de 9,8 milhões de registros de 514 mil espécies de ca. 500 coleções científicas. O repositório é desenvolvido por instituições de pesquisa e universidades de excelência nacionais e foi fomentado pelos órgãos de fomento governamentais. Embora esteja sujeito aos erros inerentes de todos os tipos de bancos de dados, além dos possíveis erros de identificação de espécies, comuns em qualquer coleção científica, é a maior e melhor fonte de informação de dados secundários na escala deste estudo.

As buscas foram direcionadas às famílias e ordens de organismos estudados para os estados de MG e ES. Em uma segunda etapa, de validação dos dados levantados, separamos todos os registros únicos de cada espécie para todos os municípios da **BHrD**. Neste procedimento, é possível que alguns registros históricos podem aumentar a lista de espécies, se alguma dessas entidades não existirem mais nas localidades originais de registro. Adotamos uma estratégia conservadora e mantivemos estes registros, que em geral representam uma parcela reduzida do banco de dados gerado.

5.9. Coleta e depósito de material zoológico

A coleta de espécimes é a principal base confiável para a geração de conhecimento em Zoologia. A conservação de espécies é também beneficiada pela coleta e depósito de material testemunho das espécies estudadas, pois esses exemplares fornecem informações que podem ser acessadas por qualquer pesquisador a qualquer tempo e de forma independente, sendo uma fonte científica de alta confiabilidade (ROOS, 2010). Todas os espécimes que não puderam ser identificados em campo foram mortos e preparados para identificação em laboratório e posterior depósito em coleções científicas autorizadas pela licença de coleta nº 06/2018-CGBIO/DBFLO como fiéis depositários do material zoológico coletado por este estudo.

A morte dos exemplares seguiu as determinações do Conselho Federal de Biologia, Resolução nº 301, de 8 de dezembro de 2012 (Conselho Federal de Biologia; CFBio, 2012), além das normas nacionais de “Eutanásia de animais silvestres” (CONCEA, 2018). Outros procedimentos específicos de cada um dos grupos taxonômicos estudados são descritos em cada capítulo.

5.10. Uso do solo e variáveis espaciais

A classificação de uso do solo para cada uma das parcelas e módulos² amostrados foi feita usando o mapeamento produzido pelo primeiro estudo de Avaliação dos Impactos resultantes do rompimento da barragem de Fundão (GOLDER ASSOCIATES, 2016). Os dados georreferenciados foram sobrepostos às localizações geográficas de cada uma das unidades amostrais, apresentados no **Relatório Técnico de Topografia – RT-18-103**³. A partir da sobreposição das informações, cada unidade amostral foi registrada em determinada classe de uso do solo em toda a **Área de Estudo** (*buffer* de 5 km do rio Doce, perpendicularmente em ambas as margens; **Quadro 6**). Para cada unidade amostral, determinamos seu ponto central geográfico e quantificamos cada tipo de classe de uso do solo em um raio de 2,5 km. Estas medidas foram usadas nas análises estatísticas padronizadas (**Item 6.3**).

² Detalhes sobre as unidades amostrais no **Item 6.1**, Protocolo RAPELD.

³ Última validação de dados realizada pela Equipe técnica da **Bicho do Mato Meio Ambiente Ltda.** após correções da empresa **AVALICON Engenharia Ltda.**, em 06 de novembro de 2018. Documento BMTREN002-4-MF-DGE-0001, apresentado em 24 de outubro de 2018.

Quadro 6. Uso do solo e cobertura florestal por Bloco Amostral (BA), em hectares (ha) e frequência relativa para a **Área de Estudo** (5 km de cada margem do rio Doce) da Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Modificado de (GOLDER ASSOCIATES, 2016).

Categoria	Classe	Segmento 1 (BA4)		Segmento 2 (BA3)		Segmento 3 (BA2)		Segmento 4 (BA1)		Total na Área de Estudo	
		ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Natural	Afloramento rochoso	8	<1*	0	0	568	<1**	1086	<1**	1662	<1
	Áreas úmidas	380	<1	6974	3	1161	<1	2385	2	10901	2
	Floresta densa	19423	23	44414	22	4332	2	16883	11	85052	14
	Campo rupestre / Campo sujo	3212	4	0	0	1098	<1	49	<1	4359	<1
	Praia	0	0	0	0	0	0	119	<1	119	<1
	Restinga arbórea	0	0	0	0	0	0	1036	<1	1036	<1
	Restinga arbustiva	0	0	0	0	0	0	753	<1	753	<1
	Banco de areia	49	<1	328	<1	806	<1	2477	2	366	<1
Degradado	Vegetação aberta e regeneração florestal	14283	17	21769	11	17779	10	18881	13	72711	12
	Floresta estacional semidecidual degradada	6	<1	256	<1	2078	12	481	<1	21522	4
	Floresta misturada com eucalipto	3918	5	3991	2	0	0	0	0	7908	1
	Mosaico de florestas degradadas / em regeneração / pasto sujo	1134	1	5315	3	7582	4	4197	3	18228	3
	Silvicultura recém-colhida	228	<1	4084	2	16	<1	0	0	4328	<1
Antropogênico	Silvicultura	6975	8	3078	15	743	<1	1006	7	48558	8
	Pasto / pasto sujo / cultivo	32296	38	72429	36	106630	61	76006	51	287361	47
	Área antropizada	1821	2	1326	<1	44	<1	266	<1	3456	<1
	Área urbana	199	<1	3638	2	5433	3	334	2	12611	2
Aquático	Curso d'água	448	<1	3807	2	5199	3	8129	5	17583	3
	Lago	53	<1	392	2	38	<1	3222	2	7233	1
	Lagoa / açude	6	<1	70	<1	67	<1	114	<1	257	<1
	Reservatório	269	<1	801	<1	2624	2	463	<1	4156	<1
Sem dados	Nuvem/sombra	0	0	0	0	4	<1	25	<1	29	<1
Total		84705	100	203903	100	174905	100	149971	100	613484	100
Resumo											
Floresta	área florestada + silvicultura	44599	53%	73252	36%	22854	13%	36770	25%	214229	35%
Antropico	área antropizada + pasto/cultivos	34117	40%	73755	36%	106674	61%	76272	51%	290817	47%
Total			93%		72%		74%		75%		82%

Usando a mesma base de dados topográficos, a equipe de geoprocessamento da **Bicho do Mato Meio Ambiente Ltda.** calculou a distância linear dos pontos de amostragem (piquetes) para o leito do rio Doce após a Usina Hidrelétrica Risoleta Neves. À montante desta Usina, o cálculo foi feito até a área às margens do rio diretamente atingido pela a onda de rejeitos, pois nessa região o volume de rejeitos extravasou os limites do leito do rio Gualaxo do Norte, atingindo as matas ciliares e avançando sobre sistemas terrestres. Para este trecho, chamado de “*Segmento 1*” (GOLDER ASSOCIATES, 2016) também utilizamos os cálculos de área suprimida pela onda de rejeitos (**Quadro 7**).

Utilizando do mesmo procedimento, ainda foram calculadas as distâncias de cada unidade amostral até a barragem de Fundão, aos centros urbanos e às Unidades de Conservação mais próximos de cada local de estudo (referenciadas nas análises como “dist_barragem”, “dist_município” e “dist_UC”). Foram utilizadas para isto, as bases georreferenciadas do IDE-Sisema (SEMAD/FEAM/IEF/IGAM, 2019).

Quadro 7. Uso do solo e cobertura florestal (ha) e frequência relativa para a área em torno do rio Gualaxo do Norte afetada diretamente pela onda de rejeitos do rompimento da barragem de Fundão, usada como referência no estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Modificado de (GOLDER ASSOCIATES, 2016).

Categoria	Classe	ha	%
Natural (“uso_natural”)	Afloramento rochoso	28	1
	Áreas úmidas	21	1
	Floresta densa	482	22
	Campo rupestre	4	0
	Campo sujo	83	4
	Banco de areia	33	1
Degradado (“uso_degradado”)	Silvicultura	4	0
	Pasto / pasto sujo / cultivo	750	34
	Solo exposto	36	2
	Área antropizada	65	3
Antropogênico (“uso_antrópico”)	Infraestrutura	6	0
	Área de mineração	21	1
	Estrada pavimentada	6	0
	Estrada não pavimentada	27	1
	Área industrial	0	0
	Área rural edificada	5	0
Aquático (“uso_aquático”)	Área urbana	12	1
	Cursos d’água	653	29
Total		2.235	100

6. DELINEAMENTO AMOSTRAL E ANÁLISE DE DADOS

Neste relatório apresentamos as análises de dados dos diagnósticos da área adjacente à calha do rio Doce (**Área Afetada**), da **Área de Estudo** e Área da Bacia Hidrográfica do rio Doce (**BHRD**), seguindo a premissa de que os efeitos de impactos diretos e indiretos de empreendimentos, acidentes ou desastres ambientais, têm normalmente sua intensidade inversamente relacionada à distância da **Área Afetada** (SÁNCHEZ, 2015). A delimitação da **Área de Estudo** seguiu a definição do estudo da GOLDER ASSOCIATES (2016, p. 2), até 5 km do rio Doce, em ambas as margens. Para a análise da **BHRD** serão considerados dados secundários obtidos a partir de consulta à literatura especializada em cada um dos municípios da Bacia Hidrográfica (**APÊNDICE 7**). Todas as unidades amostrais situadas em ambiente aquático à montante do rio Doce ou em áreas terrestres distantes da calha principal do rio são tratadas desde o início do estudo como áreas supostamente não afetadas diretamente pela ação do rejeito. A partir da análise de dados do primeiro ano de estudo serão definidas as **áreas-impacto** e as **áreas-controle** a partir do uso da distância do rio Doce como variável preditora da riqueza e abundância de espécies em cada unidade amostral (**Item 6.3**). A partir desta definição utilizaremos, para a continuação do monitoramento, o modelo de estudo conhecido como **Before-After-Control-Impact** (GOTELLI; ELLISON, 2004), de acordo com a dinâmica espacial e escala de cada organismo estudado. Como estamos tratando de um desastre, portanto, não previsto, e cujos estudos pretéritos não são suficientes para criar uma linha de base robusta e exaustiva de toda a região e para todos os grupos de fauna e flora alvos do presente estudo, os esforços de delineamento amostral focarão no monitoramento da dimensão temporal das áreas afetadas, para quatro conjuntos de áreas amostrais, definidas pela equipe técnica como Blocos Amostrais (BA; **Mapa 7**). Cada BA foi definido para evitar que mudanças de clima, altitude e fitofisionomia de cada paisagem da qual fazem parte fossem variáveis que afetassem a tomada de dados (**Figura 1; Mapa 7**).

Além dos BA, as análises apresentadas aqui refletem três abordagens ligadas diretamente com a área de influência dos supostos impactos que ocorreram após o rompimento da barragem. A primeira lidará especificamente com as *Parcelas Terrestres* localizadas nos módulos RAPELD instalados (N = 75); a segunda com as *Parcelas Ripárias* do estudo (N = 27), e a terceira com as ilhas localizadas no rio Doce (N = 6; **Quadro 8**). À exceção da terceira abordagem, as duas primeiras possuem parcelas próximas ao rio Doce, e parcelas em locais distantes do mesmo. Em razão do caráter

único das ilhas, completamente inseridas na calha do rio Doce e sem equivalentes ecológicos comparáveis, as mesmas serão estudadas apenas quanto ao caráter temporal das variáveis consideradas no estudo, detalhados oportunamente adiante.

Para cada grupo taxonômico estudado apresentamos os dados regionais e registros secundários para a **BHRD**, por definição a unidade sistêmica da biota regional mais ampla. Apresentamos também o diagnóstico da **Área de Estudo**, sempre considerando as divisões em BA e Abordagens.

6.1. Protocolo RAPELD

O monitoramento da fauna das áreas afetadas pelo rompimento da barragem Fundão ao longo do rio Doce está sendo feito através da aplicação do protocolo RAPELD, composto por parcelas adaptadas para estudos de inventários rápidos e pesquisa ecológica de longa duração (MAGNUSSON et al., 2005). O RAPELD é dividido por três elementos principais de amostragem de acordo com cada grupo taxonômico. Esses elementos são: trilhas, *Parcelas Terrestres* e *Parcelas Ripárias*. A seguir serão descritos brevemente os procedimentos de instalação das trilhas, *Parcelas Terrestres* e *Parcelas Ripárias*.

Para a instalação da infraestrutura RAPELD foram utilizados os seguintes protocolos:

- Protocolo de abertura de [trilhas](#)
- Protocolo de instalação de [Parcelas Terrestres](#)
- Protocolo de instalação de [Parcelas Ripárias](#)
- Protocolo para [georreferenciamento](#) das parcelas
- Protocolo para medidas de [Inclinação do terreno](#)
- Protocolo para medidas de [Azimute das parcelas](#)

Quadro 8. Parcelas Terrestres, Ripárias e em Ilhas

 localizadas na **Área de Estudo** do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

Área de Estudo									
Áreas não afetadas							Área Afetada		
Bloco Amostral	Abordagem 1 (Parcelas Terrestres)					Abordagem 2 (Parcelas Ripárias)			Abordagem 3 (ilhas)
	Longe do rio			Próximo ao rio		Longe do rio		Próximo ao rio	
BA1a e1b	1T1p	8T1p	12T2p	2T1p	5T3p	11T1p	2T1pr	4T1pr	11F1p
	1T2p	8T2p	12T3p	2T2p	6T1p	11T2p	10T2pr	4T2pr	21F1p
	1T3p	8T3p		4TA1p	6T2p	11T3p	12T1pr	4T3pr	4TC1p
	2T3p	8T4p		4TA2p	6T3p	11T4p		7T1pr	7I1p
	2T4p	8T5p		4TB1p	6T4p	11T5p		10T1pr	
	2T5p	10T2p		4TD1p	6T5p	12T1p			
	7T2p	10T3p		5T1p	7T1p				
	7T3p	10T4p		5T2p	10T1p				
BA2	14T1p	14T4p	15TB2p	13T1p	15TB1p		14T1pr	15TB1pr	
	14T2p	14T5p	15TC1p	13T2p			14T2pr		
	14T3p	15TA2p		15TA1p					
BA3	18TB1p	20T4p		17T1p	18TA1p		PS3pr	PS1pr	9I 1p
	18TB2p	20T5p		17T2p			PC1pr	20T1pr	PS 2pr
	20T2p	18TA2p		17T3p			18TB1pr	20T3pr	PERD5pr
	20T3p	18TA3p		20T1p			18TB2pr		
BA4	22T2p	23T2p		22T1p	23T5p		23T1pr	22T1pr	
	22T3p	23T3p		22T4p			23T3pr	22T2pr	
	23T1p	23T4p		22T5p			23T4pr	23T2pr	

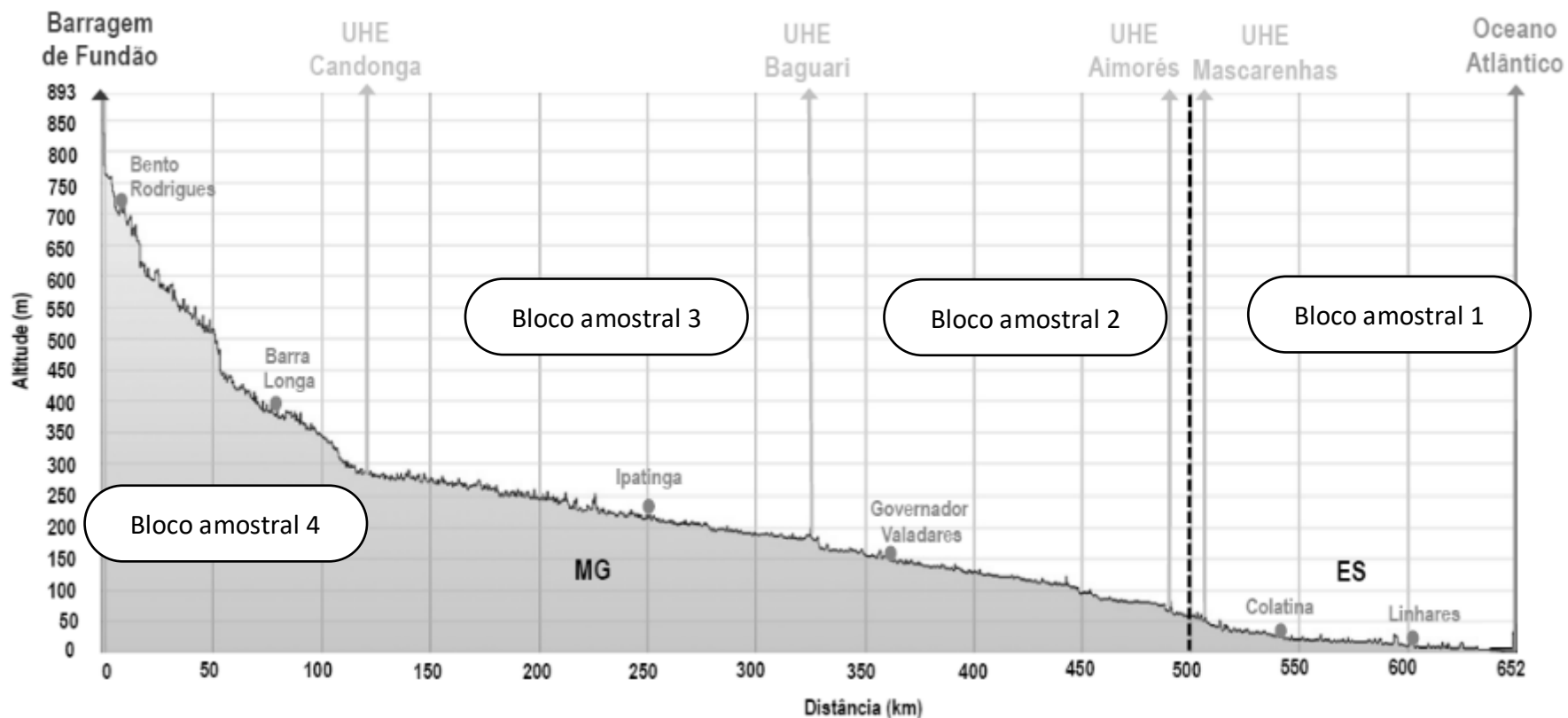
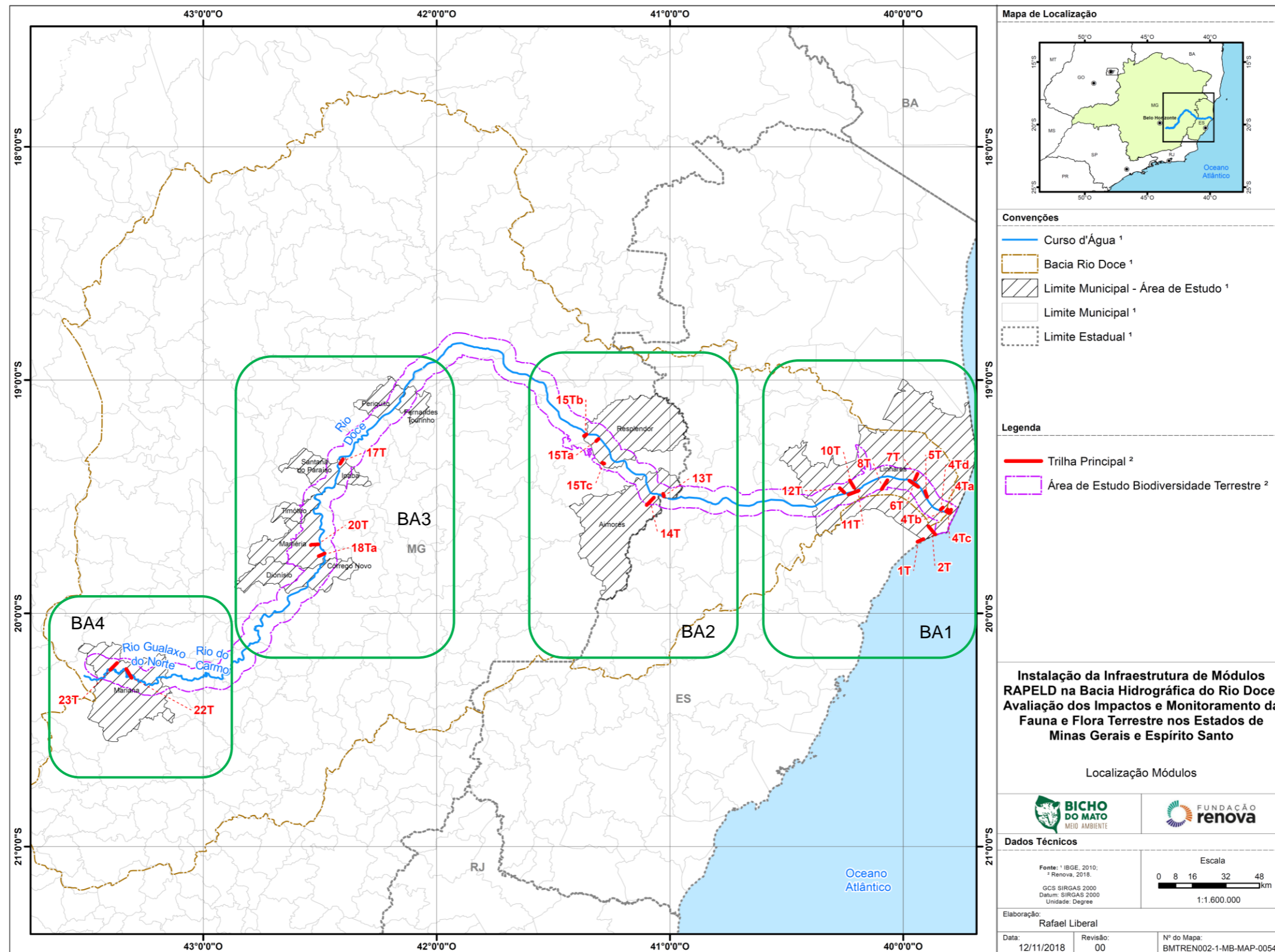


Figura 1. Perfil altimétrico do rio Doce, de sua nascente até a foz, assinalando a localização das principais usinas hidroelétricas (UHE), divisa dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo (linha pontilhada), Blocos Amostrais, da localidade de Bento Rodrigues, MG, até Linhares, ES, considerados no estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Modificado de AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (2016).

Mapa 7. Blocos Amostrais (retângulos verdes) considerados nas análises de dados primários coletados nos módulos RAPELD instaladas ao longo da **Área de Estudo** da Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.



Y:\sig\projetos\Renova\REN002_Monitoramento_Fauna03_projeto\DIG\DIG_1\BMITREN002_DIG_LocMod_BaciaRioDoce_iss03HR0.mxd

6.1.1. Trilhas

Segundo o protocolo RAPELD, as trilhas estabelecidas em campo para serem a espinha dorsal dos módulos devem ser retilíneas e, idealmente possuir 5 km de comprimento (**Foto 2**). No entanto, o tamanho total das trilhas principais variou por causa das características de relevo dos sítios amostrais. Terrenos acidentados dificultaram a instalação da infraestrutura e os módulos foram adaptados segundo a disponibilidade de espaço *in loco*. Usar um sistema modular é uma vantagem para vencer essas dificuldades encontrada em campo, porque a organização e infraestrutura de cada módulo é inteiramente repetida, evitando variação intrínseca à estrutura de amostragem, fator que poderia gerar ruído nos dados coletados.



Foto 2. Profissionais da equipe técnica da **Bicho do Mato Meio Ambiente Ltda.** de manutenção em campo, em uma das trilhas instaladas como infraestrutura RAPELD para o estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

As trilhas são orientadas por um azimute fixo, de seu início até o fim. Durante a abertura da trilha nenhuma planta, árvore ou cipó, com caule maior de 10 cm de diâmetro na altura do peito foi cortada. Por toda sua extensão são instalados piquetes numerados (**Foto 3**), a cada 50 m, assim como a delimitação de uma faixa de 1 m de largura como zona de servidão do módulo, para acesso de todos os profissionais envolvidos.



Foto 3. Piquete numerado com plaqueta de alumínio em uma das parcelas instaladas em campo como infraestrutura RAPELD para o estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

6.1.2. Parcelas Terrestres

As *Parcelas Terrestres* de distribuição uniforme foram instaladas a uma distância sistemática de 1 km entre elas: a primeira a 500 m do início da trilha principal e as demais a cada 1 km. As parcelas possuem 250 m de comprimento, e área funcional de amostragem variável de acordo com o táxon amostrado (**Foto 4**). Variações de relevo e altitude influenciam a composição e distribuição das espécies, por isso as parcelas de amostragem dos módulos RAPELD seguem a curva de nível do terreno, minimizando a variação topográfica, edáfica e a profundidade do *lençol* freático no interior de cada parcela.



Foto 4. *Parcela Terrestre* de amostragem padronizada instaladas em campo como infraestrutura RAPELD para o estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

6.1.3. Parcelas Ripárias

As *Parcelas Ripárias* são instaladas à margem dos recursos hídricos que interceptam ou compõem os módulos definidos para amostragem (**Foto 5**). Essas também possuem 250 m de comprimento e são estabelecidas seguindo a margem do curso d'água. Para monitorar organismos menores e mais sensíveis, uma faixa de amostragem é demarcada a uma faixa sensível com uma distância mínima de 1,5 m da lâmina d'água. Para facilitar o acesso ao longo da parcela e evitar o pisoteio desnecessário, próximo ao curso d'água, estabelecemos um corredor central de deslocamento ao longo de toda parcela, do lado oposto à faixa sensível.



Foto 5. Parcela ripária instalada em campo como infraestrutura RAPELD para o estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

6.1.4. Parcelas em Ilhas

As parcelas instaladas em ilhas da foz do rio Doce seguiram exatamente as mesmas normas de instalação das *Parcelas Ripárias*. Estas também possuem 250 m de comprimento e foram posicionadas nas áreas das ilhas que mostrassem menos evidência de alagamento durante a estação de chuvas, para garantir que o esforço de amostragem seja empregado em todas as condições de sazonalidade climática (**Foto 6**). Outros detalhes podem ser encontrados no **Relatório Técnico de Topografia – RT-18-103**.



Foto 6. Formação arenosa localizada adjacente a parcela instalada em uma das ilhas do rio Doce, como infraestrutura RAPELD para o estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

6.2. Registro padronizado de dados e banco de dados

Todos os registros obtidos em campo foram tomados e anotados em cadernetas de campo padronizadas (**Foto 7**) para cada grupo taxonômico estudado, desenvolvidas pela Equipe Técnica da **Bicho do Mato Meio Ambiente Ltda.** e adaptadas as necessidades e exigências do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Cada registro e caderneta teve seu conteúdo tabulado diretamente para o **BDBicho: Banco de Dados da Bicho do Mato Meio Ambiente®** (2019), desenvolvido em ambiente MYSQL com PHP. Grupos taxonômicos para os quais ainda não desenvolvemos campos específicos no Banco de Dados foram tabulados em planilhas MS Excel 2016. Após a tabulação dos dados brutos provenientes da amostragem de todos os grupos taxonômicos estudados foram transformados para o modelo de banco de dados do [Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira](#), através da padronização de campos e informações Darwin Core (DwC).



Foto 7. Profissional da equipe técnica **Bicho do Mato Meio Ambiente Ltda.** preenchendo caderneta de campo padronizada desenvolvida e adaptada ao estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

6.3. Análise de dados padronizada

A curadoria e preparo básico dos dados foi feita através de planilhas em MS Office Excel 2013 ou 2016, em formato de Banco de Dados, onde cada linha corresponde a um registro ou indivíduo registrado e cada coluna corresponde ao atributo medido ou avaliado. Usando ferramentas de ordenação dos dados ou “Tabela dinâmica”, obtivemos combinações de interesse para cada tipo de análise descrita abaixo, normalmente através de documentos de texto no padrão ASCII (*American Standard Code for Information Interchange*).

Para todos os grupos taxonômicos foram usadas curvas de acúmulo de espécies para descrever as comunidades presentes em cada unidade amostral avaliada ao longo dos Blocos Amostrais do estudo. Salvo em casos específicos, que são sinalizados individualmente, todas as curvas foram feitas no programa EstimateS 9.1 (COLWELL, 2016), ou R usando o pacote *vegan* (R CORE TEAM, 2018), usando o estimador de

riqueza *Jackknife* de 1ª ordem. A partir de uma matriz binária de presença/ausência das espécies pelas unidades amostrais, é possível gerar uma estimativa total da riqueza de espécies para o esforço empregado, além da curva do coletor, que permite a discussão sobre o esforço de coleta e a estrutura da comunidade.

Assumindo que um dos fatores mais relevantes para a resposta dos organismos aos supostos impactos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão é a distância do rio Doce, as análises de dados padronizadas se iniciarem por avaliar a importância desta variável para como preditora da riqueza de espécies registradas em cada uma das parcelas amostrais e módulos.

Para cada grupo taxonômico analisado, eliminamos das análises as espécies com identificação pendente, mas foram consideradas todas assinaladas pelos taxonomistas como morfotipos, pois as últimas representam entidades biológicas distintas das outras amostras obtidas, apenas não foram validadas quanto a seu nome específico. Seguiram-se duas abordagens gerais de análise de dados para todos os grupos taxonômicos: Modelos Lineares Generalizados (GLM), para analisar a resposta da riqueza de espécies em função da distância do rio Doce, e o Escalonamento Multidimensional não-métrico (EMNM, ou em inglês NMDS - *Non-metric Multidimensional Scaling*) para investigar a relação entre a composição e abundância de espécies em função do uso do solo, distância do rio Doce, da barragem de Fundão, de centros urbanos mais próximos e de Unidades de Conservação.

O uso da família de modelos GLM ocorreu porque a natureza dos dados coletados é não linear. Estes modelos utilizam uma função “de correção” dos dados, chamada de *função de ligação*, que transforma as observações de natureza linear e não linear de maneira que o modelo consiga analisar o conjunto de dados de maneira uniforme. Para a maioria dos dados analisados usamos a função de ligação de *Poisson*, adequada para variáveis resposta quantitativas discretas. Para cada grupo taxonômico amostrado, os dados foram analisados em função do Bloco Amostral, da estação climática (*seca* ou *chuvas*), e Abordagem de amostragem (*Parcelas Ripárias* e *Parcelas Terrestres*). Em razão do baixo número de parcelas localizadas em ilhas, essa abordagem não foi analisada estatisticamente e terá seus dados apresentados de forma descritiva em cada relatório de grupo faunístico, nas seções seguintes.

Como resultado da análise tem-se os coeficientes de variação, que mostram se a variação da riqueza de espécies em função à distância do rio Doce se dá de maneira

positiva ou negativa, com seus respectivos níveis de significância. Cada modelo foi verificado para superdispersão dos dados. Para os modelos em que a superdispersão foi alta (maior que 5), aumentando a chance de erro do tipo I (ZAR, 2010), foi utilizado um parâmetro para variância, uma correção no modelo, a *quasipoisson* (ZUUR et al., 2009). Persistindo a superdispersão, optou-se pela função de ligação *negativa binomial*, também adequada para conjuntos de dados com respostas quantitativas discretas, mas que possuam grande número de registros iguais a zero, fator que gera a superdispersão nos dados.

Para a validação de cada modelo foi realizada a comparação com modelo nulo, através da medida de ajuste do modelo (*Goodness of fit*). Quando não há diferença significativa entre o melhor modelo selecionado e do modelo nulo, não é possível afirmar que há variância da riqueza de espécies em função da distância do rio Doce. Para cada modelo gerado obtivemos o valor do *coeficiente de variação* (pseudoR^2)⁴, que indica o quanto do modelo é explicado apenas pelas variáveis explicativas selecionadas – neste caso o quanto a distância do rio sozinha é capaz de explicar a variação da riqueza de espécies.

A segunda abordagem padronizada foi o uso do NMDS, que é um método de ordenação dos dados, que neste caso foi usada para entender a similaridade entre casos de um mesmo banco de dados que variam quanto seus atributos. A rotina do escalonamento traduz diferenças pareadas de distâncias entre observações ou conjunto de observações em um plano cartesiano (MEAD, 1992). Pode-se, portanto, traduzir matrizes complexas em planos bidimensionais ordenados, de mais fácil interpretação, através da redução de dimensões. Para promover essa redução, a rotina vai repetida e gradativamente alterando a distribuição da matriz de distâncias para levar todas as variáveis a uma representação bidimensional que mais se assemelhe ao conjunto de observações. Isto é, uma tentativa de maximizar a capacidade de interpretação dos dados e agrupamentos com significado biológico em uma escala acima das variáveis isoladas com mínima interferência na matriz de distâncias. A rotina calcula através da métrica chamada de *STRESS* (*STandardized REsidual Sum of Squares*) o quanto foi necessário alterar a natureza da matriz original para produzir uma representação bidimensional dos dados. Essa métrica pode variar entre 0 a 1, e quanto menor o valor melhor o ajuste (MEAD, 1992). Normalmente, na literatura atual, o valor de *STRESS* de

⁴ O coeficiente é chamado de pseudoR^2 por não se tratar de uma regressão linear.

0,2 é usado como limite de corte, para qual todos os valores acima deste significam que o modelo de escalonamento não foi bem-sucedido em representar os dados analisados.

As matrizes de distância foram geradas a partir do Coeficiente de similaridade de *Bray-Curtis* (BRAY; CURTIS, 1957) a partir de uma matriz de composição de espécies e abundância de indivíduos por unidade amostral (UA). Parcelas com composições de espécies e registro de abundância de indivíduos com números semelhantes serão posicionadas com índice de similaridade maior que parcelas que possuem composições de espécies completamente distintas. Através da categorização dos dados em Bloco Amostrais e Abordagem o NMDS une a ordenação dos casos (parcelas amostradas), a medida de semelhança entre essas áreas, baseada na composição e abundância, aos atributos ambientais escolhidos (neste caso, as distâncias calculadas), neste caso modelados como se fizessem parte de regressões entre a ordenação gerada e o conjunto de dados de cada atributo. Isto é, o quanto das variáveis ambientais e da composição de espécies explica a ordenação dos dados. Isto foi feito usando a função *envfit*, que permite uma estimativa de quanto cada atributo ambiental afeta a ordenação de dados de composição e abundância das espécies. Estas etapas foram feitas usando o pacote *Vegan: Community Ecology Package* (OKSANEN et al., 2019).

Todas as análises foram realizadas no Programa R (R CORE TEAM, 2018).

7. METAIS PESADOS

As amostras biológicas dos animais capturados durante as duas campanhas de estudo, na estação de seca de 2018 e na estação de chuvas de 2019, foram analisadas quanto a seu conteúdo de metais pesados e elementos-traço por laboratório certificado, utilizando o padrão metodológico estabelecido no termo de referência da Cláusula 165 do TTAC, celebrado no bojo do Processo 69758-61.2015.4.01.3400 (IBAMA, 2016).

As amostras foram processadas e analisadas quanto às concentrações de metais conforme protocolo descrito no **Termo de Referência 4 - Anexo 1 - "Monitoramento ecotoxicológico dos impactos causados pela lama oriunda do rompimento da barragem de Mariana (MG) em regiões dulcícolas, estuarinas e marinhas"** (IBAMA, 2015c). Após análise e parecer da equipe técnica da **Bicho do Mato Meio Ambiente Ltda.** e solicitação de alteração ao **IBAMA** pela **Fundação RENOVA**, foi aprovado através da Nota Técnica nº 17/2018 (IBAMA, 2018) que a determinação das concentrações de As, Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Mn e Zn seriam feitas em triplicata, pelo método de ICP-MS. A análise da concentração de Hg nestas amostras foi feita pelo método de vapor frio. Todos os resultados foram expressos em µg/g de peso úmido ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de peso úmido). Os invertebrados foram analisados através da composição de amostras com vários indivíduos completos de uma mesma espécie para atingir a massa necessária para a análise. Dos vertebrados, Anuros e Squamata tiveram amostras de músculo analisadas, pequenos mamíferos foram estudados a partir de seus fígados, assim como a maior parte das aves. Crocodilianos e Testudines foram preferencialmente analisados por coletas de sangue. Os demais detalhamentos de métodos e procedimentos obrigatoriamente adotados são detalhados no Parecer Técnico nº 01/2017 (IBAMA-COREC, 2017a).

O Parecer Técnico nº 01/2017 previa, ainda, que cada grupo taxonômico, bem como o solo, fossem coletados obedecendo à premissa de diminuição gradual de impacto com o distanciamento do principal vetor de impacto. Previa, portanto, a coleta em áreas afetadas, nas seguintes distâncias a partir da margem do rio: 0, 50, 200, 500, 1000, 1500, 2000, 3000 e 5000 m em sentido perpendicular ao rio Doce, distribuídas nos 4 BA do estudo.

Nos capítulos que sucedem, mostraremos os resultados das leituras das concentrações de cada metal ou elemento-traço para os solos (**Item 8.4.2**) e cada um dos organismos estudados (**Volumes II e III; Volume IV**). Embora para os solos todas as áreas tenham

sido alvo de coleta e análise, para os organismos estudados nem todas as áreas e grupos de estudo puderam ter amostras de material biológico separadas para análise. Nenhum dos grupos atingiu os requisitos previstos no Parecer Técnico nº 01/2017, que estabelece o número de 45 amostras por BA e 180 amostras no total, seja por impedimento de acesso às áreas, como ocorrido nos módulos 22 e 23T, detalhado acima (**Item 5.2**), ou por insuficiência amostral nos locais de amostragem.

Usamos literatura específica para determinar os valores de referência de cada metal pesado, baseando-nos em estudos que realizaram bioensaios com os grupos de organismos abordados neste estudo. Na ausência de valores específicos para determinado grupo, a pesquisa bibliográfica foi feita para organismos próximos taxonomicamente (*i.e.*, do mesmo grupo).

Por vezes, os valores de referência foram os de LD₅₀ (do inglês, *lethal dose*, a dose que é letal para 50% dos indivíduos dos grupos-teste nos bioensaios); por vezes, foram os de doses subletais para os organismos, como o **HC5**, *i.e.*, distribuição da sensibilidade das espécies a um efeito, em particular, considerando que a concentração do metal pesado afeta pelo menos 5% das espécies analisadas (WHEELER et al., 2002). Os resultados foram apresentados em função desses valores de referência e em relação à sua variância dentro das amostras dos diferentes grupos, já que não são passíveis de testes de hipótese específicos.

Embora não seja possível diretas comparações ou testes de hipótese, os resultados das concentrações dos metais pesados presentes nos tecidos dos organismos estudados, se em níveis elevados ou baixos, foram comparados aos resultados de metais que extrapolaram as concentrações referência disponíveis para os solos analisados. Apresentamos, assim, de forma exploratória considerações sobre metais que podem estar menos presentes nos organismos em comparação com os solos adjacentes aos locais onde foram capturados, mostrando que esses metais provavelmente não fazem parte essencial das cadeias tróficas desses organismos. O contrário também é discutido, se as concentrações de um determinado metal estiverem elevadas em algum dos organismos analisados, embora não da mesma forma nos solos adjacentes, uma evidência de que há especificidades nas cadeias tróficas desses organismos, ou em suas fisiologias que promovem o acúmulo deste composto.

8. ESTUDO DO SOLO

O plano de trabalho apresentado pela **Fundação RENOVA** em 2016 para Avaliação dos Impactos decorrentes do rompimento da barragem de Fundão de propriedade da empresa Samarco S.A. e para o Monitoramento da Fauna Terrestre em áreas possivelmente afetadas por esse rompimento ao longo do Rio Doce - tem sido discutido e revisado com base em parecer técnico de avaliação ambiental e metodológica. Neste contexto, o Parecer Técnico nº 1/2017-COREC/CGBIO/DBFLO, enviado à Samarco como anexo ao Ofício nº 37/2017/SUPES-ES-IBAMA, propõe alterações significativas na metodologia de amostragem e a inclusão de um estudo específico de solos levando em conta a caracterização físico-química dos solos distribuídos nos diversos sítios amostrais já estabelecidos nos monitoramentos de fauna e flora das áreas possivelmente afetadas pelo rompimento da barragem do Fundão.

Por princípio, a caracterização físico-química dos solos servirá de base para analisar a fertilidade e os níveis de metais residuais e acumulados nos materiais da superfície do solo ao longo do rio Doce e, posteriormente, estabelecer critérios de análise com os demais monitoramentos de fauna e flora. A metodologia de amostragem RAPELD estabelecida no Parecer Técnico nº 1/2017-COREC/CGBIO/DBFLO estabelece um padrão de amostragem que permite a análise espacial e temporal das áreas investigadas no monitoramento da biodiversidade, uma vez que o delineamento amostral para todos os temas foi executado em uma mesma escala. Portanto, este capítulo apresenta a caracterização química dos solos amostrados no primeiro ano de estudo, cujos resultados irão subsidiar os próximos monitoramentos de modo sistemático.

8.1. Introdução

O solo é um recurso natural básico que suporta toda a cobertura vegetal da terra, incluindo não só culturas como, também, todos tipos de árvores, gramíneas, raízes e herbáceas que podem ser utilizadas pelo homem (BERTONI; NETO, 1990). As características do solo podem determinar os diferentes tipos de vegetação ou de plantas que nele se desenvolvem, sua produtividade e, de maneira indireta, determinar os tipos de animais que podem ser sustentados por essa vegetação (COELHO et al., 2013).

O solo em seu estado natural apresenta variabilidade nos atributos físicos, químicos e biológicos em virtude de seus processos de formação (pedogenéticos) ocorridos em diferentes condições ambientais. Em solos que sofre forte influência antrópica, esses

atributos podem apresentar fontes adicionais de heterogeneidade. A variabilidade espacial dos atributos pode ser influenciada por fatores intrínsecos, tais como fatores de formação (material de origem, relevo, clima, organismos e tempo) e por fatores extrínsecos relacionados, normalmente a práticas de manejo e impactos ambientais associados. Neste sentido, atributos biológicos do solo podem ser bastante reconhecidos nos estudos de áreas degradadas e em recuperação, os quais são sensíveis às alterações do subsolo. Assim como, características físico-químicas diferenciadas podem revelar solos com níveis baixos de nutrientes e potenciais contaminações, quando comparadas ao solo original.

As áreas afetadas pelo rompimento da barragem do Fundão percorrem uma grande variação quanto ao tipo de solo, incluindo unidades de latossolos, cambissolos, argissolos, neossolos e gleissolos. De acordo com dados do Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos da Barragem do Fundão (GOLDER ASSOCIATES, 2017), os solos não afetados na área impactada da Unidade Industrial de Germano já continham elevadas concentrações de vários metais referentes aos valores de prevenção (VP) e valores de investigação para agricultura (VI) estabelecidos na Resolução CONAMA nº 420/2009 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009) incluindo cobalto, cobre, cromo, chumbo, manganês, níquel, titânio, vanádio e zinco. Por outro lado, os resultados da análise do material de rejeito proveniente do rompimento não excederam os padrões de prevenção ou de investigação estabelecidos na Resolução CONAMA nº 420/2009 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009). As substâncias químicas de interesse (SQIs) relacionadas com o rejeito incluíam alumínio, manganês e ferro, pois possuíam concentrações no meio ambiente menores que as concentrações presentes no rejeito. Além disso, pela classificação de Golder Associates (GOLDER ASSOCIATES, 2017), os metais arsênio, cromo, cobalto, cobre, chumbo, titânio, vanádio e zinco foram igualmente classificados como elementos presentes no ambiente, porém, não estão diretamente relacionados com o rejeito decorrente da barragem de Fundão.

Em relação a valores de referência de qualidade (VRQ) para elementos potencialmente tóxicos à saúde humana (isto é, As, Sb, Ba, B, Cd, Pb, Co, Cu, Cr, Hg, Mo, Ag, Se, V e Zn), aplicável a solos no estado de Minas Gerais, o relatório técnico da (FEAM, 2010) estabeleceu resultados semelhantes aos da CONAMA nº 420/2009 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009). Cerca de 500 amostras de solos superficiais (0-20 cm) foram coletadas em todo o estado, incluindo a região do Quadrilátero

Ferrífero, e analisadas de acordo com EPA 3051A (US EPA, 2003). Os VRQs foram calculados estatisticamente (75º percentil, com *outliers*) a partir do conjunto global dos dados de composição química. O mesmo procedimento foi utilizado para a população de solos coletados somente no Quadrilátero Ferrífero. A comparação entre os resultados do Quadrilátero Ferrífero e de Minas Gerais mostra que As, B, Cr, Ni e Zn são mais elevados no Quadrilátero Ferrífero. Isto enfatiza a significância das elevadas concentrações de certos elementos no Quadrilátero Ferrífero que ocorrem naturalmente (geogênicos), concentrações estas que são incrementadas pela atividade minerária.

O estado do Espírito Santo não possui norma vigente aplicável às áreas contaminadas. De acordo com o IEMA, o Estado utiliza a Resolução CONAMA nº 420/2009 como referência (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009). Nesse primeiro ano de monitoramento da biodiversidade, a caracterização da rotina de fertilidade (macro e micronutrientes) e a análise de metais para alguns elementos nos solos, oferecem informações iniciais para observar acumulação desses elementos. Desta forma, pretende-se, nesta primeira fase, caracterizar o ambiente de solos no contínuo ripário e de encostas adjacentes, conforme amostragem do RAPELD, oferecendo dados para análise do monitoramento de fauna e flora. A partir de então, poderão ser investigadas tendências e correlações entre os diversos elementos monitorados ao longo do tempo.

8.2. Objetivos específicos

O objetivo principal deste estudo foi apresentar os dados do primeiro ano do monitoramento da qualidade ambiental dos solos em pontos distribuídos ao longo do rio Doce na área delimitada como **Área de Estudo** dos grupos de Fauna e Flora Terrestres da Avaliação de Impactos Ambientais decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão, conforme metodologia orientadora presente no Parecer Técnico nº 1/2017-COREC/CGBIO/DBFLO, atendendo os seguintes objetivos secundários:

- Avaliar a caracterização da rotina de fertilidade (macro e micronutrientes);
- Identificar e avaliar a acumulação de metais no solo, com a caracterização geoquímica dos materiais da camada superficial do solo desses terrenos, tendo como base de referência os níveis de prevenção estabelecidos pela Resolução do CONAMA no 420/2009 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009), que institui as diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e da água subterrânea, estabelecendo os limites prejudiciais à saúde humana;

- Avaliar se existe correlação entre a distância do rio Doce e a acumulação de metais no solo;
- Subsidiar a avaliação dos impactos do desastre sobre as espécies da fauna e flora, no que tange a influência do impacto do desastre sobre os solos associados.

As análises de solos realizadas, portanto, não têm como objetivo a investigação de possível contaminação proveniente do rompimento da barragem de Fundão. O delineamento amostral visou apenas seguir o protocolo RAPELD, conforme diretriz do Parecer Técnico nº 1/2017-COREC/CGBIO/DBFLO, como substrato para o monitoramento de fauna e flora ao longo do rio Doce, sendo um estudo de marco inicial para que objetivos posteriores, com caráter temporal, possam ser avaliados.

8.3. Material e métodos

O estudo de solos ocorreu em três etapas principais, desde o levantamento de dados secundários na literatura especializada até a coleta direta de material sítios de amostragem RAPELD, instalados como infraestrutura do presente estudo (**Figura 2**).

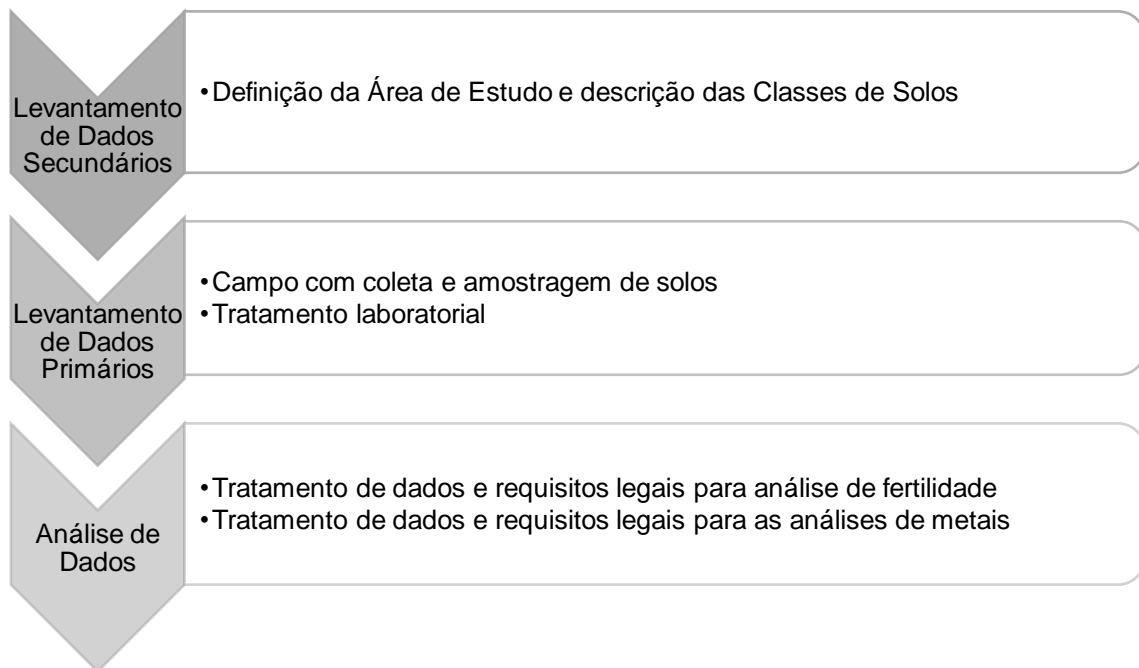


Figura 2. Metodologia do estudo de qualidade do solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.3.1. Dados secundários da Bacia Hidrográfica do rio Doce

Para análise e tratamento dos dados químicos dos solos levantamos informações e dados secundários existentes nas áreas possivelmente afetadas pelo rompimento da barragem de Fundão (GOLDER ASSOCIATES, 2016) e pelo Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos (GOLDER ASSOCIATES, 2017). Avaliamos as principais informações sobre a caracterização de solos da região disponibilizados pelas seguintes instituições: Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo; EMBRAPA; Fundação Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais – FEAM e Instituto Estadual de Meio e Recursos Hídricos do Espírito Santo – IEMA (DE MELLO CUNHA et al., 2016; RAIJ et al., 1997; SMADS, 2010). Sobreposmos os mapas de solo com os mapas territoriais dos municípios de Minas Gerais e do Espírito do Santo dentro do escopo do estudo para identificar as classes de solo ao longo dos trechos amostrados nos quatro Blocos Amostrais. Após a identificação das classes de solo, sobreposmos a localização dos módulos e parcelas para definição das classes por unidade amostral (**Figura 3**).

8.3.1. Dados primários

A coleta e amostragem de solos foi definida de acordo com os sítios amostrais apresentado no Plano de Trabalho elaborado pela Bicho do Mato Meio Ambiente (Bicho do Mato **BMTREN002-1-MB-PLN-0001**). A empresa responsável pela coleta e análise dos solos foi a BIOAGRI Ambiental Ltda. que utilizou os procedimentos de protocolo de coleta fornecidos no Anexo 3 do Parecer Técnico nº 1/2017 (IBAMA-COREC, 2017a).

As amostras de solos foram coletadas nas parcelas instaladas na **Área de Estudo** seguido o protocolo RAPELD. Os furos de coleta foram realizados entre 20 e 50 cm do corredor central da parcela para evitar solos pisoteados, em área sem plantas e sem estar na direção de raízes de árvores, assim como para minimizar e impedir danos ou interferências em outros estudos conduzidos na mesma parcela. Logo após a coleta, a amostra foi seca para interromper as reações químicas mediadas pela água.

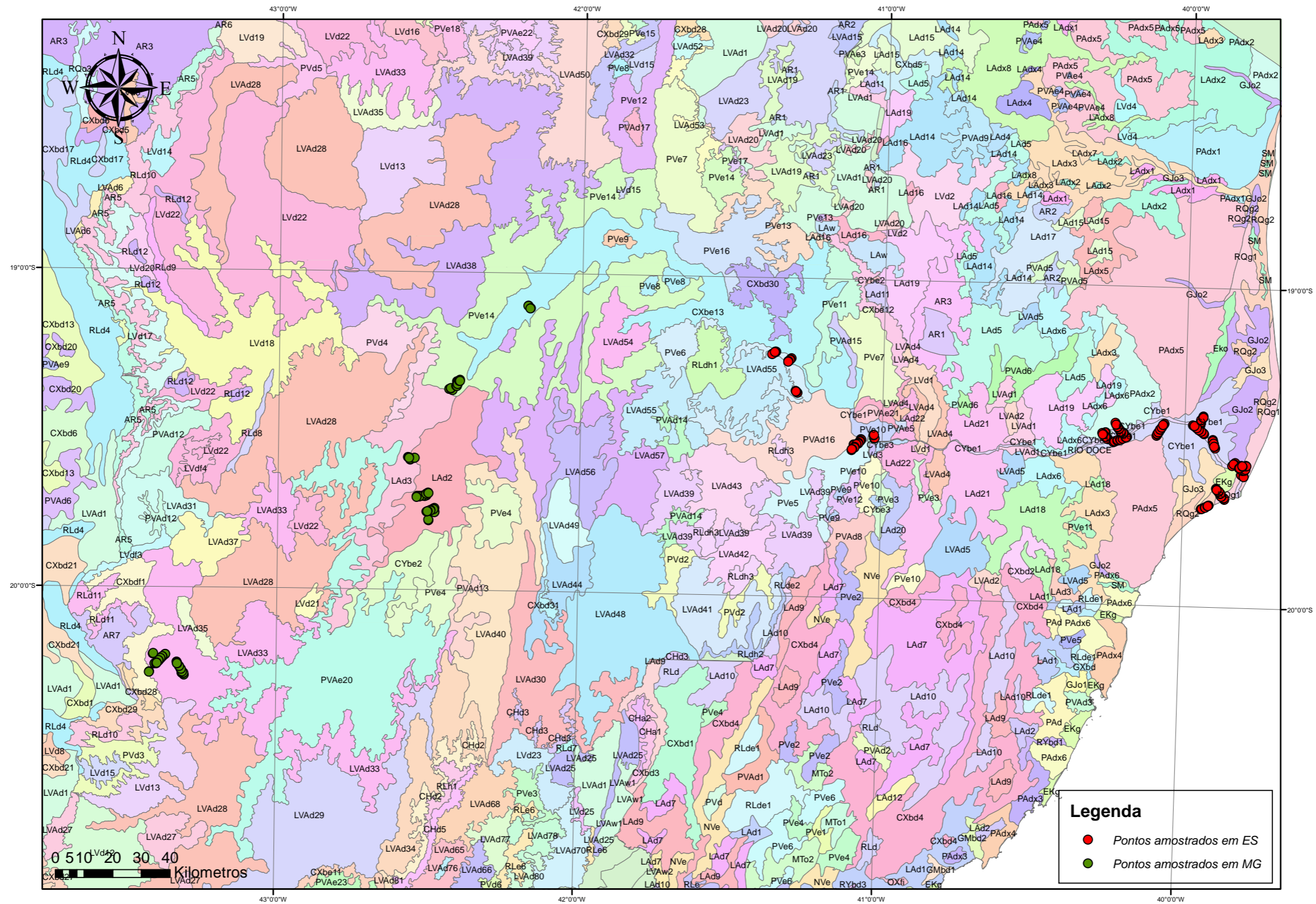


Figura 3. Mapa de pontos amostrados para caracterização da fertilidade sobrepostos no mapa de solos de parte de Minas Gerais e do Espírito Santo para o estudo de Avaliação de Impactos Ambientais e Monitoramento da Fauna e Flora Terrestre nos estados de MG e ES. Fonte: Autores, com dados extras (DE MELLO CUNHA et al., 2016; RAIJ et al., 1997; SMADS, 2010).

Foram consideradas a macro e a microquímica do solo (elementos-traço), incluindo matéria orgânica para a caracterização da fertilidade do solo. A quantificação dos elementos-traço seguiu a resolução CONAMA nº 420/2009 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009). Neste monitoramento inicial não foi possível obter amostras indeformadas de solo, pois as amostras foram coletadas durante a estação chuvosa de 2019. Em cada parcela, foram feitas coletas de solo em seis piquetes (0, 50, 100, 150, 200 e 250 m) e quatro profundidades (0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm), totalizando 24 amostras por parcela para as análises granulométricas e de fertilidade. Para teores totais, foi feita tradagem única na profundidade de 20 cm, coletadas amostras com ferramentas de inox e acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados. Posteriormente, foi produzida uma amostra composta, por parcela, resultante da homogeneização das amostras simples. Não foram realizadas coletas em todas as parcelas RAPELD, por motivos justificados pela **BioAgri Ambiental Ltda.**, a saber:

- 6T1p, 6T2p, 6T4p, 6T5p – Falta de segurança, sem liberação para coleta;
- 4T2pr, 7T1pr, 1IF1p, 2IF1p, 4TC1p – Não autorizado pelo proprietário;
- 22T4p – Não localizado. Houve queda de talude no local;
- 23T5p – Risco de Segurança. Unidade amostral não liberada, difícil acesso;
- 23T2p – Não autorizado pelo proprietário;
- 23T3p – Não autorizado pelo proprietário.

8.3.1.1. Tratamento laboratorial

Em relação ao tratamento laboratorial a BIOAGRI Ambiental Ltda. seguiu os seguintes procedimentos:

- As amostras foram secas ao ar e tamisadas em peneira de inox com malha de 2 mm, armazenadas em potes plásticos e enviadas para análise em laboratório. A cor das amostras foi avaliada pela caderneta de Munsell (MUNSELL SOIL COLOR COMPANY, 2009). Os locais de amostragem foram caracterizados por intervenção antrópica nula ou mínima;
- Todas as análises foram realizadas em triplicatas e em sequências aleatórias dos solos coletados. Para tanto, foi utilizado o método USEPA 3051a (US EPA,

2005), que preconiza a adição de subamostras de 150 mg, em triplicatas, em vasos de Teflon com capacidade de 75 mL com 9 mL de HNO₃ (65%) e 3 mL de HCl (32%) concentrados de pureza analítica e submetidas à irradiação de micro-ondas;

- Nos extratos obtidos das extrações, foram determinados os elementos Si, Al, Fe, Ti, P, Ca, Mg, K, Na, Ba, Mn, As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, V, Pb e Zn por espectroscopia de emissão óptica em plasma indutivamente acoplado (ICPOES). As leituras das amostras seguiram sequência aleatória e separada em repetições. Para avaliação da precisão das análises, durante as sequências de leituras, a cada 10 amostras, a leitura de um padrão foi realizada, evitando ao máximo erros sistemáticos. Para controle de qualidade foram utilizadas as seguintes amostras certificadas: SRM 2710-NIST (*Montana Soil*), SRM 2704-NIST (*Buffalo River Sediment*) e SRM 2700-NIST (*San Joaquim Soil*). Isto foi feito após digestão total em forno de micro-ondas, seguindo os métodos definidos para cada amostra certificada. O Limite de Detecção (LD), ou seja, a menor quantidade de analito que pode ser detectada, mas não quantificada, foi obtido seguindo PAYE et al. (2010).

8.3.2. Análise de dados

Os resultados de fertilidade e metais são discutidos em dois tópicos separados cujas metodologias/tratamentos de dados são apresentadas a seguir. Concluímos o estudo com uma síntese dos principais resultados e recomendações para a continuidade do monitoramento.

8.3.2.1. Tratamento de dados e requisitos legais para análise de fertilidade

Após a identificação, com dados secundários, das classes de solo nas diferentes unidades amostrais (UA) e, de posse dos resultados das análises de fertilidade (dados primários), foi realizada a análise crítica sobre a compatibilidade dos resultados das amostras com as classes de solos identificadas pela sobreposição dos mapas (dados secundários). Para facilitar a análise dos dados, para cada transecto foi determinado os valores médios dos parâmetros analisados. Retiramos do cálculo as amostras oriundas de profundidades diferentes daquelas utilizadas para as amostras coletadas em apenas

uma profundidade do solo. Assim, por meio da média ponderada dos resultados das amostras de 0 a 5, 5 a 10 e 10 a 20 cm de profundidade, obteve-se o valor médio da variável de solo para uma profundidade média de 20 cm.

Para a discussão dos resultados a análise utilizada partiu de uma visão global, para, em seguida, discuti-los dentro de cada Bloco Amostral. Desta forma, foram utilizadas variáveis como textura do solo, teor de matéria orgânica e pH, além da saturação por bases e teores de fósforo disponível e potássio trocável, utilizadas para a avaliação das demais amostras.

Uma classificação inicial sobre a fertilidade dos solos pode ser realizada a partir dos conceitos de solos eutróficos e distróficos. Estes conceitos baseiam-se no valor de saturação por bases (V%), expressa pela equação:

$$V(\%) = 100 \cdot SB/T$$

onde: "SB" = soma de bases trocáveis ($Ca^{2+} + Mg^{2+} + K^+ + Na^+$) em $cmol_e/dm^3$; e, "T" = capacidade de troca de a pH 7,0 que é a soma de bases trocáveis mais a acidez potencial a pH 7,0 ($SB + H + Al$) em $cmol_e/dm^3$.

Valores de V (%) iguais ou superiores a 50%, caracterizam solo eutrófico, ou seja, rico em nutrientes. Ao passo que valores inferiores a 50%, classificam o solo como distrófico, ou seja, pobre em nutrientes. Essa análise qualitativa é nominada como Avaliação 1.

Apesar da classificação geral ser realizada em função do valor de saturação por bases de uma amostra do horizonte diagnóstico (Horizonte B), outras variáveis advindas da caracterização do solo, quando analisadas conjuntamente, podem auxiliar em uma classificação a respeito dos conceitos de fertilidade atual e fertilidade potencial. O conceito de fertilidade potencial passa a classificar o solo em função de possíveis correções e adubações a fim de melhorar sua fertilidade. Alguns solos, possuem características físicas e/ou químicas que, para a manutenção da fertilidade demandam constantes aportes de fertilizantes. Portanto, para estes solos a manutenção sustentável de uma cobertura vegetal ocorre com baixo nível de resistência e de resiliência, tornando-os vulneráveis à impactos ambientais. Obviamente, este conceito é mais amplo e considera outros aspectos além da fertilidade, como relevo, capacidade de retenção de água e uso futuro do solo.

Para a avaliação da fertilidade dos solos amostrados além da saturação por bases (V%), foram utilizadas P disponível, K trocável, teor de matéria orgânica, pH, análise textural (teores totais de Areia, Silte e Argila) e acidez potencial a pH 7,0 (H⁺Al). Isto permitiu uma caracterização mais ampla da fertilidade atual e potencial dos solos das áreas amostradas. Em decorrência das áreas diretamente afetadas pela presença do rejeito, optou-se ainda pela avaliação dos teores de Fe e Mn trocáveis como possíveis nutrientes em excesso, gerando desequilíbrio nutricional.

Os métodos utilizados para a extração do P disponível, K disponível, pH em água, e micronutrientes não foram aqueles adotados pelo Programa de Fertilidade do Estado de MG (PROFERT), as tabelas de níveis (faixas) críticos existente na 5^a Aproximação do Estado de MG (EMBRAPA SOLOS, 2013) não puderam ser utilizadas. Para a interpretação dos resultados, optou-se pela utilização do Boletim Técnico 200 do IAC uma vez que os métodos utilizados foram aqueles preconizados pelo IAC (AGUIAR et al., 2014). A esta segunda análise qualitativa chamamos de Avaliação 2. Para a interpretação dos resultados, adotou-se como solo fértil aquele que apresenta valores para as três variáveis dentro da classe Médio (**Quadro 9**). Já para solos em que apenas uma variável encontra-se abaixo do valor médio, adotou-se uma classificação que indica a correção necessária (**Quadro 10**). Os dados médios de matéria orgânica, acidez potencial e de pH foram utilizados em conjunto com a Avaliação 2 para uma análise mais abrangente da fertilidade dos solos amostrados. Esta avaliação é apresentada ao final deste tópico sobre fertilidade dos solos.

Quadro 9. Classes de interpretação da Saturação por Bases e dos teores de P e K no solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

Classes de Teores	Saturação por Bases (%)	Fósforo (P) mg dm ⁻³	Potássio (K) mmolc dm ⁻³
Muito Baixo	0-25	0-6	0,0-0,7
Baixo	26-50	7-15	0,8-1,5
Médio	51-70	16-40	1,6-3,0
Alto	71-90	41-80	3,1-6,0
Muito Alto	> 90	> 80	> 6,0

Fonte: RAIJ et al. (1997).

Quadro 10. Classificação da fertilidade do solo conforme a Avaliação 2 do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

Classificação	Identificação	Saturação por Bases (%)	Fósforo (P) mg dm ⁻³	Potássio (K) mmol _c dm ⁻³
Fértil	F	≥ 50%	≥ 16	≥ 1,6
Não Fértil	NF	< 50%	< 16	< 1,6
Não Fértil (V)	NFV	< 50%	≥ 16	≥ 1,6
Não Fértil (P)	NFP	< 50%	< 16	≥ 1,6
Não Fértil (K)	NFK	< 50%	≥ 16	< 1,6
Fértil (PK)	FPK	≥ 50%	< 16	< 1,6
Fértil (P)	FP	≥ 50%	< 16	≥ 1,6
Fértil (K)	FK	≥ 50%	≥ 16	< 1,6

8.3.2.2. Tratamento de dados e requisitos legais para as análises de metais pesados

Para o tratamento de dados utilizou-se uma análise estatística descritiva que engloba média, erro padrão, desvio padrão, mínimo, máximo, primeiro, segundo e terceiro quartis para cada parâmetro, Bloco Amostral e parcela. *Outliers*, valores máximos ou mínimos que extrapolaram os limites gráficos, foram identificados caso a caso. Construímos diagramas de extremos e quartis (*boxplots*) no software R Studio (R CORE TEAM, 2018), como ferramenta para a interpretação quantitativa e qualitativa dos dados. Desta forma, foi possível identificar maior ou menor presença de contaminante ao longo da **Área de Estudo** e analisar a relação entre os níveis dos metais nas amostras e a distância do rio Doce. Para cada *boxplot* de cada parcela, os quartis representam, respectivamente, 25, 50 e 75% dos valores obtidos. O limite superior do segundo quartil equivale a mediana da amostra.

Sabendo que nem todos os parâmetros possuem limites de prevenção, utilizou-se a mediana global para todos os parâmetros, para analisar quais parcelas ultrapassaram ou não este limite. Após a análise descritiva, realizou-se o Teste de Kruskal-Wallis com as *Parcelas Terrestres* (BA1PT, BA2PT, BA3PT, BA4PT) e as *Parcelas Ripárias* (BA1RI, BA2RI, BA3RI, BA4RI) com $\alpha = 0,05$. Usamos o Teste de Nemenyi, *a posteriori*, para analisar as parcelas entre si e identificar quais possuem diferença significativa par a par (HOLLANDER; WOLFE; CHICKEN, 2014).

Para cada diagrama de dispersão, calculamos o coeficiente de determinação (R^2), que é uma medida de ajustamento de um modelo estatístico linear (MONTGOMERY; PECK; VINING, 2012). Está métrica varia entre 0 e 1 e indica, *grosso modo*, o quanto da

variabilidade da variável dependente é explicada pela variável independente. Isto é, quanto maior o R^2 mais explicativo é o modelo. Também se verificou a correlação entre os resultados das concentrações de metais e a distância do ponto de coleta para o rio Doce, utilizando a correlação de Spearman. Esta correlação é uma medida limitada entre -1 e 1, que fornece o sinal de correlação e uma medida que pode ser entendida como percentual de variação conjunta dos dados (HOLLANDER; WOLFE; CHICKEN, 2014). Para aplicar o teste de correlação, realizamos *a priori* o Teste de Shapiro-Wilk para testar a normalidade dos dados. Como a maioria dos dados das amostras obtidas não seguiu uma distribuição normal, adotamos as medidas de correlação para todo o conjunto de amostras. Entretanto, para a realização do Modelo de Regressão Linear (*lm*) nos gráficos de dispersão, assumiu-se normalidade considerando devido a análise do histograma da variável de acordo com o Teorema do Limite Central, que assume que quanto maior a amostra mais ela se aproxima de uma normal. Sabendo que a amostra é consideravelmente grande para o estudo em questão, utilizou-se esse pressuposto para a utilização do modelo *lm*.

8.4. Resultados

Investigamos as características do solo na **Área de Estudo**, considerando as diferentes classificações dos solos referentes às UA (**Figura 3**). Para a determinação da fertilidade foram identificadas as seguintes unidades na **Área de Estudo**:

Latossolos

Os Latossolos são aqueles que apresentam em seu horizonte B aumento de teor de argila do horizonte A para o B (SANTOS et al., 2018). São solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B precedido de qualquer tipo de horizonte A dentro de 200 cm a partir da superfície do solo ou dentro de 300 cm se o horizonte A apresentar mais que 150 cm de espessura (SANTOS et al., 2018). Na **Área de Estudo** foram identificadas as seguintes unidades:

- Unidades Amostradas em Minas Gerais:

LAd2 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, A moderado, muito profundo, textura argilosa e muito argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado e forte ondulado (50%) + CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Distrófico típico, A fraco, profundo, textura média, fase floresta tropical subperenifólia, relevo plano

(35%) + GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, A moderado, raso, textura siltosa e argilosa, fase campo brejoso, relevo plano (15%).

LAd3 - LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, A moderado, muito profundo, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado e forte ondulado (60%) + CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Distrófico típico, A moderado, profundo, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo plano (30%) + NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico típico, A fraco, pouco profundo, textura média, fase floresta tropical subperenifólia, relevo plano (10%).

LVAd33 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo forte ondulado (50%) + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo forte ondulado (30%) + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado (20%).

Cambissolos

Cambissolos são solos constituídos por material mineral com horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial (exceto hístico com 40 cm ou mais de espessura) ou horizonte A chernozêmico quando o B, incipiente, apresentar argila de alta atividade e alta saturação por bases. Plintita e/ou petroplintita, horizonte glei ou horizonte vértico, se presentes, não satisfazem os requisitos para Plintossolos, Gleissolos ou Vertissolos, respectivamente (EMBRAPA-SOLOS, 2019). Na **Área de Estudo** foram identificadas as seguintes unidades:

- Unidades Amostradas em Minas Gerais:

CXbe13 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado (50%) + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, A moderado, textura média/ argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado (30%) + CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado (20%).

CXbd28 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo forte ondulado/montanhoso (60%)+

NEOSSOLO LITÓLICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura média, fase campo rupestre, relevo montanhoso/escarpado (20%) + LATOSSOLO VERMELHO- AMARELO Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado/forte ondulado (10%) + AFLORAMENTO DE ROCHA (10%).

- Unidades Amostradas em Espírito Santo:

CYbe1 - CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico típico A moderado, argiloso e muito argiloso, floração perene de várzea plana + NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico típico A moderado, arenosa, floração perene de várzea plana.

Argissolos

Argissolos são solos constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou com argila de atividade alta desde que conjugada com saturação por bases baixa ou com caráter alumínico na maior parte do horizonte B, e satisfazendo ainda aos seguintes requisitos: a. Horizonte plíntico, se presente, não satisfaz aos critérios para Plintossolos; b. Horizonte glei, se presente, não satisfaz aos critérios para Gleissolos (SANTOS et al., 2018). Na **Área de Estudo** foram identificadas as seguintes unidades:

- Unidades Amostradas em Espírito Santo:

PAdx2 - ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso abrupto fragipânico (e não abrupto) e A moderado, textura média e areno-argilosa floresta subperenifólia, relevo plano e suavemente ondulado.

PVe5 - ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado e forte ondulado (40%) + ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado e forte ondulado (40%) + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado, muito profundo, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo forte ondulado (20%).

PVe10 - ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado (60%) + CAMBISSOLO

FLÚVICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo plano (40%).

- Unidades Amostradas em Minas Gerais:

PVe14 - ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa/muito argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado/forte ondulado (50%) + LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado (30%) + CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo forte ondulado/montanhoso (20%).

Neossolos

Neossolos são considerados como pouco desenvolvidos, sem horizonte B diagnóstico definido. O critério para sua identificação é a insuficiência de expressão de atributos diagnósticos que caracterizam os diversos processos de formação, com individualização de horizonte diagnóstico superficial seguido de C ou R. Predomínio de características herdadas do material originário (SANTOS et al., 2018).

No caso dos Neossolos amostrados no Espírito Santo, a classificação frente o segundo nível (Subordens), foram encontrados Neossolos Quartzarênicos (RQ). Estes possuem textura arenosa, com 95% ou mais de quartzo nas frações areia e areia fina. Estas feições certamente os colocam como solos com baixo potencial produtivo à longo prazo, pois apresentam baixa capacidade de adsorção de cátions. Solos com esta características demandam constantes adubações para a manutenção de boas produtividades. Na **Área de Estudo** foram identificadas as seguintes unidades:

- Unidades Amostradas em Espírito Santo:

RQg1 - RQ órtico A fraco e A moderado, textura arenosa, floresta subperenifólia de restinga e campo de restinga com relevo plano. A classificação em 3º nível (Grande Grupo) Órtico refere-se a solos que não puderam ser distinguidos nas classes precedentes.

RQg2 - RQ hidromórfico A fraco e A moderado, de textura arenosa floresta subperenifólia de restinga e campo de restinga com relevo plano + EK Órtico espessoarênico A moderado e A proeminente, floresta subperenifólia de restinga e campo de restinga com relevo plano. A classificação em 3º nível (Grande Grupo) Hidromórfico refere-se a solos que apresentam *lençol* freático elevado na maior parte do ano e na maioria dos anos.

Gleissolos

A classe de Gleissolos agrupa solos com expressiva gleização. O critério para sua identificação é a preponderância e profundidade de manifestação de atributos evidenciam gleização, conjugada à identificação de horizonte glei (SANTOS et al., 2018). A gleização é um processo que resulta da redução e remoção de óxidos de ferro por ação microbiana em ambiente anaeróbico.

Os Gleissolos Melânicos (GMb) observados são caracterizados pela presença de horizontes hísticos, húmico, proeminente ou chernozêmico, além do caráter distrófico, ou seja, saturação por bases (V%) inferior à 50%. Na **Área de Estudo** foram identificadas as seguintes unidades:

- Unidades Amostradas em Espírito Santo:

GMbd1 - GM Tb Distrófico típico arg. campo de várzea pl. + OX Fíbrico típico org. campo de várzea pl.

GMbd2 - Associação complexa de: GM Tb Distrófico típico arg. campo de várzea pl. + RY Tb Distrófico típico A mod. arg. campo de várzea pl. + GJ Órtico Sáfico solódico A mod. m. arg. campo halófilo pl.

8.4.1. Análise de fertilidade

Para a análise da fertilidade dos solos amostrados, optou-se por trabalhar com valores médios obtidos entre os seis pontos amostrados em cada parcela (UA). Em relação as profundidades amostradas (0-5 cm; 5-10 cm; 10-20 cm e 20-30 cm), optou-se pelo cálculo da média ponderada entre as três primeiras profundidades, atribuindo-se peso

1 (um) para as duas primeiras e peso 2 (dois) para a terceira e descartando-se a quarta profundidade. Desta maneira, evitou-se a descrição repetitiva de dados sem a perda de confiabilidade de informações. A caracterização da fertilidade dos solos amostrados será apresentada em sequências comparativas sendo:

- i. no Bloco Amostral;
- ii. entre amostras em *Parcelas Terrestres* e *Parcelas Ripárias*; e,
- iii. uma análise individual sobre as amostras oriundas da *Ilha 9I*.

8.4.1.1. Análise dos Blocos Amostrais

8.4.1.1.1. Bloco Amostral 1

O BA1 os terrenos estão em altitude que não ultrapassa 100 m e o relevo é plano a levemente ondulado (**Quadro 11**). Cerca de 75% das parcelas amostradas no BA1 foram caracterizadas como distróficas na Avaliação 1 (saturação por bases inferior a 50%).

Quadro 11. Principais classes de solo identificadas no BA1 do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

Módulo	Classificação do solo
4T 6T 7T 8T	CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico típico A moderado argiloso, floresta perenifólia de várzea NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico A moderado arenoso, floresta perenifólia de várzea, plana.
10T	ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso abruptico fragipânico (e não abruptico) e A moderado e arenoso/argiloso, floresta subperenifólia, plano a suavemente ondulado. PODZÓLICO AMARELO ÁLICO E DISTRÓFICO Tb não abrupto e abrupto e A moderado, textura média e arenosa /argilosa, floresta subperenifólia, plano a suavemente ondulado.
11T	CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico típico A moderado argiloso. Floresta perenifólia de várzea plana NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico A moderado arenoso Floresta perenifólia de várzea plana.
12T	ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso abruptico fragipânico (e não abruptico) e A moderado e arenoso/argiloso, floresta subperenifólia, plano e suavemente ondulado. PODZÓLICO AMARELO ÁLICO E DISTRÓFICO Tb não abrupto e abrupto e A moderado, textura média e arenosa/argilosa floresta subperenifólia, plano e suavemente ondulado.

Pela Avaliação 2, das 42 parcelas, 20 (48%) apresentaram saturação por bases média (V) inferior a 50% e baixa disponibilidade de P e K; 11 apresentaram V médio superior a 50%, média ou boa disponibilidade de K, porém carência em P; 8 apresentaram V médio superior a 50%, porém carência em P e K e; 3 apresentaram V médio inferior a 50%, baixa disponibilidade de P e boa disponibilidade de K (**Quadro 12**). Independentemente da avaliação, o predomínio foi de solos de baixa fertilidade, com textura arenosa. As amostras com caráter eutrófico apresentam teores maior de argila, colaborando com maiores teores de matéria orgânica, notadamente os Cambissolos Flúvicos das *Parcelas Ripárias*.

Quadro 12. Número de parcelas amostrais observadas nas diferentes classes de fertilidade de acordo com as duas avaliações de interpretação do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

Bloco Amostral	Avaliação 1			Avaliação 2						
	Eutr.	Distr.	F*	NF	NFV	NFP	NFK	FPK	FP	FK
BA1a e 1b	18	24		20		3		8	11	
BA2	11	4	1	2		2		2	8	
BA3	6	19		14		5		3	3	
BA4	3	9		9				3		

8.4.1.1.2. Bloco Amostral 2

Nesta região, de altitude está entre 100 a 200 m, o relevo varia de suave ondulado para ondulado a forte ondulado (**Quadro 13**). Dentre os 15 módulos amostrados, ca. 73% (11) são considerados eutróficos pela Avaliação 1. Este foi o BA com o maior percentual de solos eutróficos, principalmente pela presença de Argissolos e Cambissolos eutróficos. Pela Avaliação 2, 8 parcelas apresentaram V médio superior a 50% e média a boa disponibilidade de K, porém baixa disponibilidade de P. A parcela 14T1pr apresentou alta fertilidade, com teores médios a altos de P e K disponíveis, além de V médio superior a 50%, sendo a única parcela com estas características dentre todas as amostradas. Apenas duas parcelas foram enquadradas como NF, por apresentarem valores médios de V inferiores à 50% e baixa disponibilidade de P e K (**Quadro 12**).

Quadro 13. Principais classes de solo identificadas no BA2 do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

Módulo	Classificação do Solo
13 T	ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado (60%) CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo plano (40%)
14 T	ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado e forte ondulado (40%) ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado e forte ondulado (40%) LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado, muito profundo, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo forte ondulado (20%)
15 TC	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado, muito profundo, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo montanhoso (40%) CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, A moderado, textura argilo arenosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo montanhoso (25%) ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado/forte ondulado (15%) NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico típico, A moderado, textura argilo arenosa, fase floresta tropical caducifólia, relevo montanhoso/escarpado (15%)
15 TA 15 TB	ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo forte ondulado (80%) LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado, muito profundo, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo forte ondulado (20%)

8.4.1.1.3. Bloco Amostral 3

O BA3 abrange terrenos com relevo ondulado a fortemente ondulado, entremeados por vales encaixados onde se podem encontrar áreas planas referentes ao leito maior de cursos d'água e onde podem ser encontrados os Cambissolos e Neossolos Flúvicos (**Quadro 14**). Das 25 parcelas amostradas, 19 foram caracterizadas como solos distróficos e seis eutróficos pela Avaliação 1. Enquanto pela Avaliação 2, 14 parcelas foram classificadas como NF, ou sejam, os solos apresentam valor V inferior à 50% e baixos teores disponíveis de P e K; cinco parcelas apresentaram V inferior à 50% e baixo teor de P disponível, porém teores médios ou bons de K trocável. Entre as seis parcelas enquadradas como eutróficas ($V \geq 50\%$) pela Avaliação 1, na Avaliação 2 elas referem-se a três parcelas com baixa disponibilidade de P e K e três com baixa disponibilidade de P e média ou boa disponibilidade de K (**Quadro 12**).

8.4.1.1.4. Bloco Amostral 4

O BA4 refere-se ao trecho com relevo ondulado a fortemente ondulado, com altitudes entre 300 a 850 m. Nesta região, ca. 80% dos solos são classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico e Cambissolo Háplico distrófico e apenas 20% como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico (**Quadro 14**).

Quadro 14. Principais classes de solo identificadas no BA3 do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

Módulo	Classificação do Solo
17T PS2pr	ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa/muito argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado/forte ondulado (50%); LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado (30%); CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo forte ondulado/montanhoso (20%).
18TB 18TB1pr	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, A moderado, muito profundo, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado e forte ondulado (60%); CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Distrófico típico, A moderado, profundo, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo plano (30%); NEOSSOLO FLÚVICO Tb Distrófico típico, A fraco, pouco profundo, textura média, fase floresta tropical subperenifólia, relevo plano (10%).
18TA 20T Perd1pr Perd5pr 18TB2pr	LATOSSOLO AMARELO Distrófico típico, A moderado, muito profundo, textura argilosa e muito argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado e forte ondulado (50%); CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Distrófico típico, A fraco, profundo, textura média, fase floresta tropical subperenifólia, relevo plano (35%); GLEISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, A moderado, raso, textura siltosa e argilosa, fase campo brejoso, relevo plano (15%).
9I1p	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura muito argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado (50%); ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico típico, A moderado, textura média/argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado (30%); CAMBISSOLO FLÚVICO Tb Eutrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo suave ondulado (20%).
PC1pr	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo forte ondulado (30%); CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo forte ondulado (30%); LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo forte ondulado (20%); ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo forte ondulado (20%).

Das 12 parcelas amostradas, 9 foram distróficas e 3 eutróficas ($V \geq 50\%$). Estas três parcelas igualmente foram classificadas pela Avaliação 2 como FPK, ou seja, com saturação por bases maior ou igual à 50%, porém com baixos teores de P e K disponíveis. As demais parcelas foram classificadas como NF ($V < 50\%$; **Quadro 15**). O BA2 possui os solos de melhor fertilidade e o BA4 os de menor fertilidade. Os Blocos Amostrais 1 e 3 situam-se em uma posição intermediária em termos de fertilidade, com maior presença de solos férteis no primeiro em relação ao segundo.

Quadro 15. Principais classes de solo identificadas no BA4 do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

Módulo	Classificação do Solo
22 T	LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo forte ondulado (50%);
22 T p	
22 T Pr	CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo forte ondulado (30%);
23 T	
23 T p	ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico típico, A moderado, textura argilosa, fase floresta tropical subperenifólia, relevo ondulado (20%).
23 T Pr	

8.4.1.2. A fertilidade da Ilha 9I

As médias das amostras retiradas na Ilha 9I mostraram solos com textura predominantemente arenosa, fértil, com alto valor de saturação por bases e o teor médio de K (**Quadro 16**). Apesar do teor de P enquadrar-se como baixo, o valor é superior ao observado para a grande maioria dos solos amostrados. Qualquer iniciativa de plantio nessa área demandaria o uso de fertilizantes fosfatados. Por outro lado, em função do teor de Ca^{2+} trocável e pH, não existe demanda para a aplicação de calcário, apenas o teor de Mg^{2+} que se encontra baixo.

Quadro 16. Variáveis químicas e físicas médias do solo observados para as amostras da Ilha 9I do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

V	P	K	Areia	Silte	Argila	MO	pH	(H+ Al)	Al	t	T	Ca ²⁺	Mg ²⁺
%	mg dm ³			g kg ⁻¹		%					cmol _c dm ⁻³		
72,7	12	84,8	67	30	3	1,1	6,4	1,2	0	3,5	4,7	2,56	0,67

8.4.2. Análises de metais pesados e elementos-traço

O estudo dos elementos-traço e metais pesados caracteriza separadamente cada metal, em relação às concentrações verificadas na **Área de Estudo**, para então apresentar os testes de correlação destas em relação à distância do rio Doce.

8.4.2.1. Caracterização dos metais na **Área de Estudo**

Usamos os diagramas de *boxplot* para expressar visualmente os dados e sua variação para cada Bloco Amostral / parâmetro para as *Parcelas Terrestres* (B1PT, B2PT, B3PT e B4PT), *Ripárias* (B1RI, B2RI, B3RI e B4RI) e na *Ilha 9I* (**APÊNDICE 8**).

8.4.2.1.1. Alumínio

O valor máximo de alumínio foi registrado nas *Parcelas Terrestres* do BA1 (136.000 mg*kg⁻¹), e o menor também dentro da mesma subdivisão amostral (567 mg*kg⁻¹). O alumínio não possui limite de prevenção de acordo com a CONAMA nº 420/2009 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009). Portanto, o valor de referência estabelecido para comparações entre parcelas corresponde à mediana global (45.000 mg*kg⁻¹; linha horizontal no **Gráfico 1**). Na maioria dos casos, com exceção de BA2PT, mais de 50% dos dados em *Parcelas Terrestres* foram maiores que mediana global. No caso das *Parcelas Ripárias* e a *Ilha 9I*, 50% ou mais dos dados apresentam quantidade de alumínio menores que a mediana.

Houve diferença para as *Parcelas Terrestres* e *Ripárias* (Kruskal-Wallis, $p < 0,001$) entre Blocos Amostrais. *A posteriori*, verificamos diferenças (Teste de Nemenyi) entre as *Parcelas Terrestres* do BA4 e BA1 ($p < 0,001$), BA2 ($p < 0,001$) e BA3 (0,019). Para as *Parcelas Ripárias*, houve diferença significativa entre o BA3 e BA4 ($p < 0,001$).

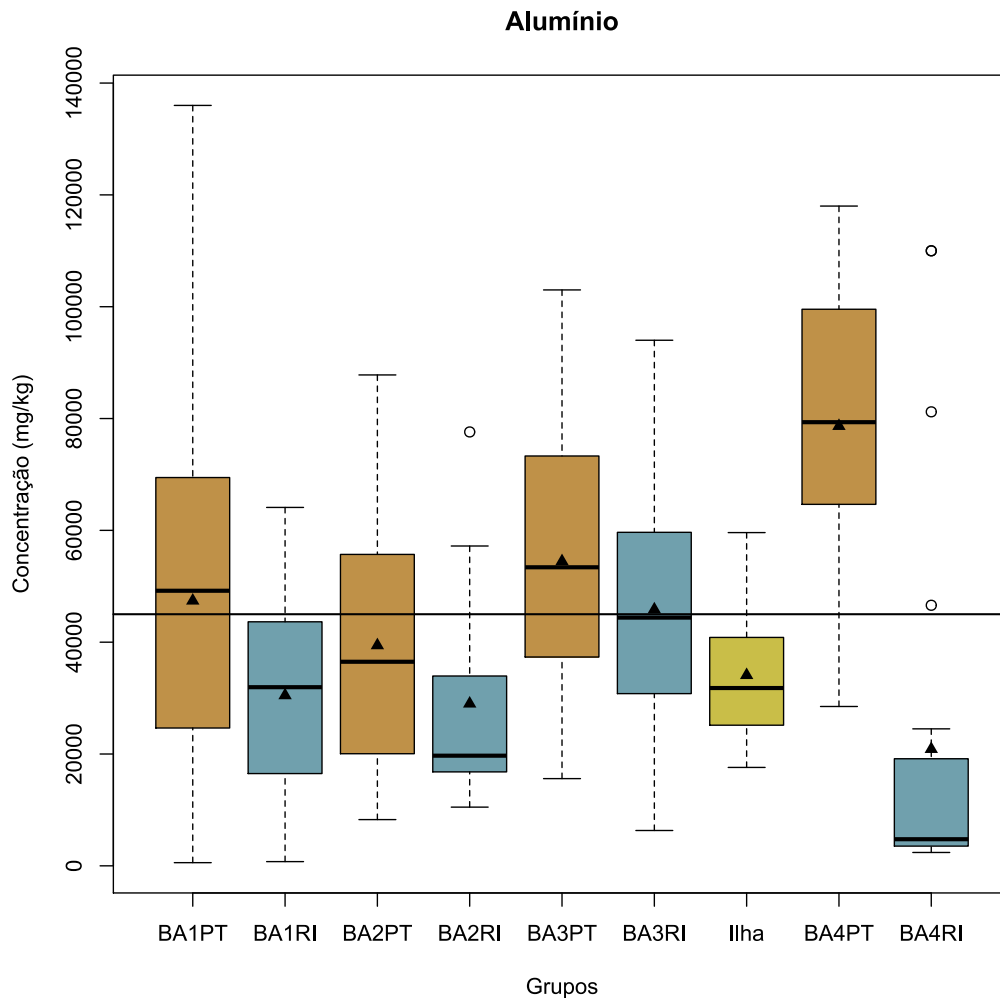


Gráfico 1. Diagrama *boxplot* com os teores de alumínio identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta horizontal representa a mediana global ($45.000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

Tanto para BA1PT ($R^2 = 26\%$) quanto para BA1RI ($R^2 = 19\%$) houve relação negativa entre as concentrações de alumínio e a distância do rio Doce; portanto observamos concentrações mais altas quanto mais perto do leito fluvial (**Figura 4**). Apesar disso, o ajuste do modelo foi baixo. Para BA2, BA3 e BA4 e o valores de R^2 estão próximos a 0%, isto é, ajuste linear nulo.

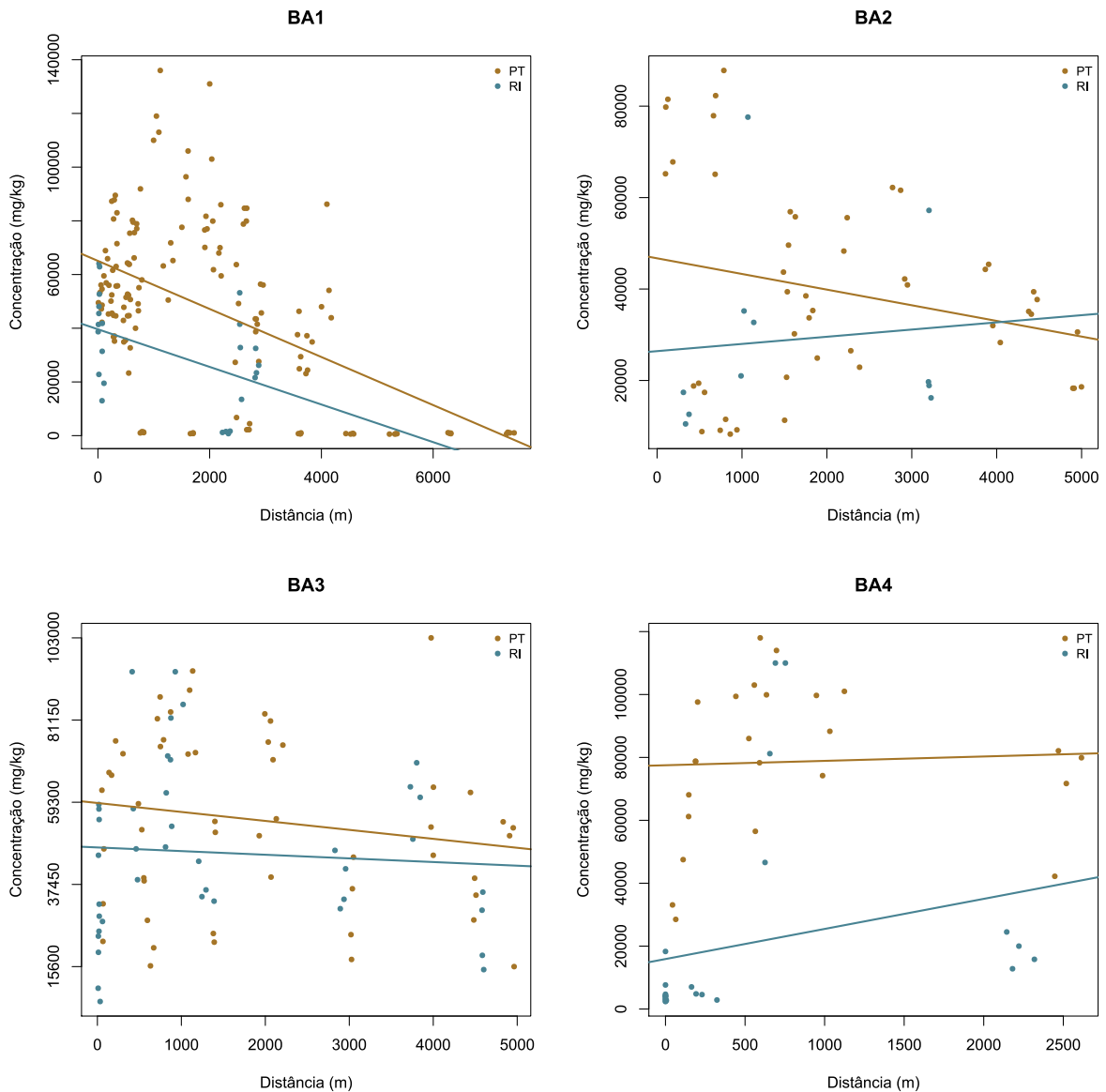


Figura 4. Concentração de alumínio por BA e por Abordagem (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.1.2. Arsênio

O valor máximo de arsênio foi registrado em BA4RI, correspondendo a $208 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (*outlier*) e o menor valor foi observado em BA2RI ($2,93 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). O arsênio possui limite de prevenção de $15 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (**Gráfico 2**) (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009), e alguns grupos de parcelas possuíram amostras com valores acima

deste limite: BA1PT (13% de amostras), BA3PT (4%), BA3RI (23%); a Ilha 9I (25%) e a BA4RI (13%).

Houve diferença de *Parcelas Terrestres* e *Ripárias* (Kruskal-Wallis; $p < 0,001$) entre Blocos Amostrais. *A posteriori*, verificamos diferenças (Teste de Nemenyi) entre as *Parcelas Terrestres* de BA1 e BA2 ($p < 0,001$) e BA4 ($p = 0,007$), assim como entre BA2 e BA3 ($p = 0,012$), e a maior diferença entre o BA3 e BA4 ($p = 0,426$). Para as *Parcelas Ripárias*, houve diferença entre BA3 e BA1 ($p = 0,009$) e BA2 ($p < 0,001$), assim como entre BA2 e BA4 ($p = 0,002$).

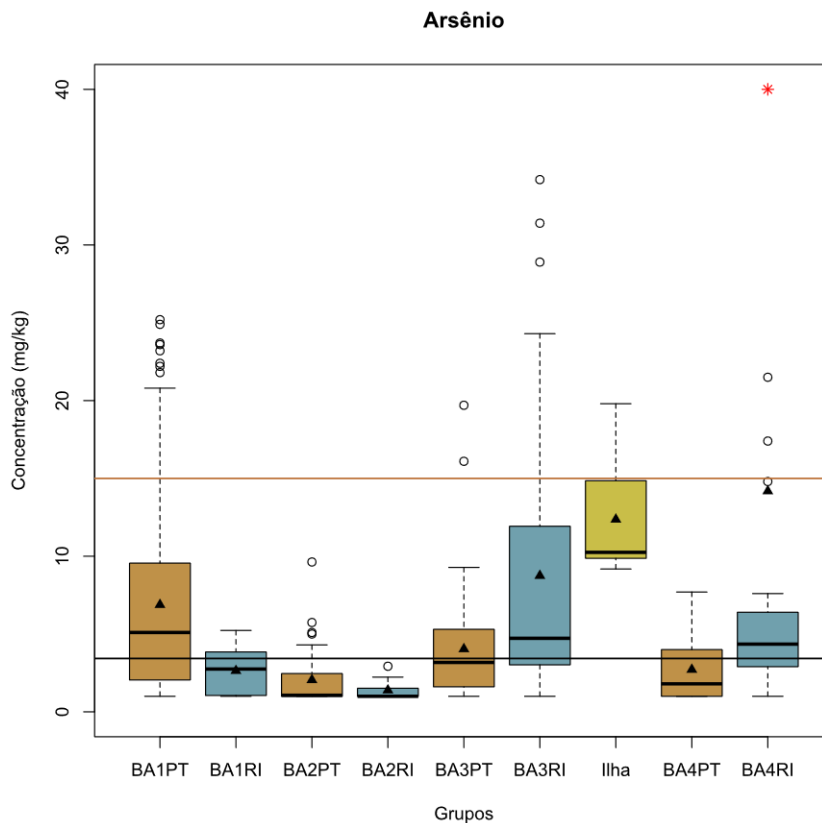


Gráfico 2. Diagrama *boxplot* com os teores de arsênio identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global ($3,43 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$); linha laranja sinaliza o limite de prevenção determinado pelo CONAMA nº 4202009. BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

BA1PT ($R^2 = 35\%$) e o BA1RI ($R^2 = 24\%$) mostraram relação negativa entre concentração de Arsênio e a distância do rio Doce (**Figura 5**). Os teores deste metal foram mais altos quanto mais perto do leito fluvial. Apesar disso, o ajuste do modelo é baixo e o grau de associação entre as duas variáveis também é reduzido. Para o BA2, a relação também foi negativa, tanto para BA2PT ($R^2 = 7\%$) como para BA2RI ($R^2 = 4\%$). A relação também foi negativa e também baixa para o BA3: *Parcelas Terrestres* (BA3PT; $R^2 = 14\%$) e *Parcelas Ripárias* (BA3RI; $R^2 = 23\%$). No BA4 a relação foi positiva para as *Parcelas Ripárias* (BA4RI; $R^2 = 14\%$) e nula para as *Parcelas Terrestres* (BA4PT; $R^2 = 0\%$).

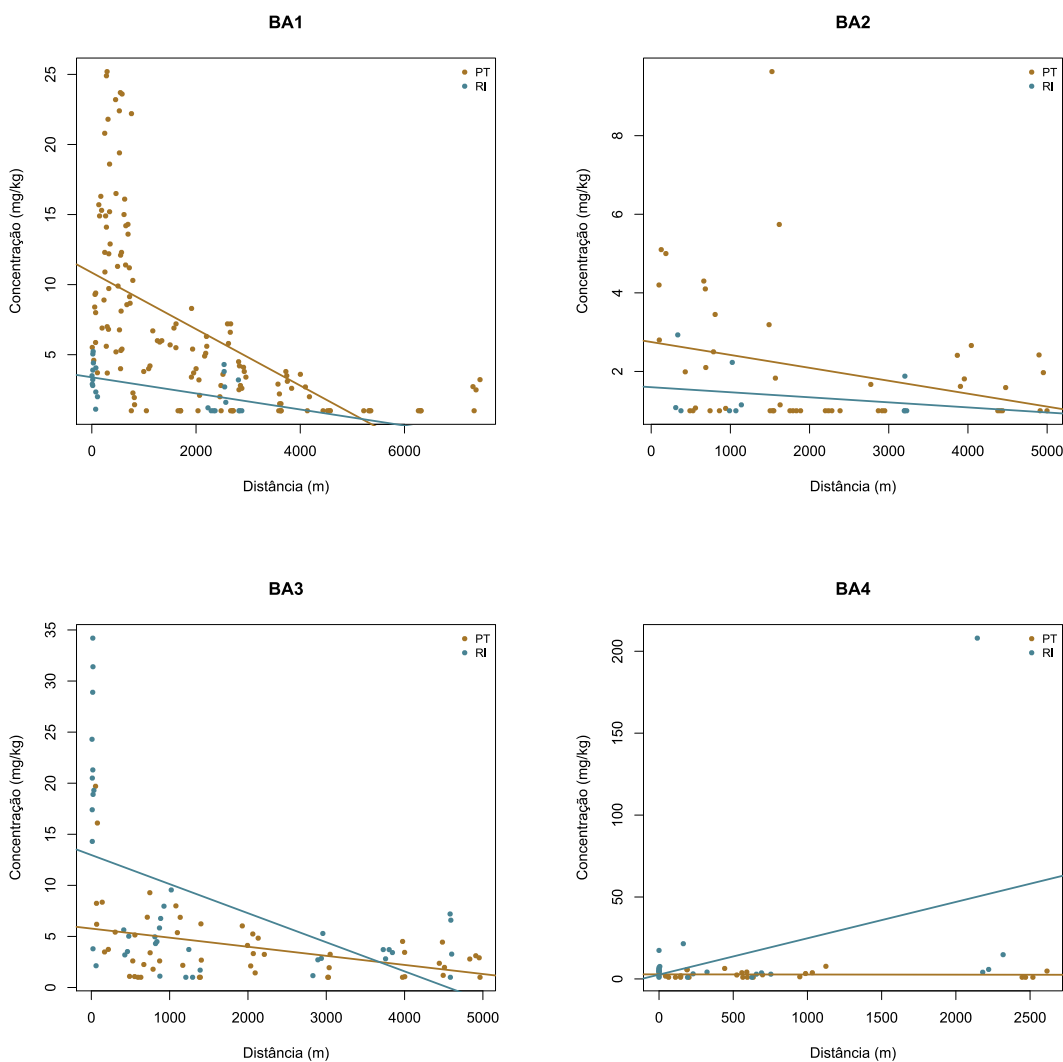


Figura 5. Concentração de arsênio por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.1.1. Bário

Os valores máximo e mínimo de bário foram registrados em BA1PT (2.370 mg*kg⁻¹; *outlier*, 1,90 mg*kg⁻¹, respectivamente). O limite de prevenção do elemento é de 150 mg*kg⁻¹ (**Gráfico 3**). Houve diferença (Teste de Nemenyi) entre as *Parcelas Terrestres* para BA4 e BA1 (p < 0,001) e BA2 (p = 0,010). As *Parcelas Ripárias* do BA4 foram distintas das do BA2 (p = 0,005) e BA3 (p = 0,002). Algumas amostras estiveram acima desse limite: BA1PT (50% das amostras), BA2PT (17%), BA3PT (12%); BA1RI (25%), BA2RI (27%), BA3RI (18%) e BA4RI (4%).

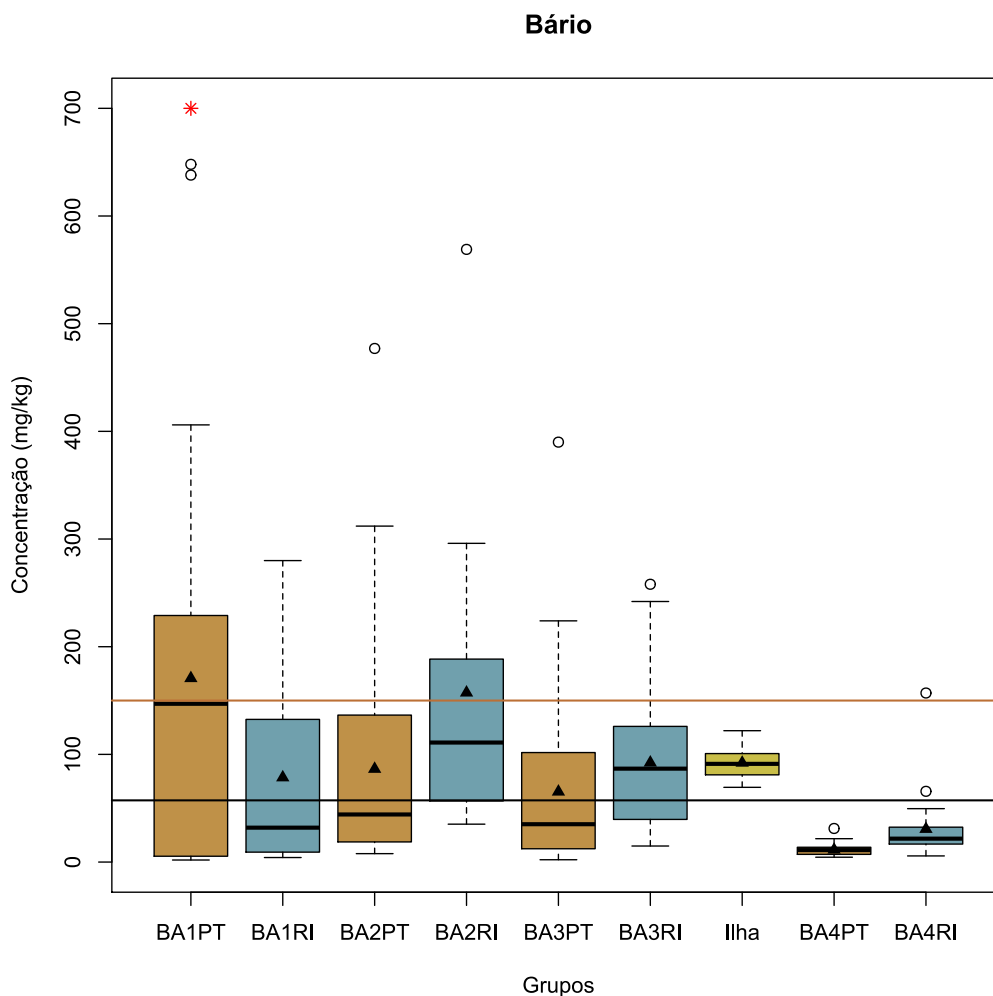


Gráfico 3. Diagrama *boxplot* com os teores de bário identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana (57,3 mg*kg⁻¹); linha laranja sinaliza o limite de prevenção determinado pelo CONAMA nº 4202009. BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

No BA1, a relação foi negativa tanto para *Parcelas Terrestres* quanto *Ripárias* (**Figura 6**), embora o coeficiente de determinação tenha sido baixo para as primeiras (BA1PT; $R^2 = 9\%$), mas elevado para as últimas (BA1RI; $R^2 = 61\%$). No BA2, o ajuste foi nulo para *Terrestres* e *Ripárias*. Resultado semelhante foi encontrado para o BA3: *Parcelas Terrestres* (BA3PT; $R^2 = 2\%$) e *Parcelas Ripárias* (BA3RI; $R^2 = 4\%$). No BA4 as relações também foram nulas, independentemente da abordagem (*Terrestre* ou *Ripária*).

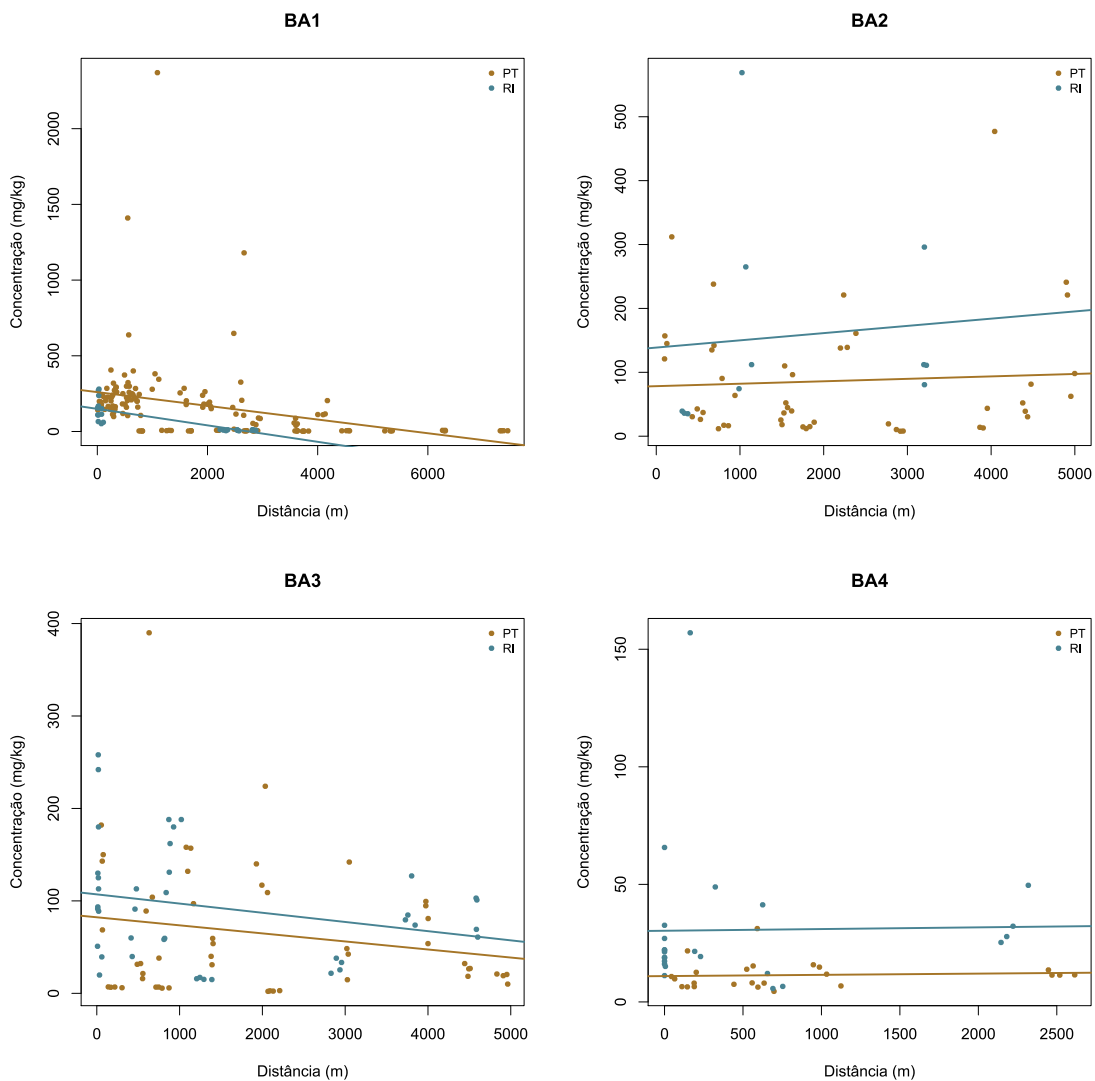


Figura 6. Concentração de bário por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.1.2. Boro

O valor máximo de boro foi registrado no grupo ilha, correspondendo a $777 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, e o menor valor no BA1PT ($1,80 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; **Gráfico 4**). O boro não possui limite de prevenção de acordo com a CONAMA nº 420/2009 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009). Todos os grupos de *Parcelas Terrestres* apresentam diferenças significativas entre elas com exceção do BA1PT (0,114). No grupo de *Parcelas Ripárias*, o BA3 foi diferente de BA1 ($p < 0,001$), BA2 ($p = 0,026$) e BA4 ($p < 0,001$).

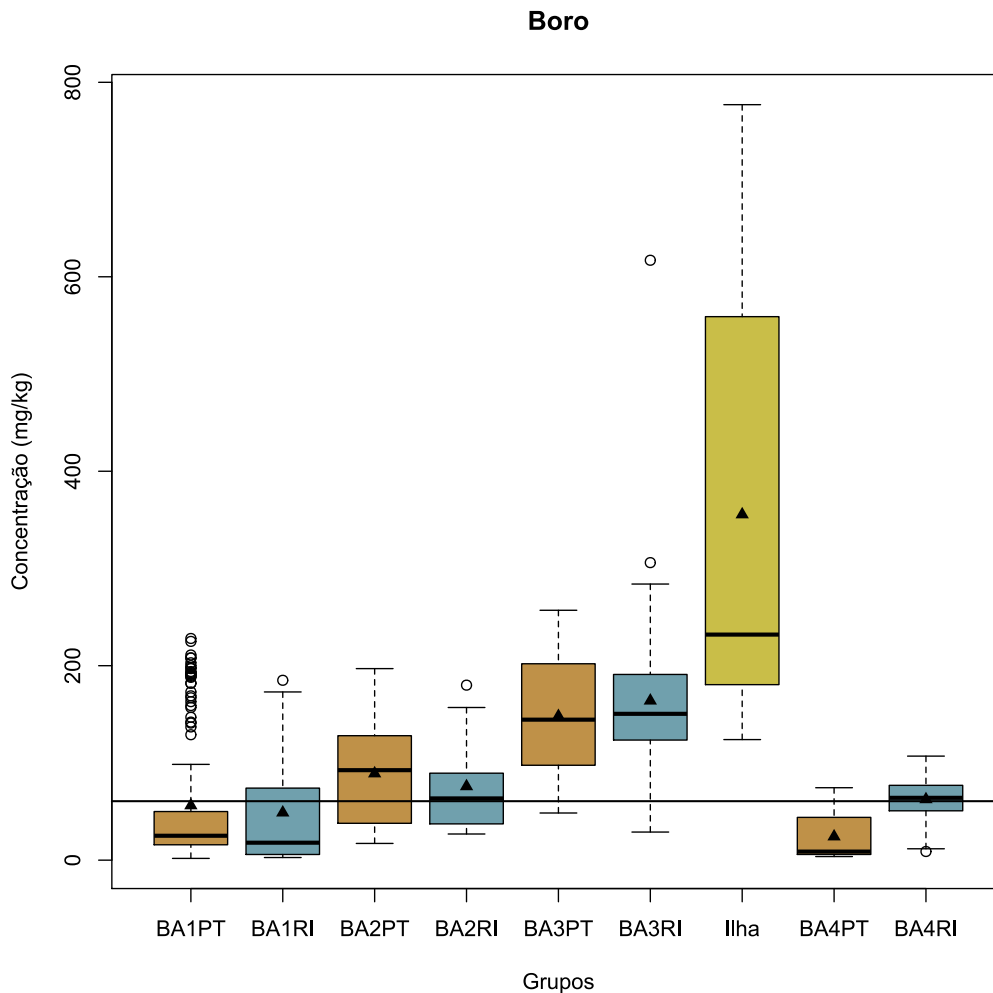


Gráfico 4. Diagrama *boxplot* com os teores de boro identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta horizontal representa a mediana global ($60,65 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

BA1PT ($R^2 = 29\%$) e o BA1RI ($R^2 = 43\%$) ajustaram-se às retas de alta pendente negativa (**Figura 7**), isto é, a concentração de boro foi maior quanto mais perto do leito fluvial. O único BA a mostrar relação positiva entre as variáveis foi BA2, tanto para *Parcelas Terrestres* quanto *Ripárias*. No BA3 apresentam retas de ajuste negativas sendo BA3PT ($R^2 = 4\%$) e BA3RI ($R^2 = 10\%$), representando um grau alto de independência entre as variáveis teor e distância. O grupo BA4PT ($R^2 = 4\%$) e o BA4RI ($R^2 = 54\%$) ajustam-se a retas de alta pendente negativa. A qualidade de ajuste do modelo é baixa para as *Parcelas Terrestres* e alta para as *Parcelas Ripárias*.

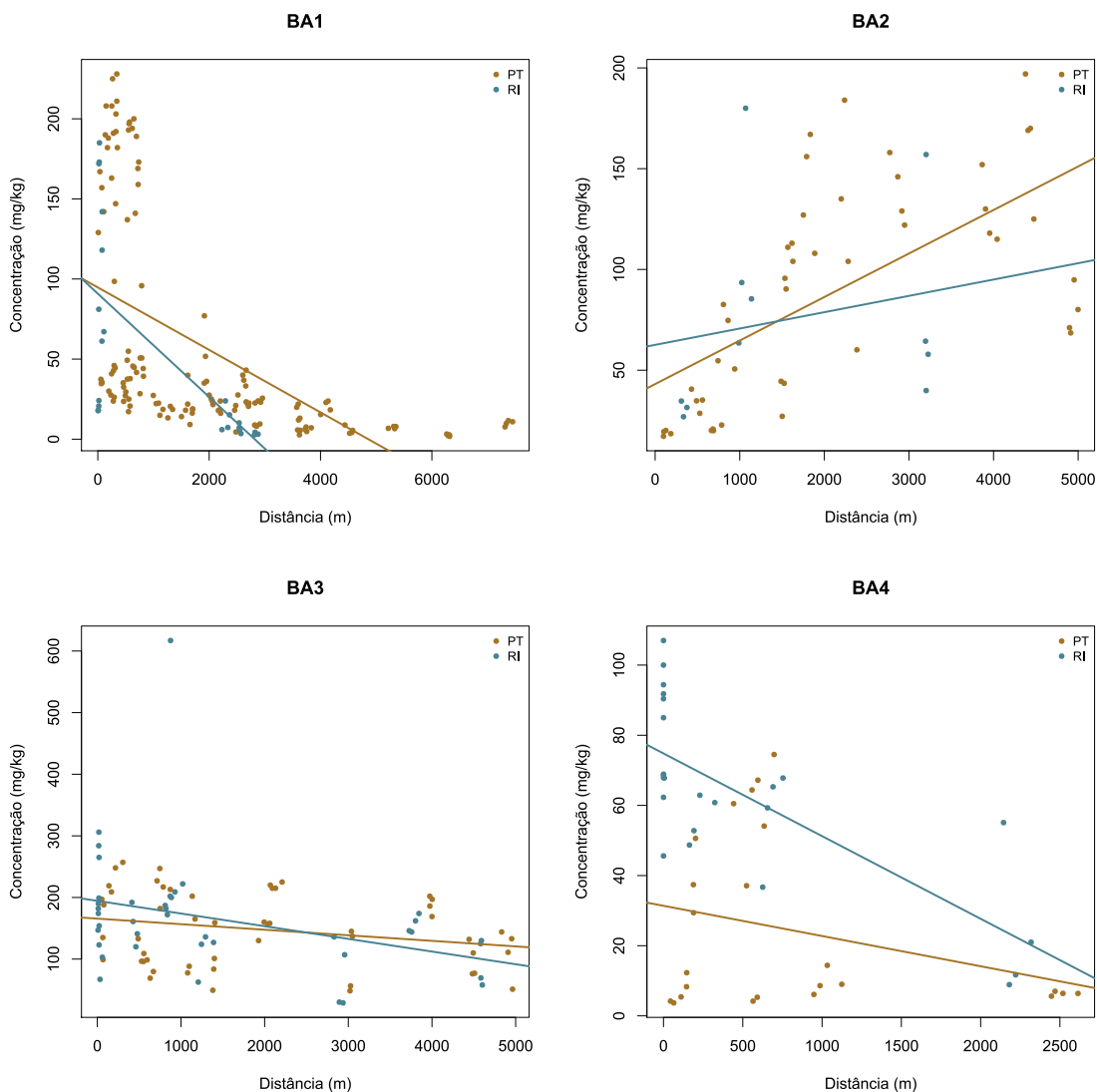


Figura 7. Concentração de boro por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.1.3. Cádmi

Não foi possível analisar o Cádmi, pois todas as amostras apresentaram concentrações $< 0,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, o que atende ao limite de $1,3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ estabelecido pela CONAMA nº 420/2009 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009).

8.4.2.1.4. Cálcio

As *Parcelas Ripárias* do BA2 e as *Terrestres* do BA1, BA2 e BA3 corresponderam ao maior e menores concentrações de cálcio, $5.720 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ e $50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (**Gráfico 5**), respectivamente. O cálcio não possui limite de prevenção de acordo com a CONAMA nº 420/2009 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009). As Houve *Parcelas Terrestres* foram diferentes entre os BA, com exceção do BA2 em relação ao BA3 ($p = 0,482$; Teste de Nemenyi). Para as *Parcelas Ripárias*, houve diferença significativa apenas entre o BA2 e BA3 ($p = 0,018$) e BA4 ($p < 0,001$; **Figura 8**).

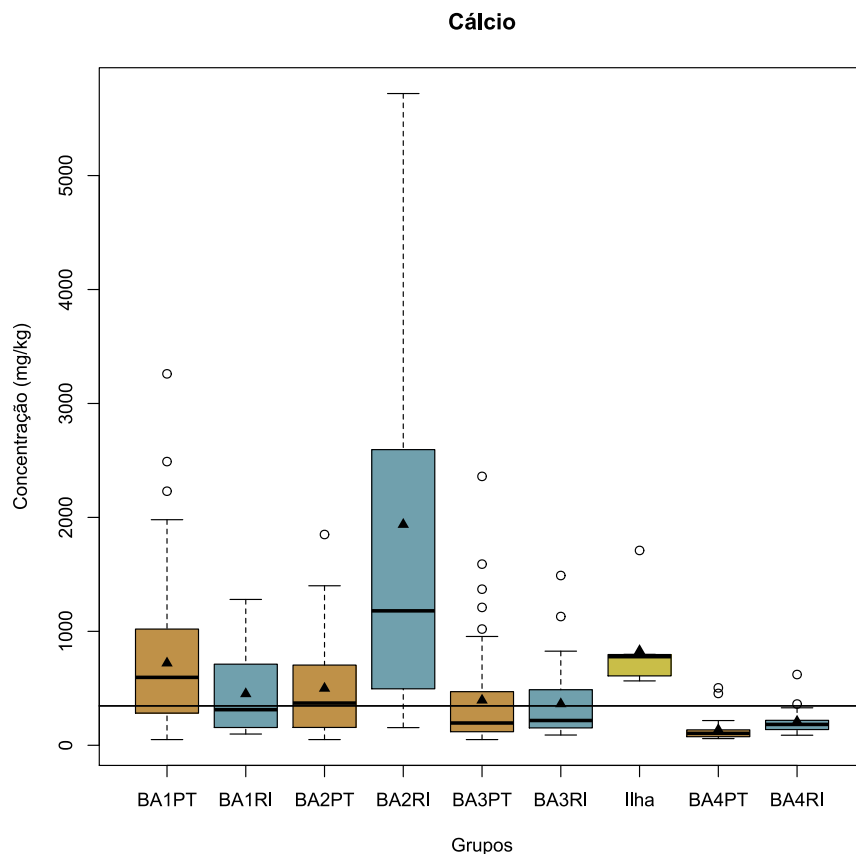


Gráfico 5. Diagrama *boxplot* com os teores de cálcio identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

Para o BA1, tanto *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 19\%$) quanto *Ripárias* ($R^2 = 53\%$) se ajustaram a retas de alta pendente negativa, mas a qualidade de ajuste do modelo foi baixa para ambas. No BA2, a relação entre a concentração do metal e a distância do rio foi negativa para *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 1\%$) e positiva para as *Ripárias* ($R^2 = 32\%$). No BA3, ambas Abordagens, *Terrestres* ($R^2 = 1\%$) e *Ripárias* ($R^2 = 14\%$) mostraram relação negativa entre concentrações e distâncias, assim como no BA4 (**Figura 8**).

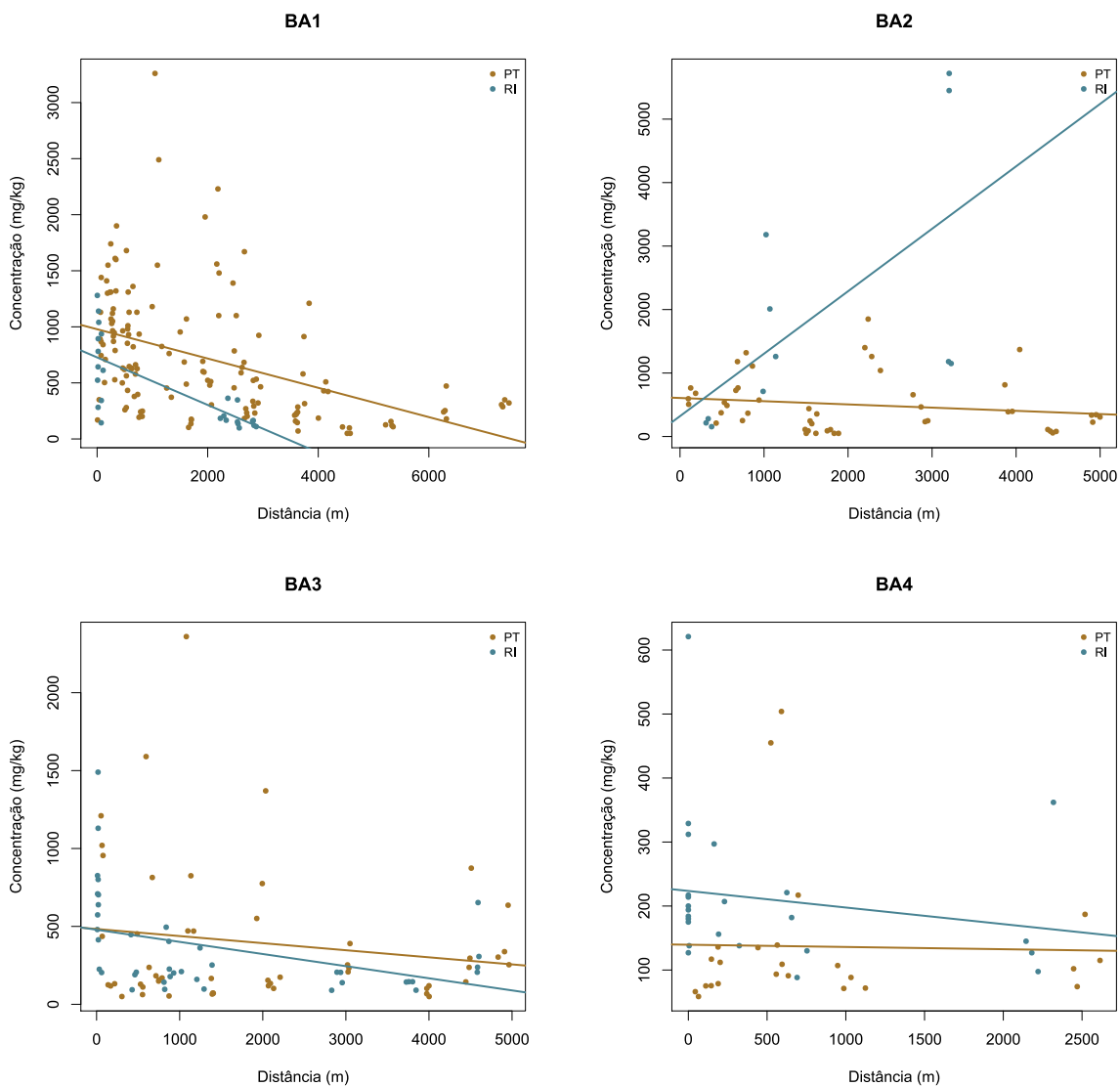


Figura 8. Concentração de cálcio por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.1.5. Chumbo

O valor máximo de chumbo foi registrado no grupo BA1PT (50,3 mg*kg⁻¹) e o menor em quatro grupos, BA1PT, BA2PT, BA3PT e BA1RI com um teor de 1,0 mg*kg⁻¹. O chumbo possui limite de prevenção de acordo com a CONAMA n° 420/2009 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009) correspondente a 72 mg*kg⁻¹. Nenhum dos grupos contém amostras com valores acima do limite de prevenção referenciado (**Gráfico 6**). Houve diferença tanto para *Parcelas Terrestres* (Kruskal-Wallis; $p = 0,005$), tanto para as *Ripárias* ($p < 0,001$). Para as primeiras ocorreu entre BA1 e BA2 (Teste de Nemenyi; $p = 0,005$). Nas *Ripárias* detectamos diferenças entre todos os grupos, com exceção do BA1 e BA4 ($p = 1,0$).

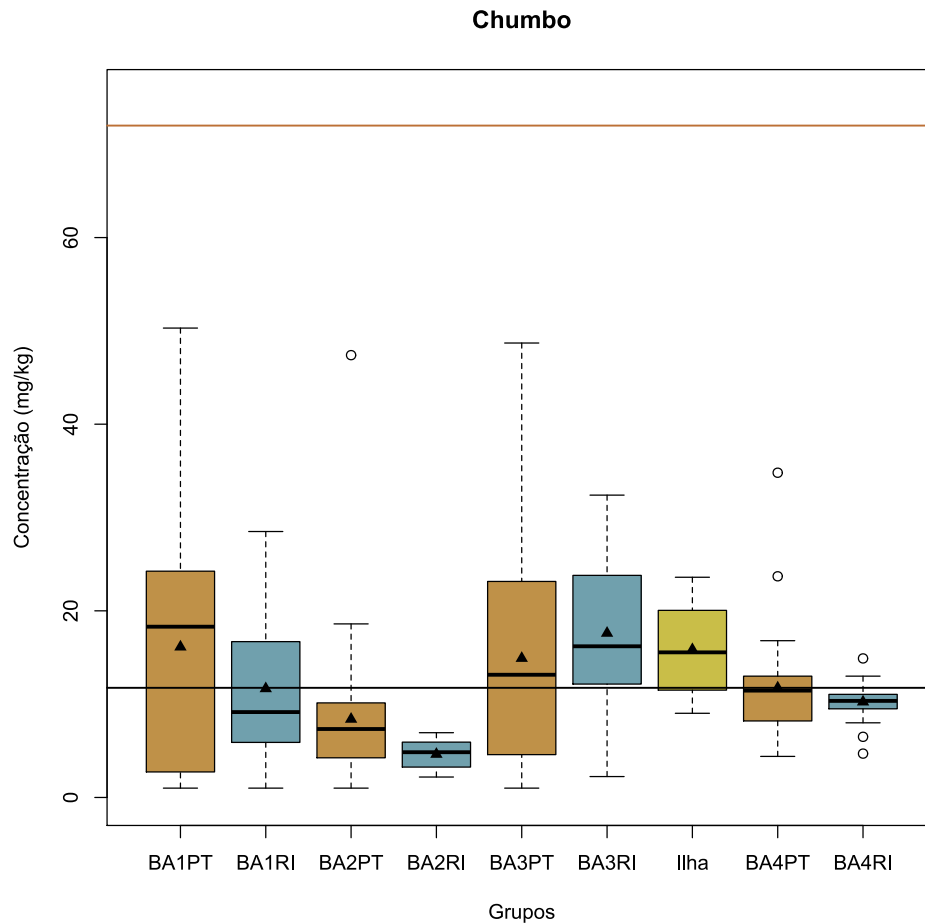


Gráfico 6. Diagrama *boxplot* com os teores de chumbo identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (11,75 mg*kg⁻¹); linha laranja sinaliza o limite de prevenção determinado pelo CONAMA n° 420/2009. BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

Para o BA1, tanto *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 27\%$) quanto *Ripárias* ($R^2 = 40\%$) houve relação negativa entre a concentração do metal e a distância do rio, ou seja, os teores de chumbo são mais altos quanto mais perto do leito fluvial. No BA2, a relação também foi negativa, com menor intensidade, com R^2 nulo para as *Parcelas Terrestres* e baixo para as *Ripárias* ($R^2 = 17\%$). No BA3 e BA4, todos os modelos tiveram ajuste nulo

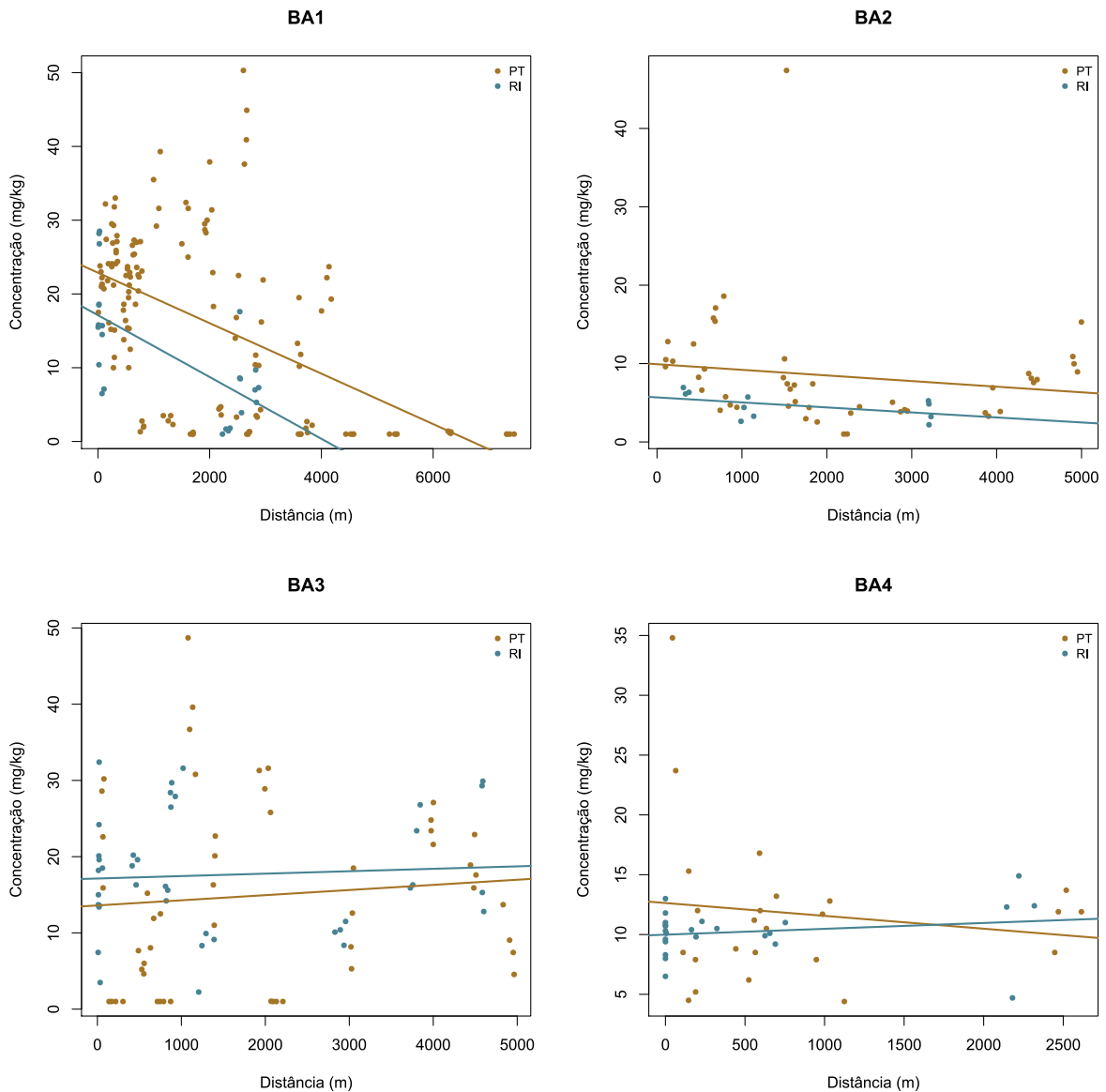


Figura 9. Concentração de chumbo por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.1.6. Cobalto

O valor máximo de cobalto foi registrado nas *Parcelas Ripárias* do BA4 (141 mg*kg⁻¹ - *outlier*) e o menor valor foi observado nas *Parcelas Terrestres* do BA1 e BA2, e nas *Ripárias* do BA1 (1,0 mg*kg⁻¹). O cobalto possui limite de prevenção de 25 mg*kg⁻¹ (**Gráfico 7**) (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009). Algumas parcelas mostraram concentrações de cobalto acima do limite de prevenção: *Terrestres* do BA1 (3% das amostras) e BA2 (8%), e *Ripárias* do BA3 (5%) e BA4 (4%). Houve diferença significativa entre as concentrações de cobalto para as *Parcelas Terrestres* entre o BA1 e BA2 (Teste de Nemenyi; p = 0,002) e BA4 (p < 0,001). Nas *Ripárias*, detectamos diferenças apenas entre o BA3 e o BA4 (p = 0,021).

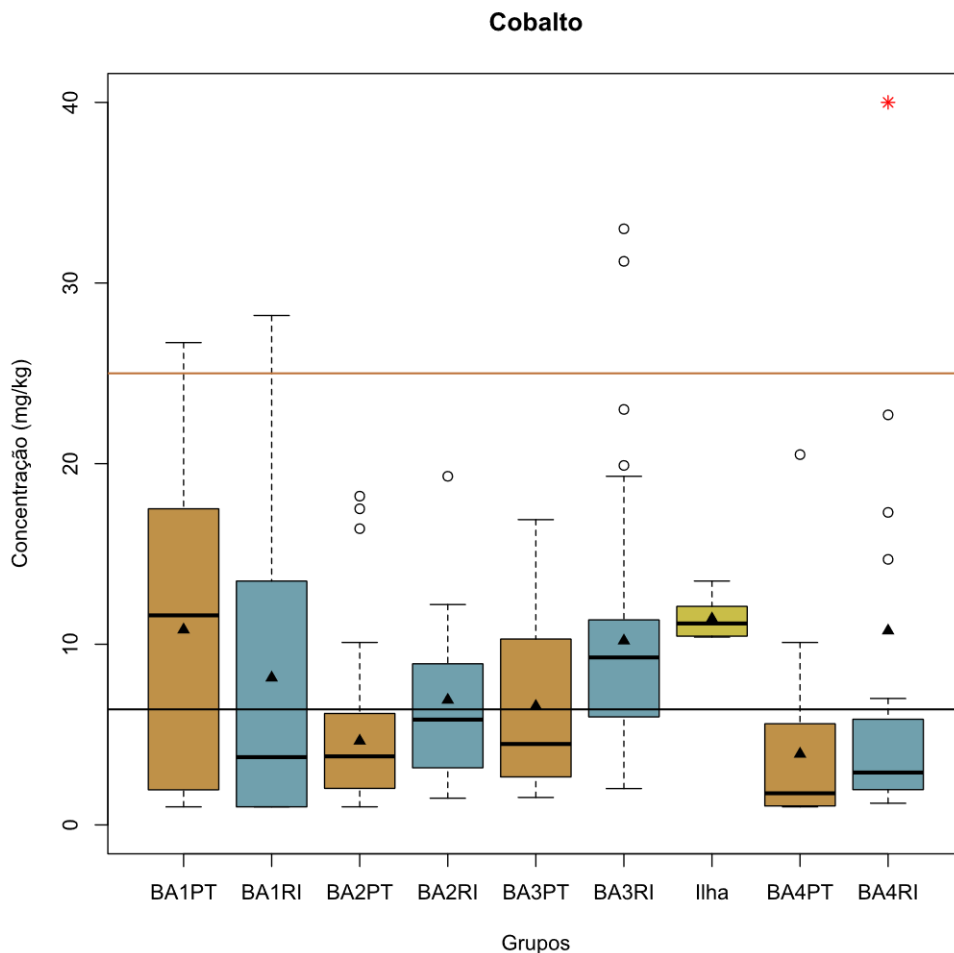


Gráfico 7. Diagrama *boxplot* com os teores de cobalto identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (6,395 mg*kg⁻¹); linha laranja sinaliza o limite de prevenção determinado pelo CONAMA nº 420/2009. BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

Com exceção das *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 30\%$) e *Ripárias* do BA1 ($R^2 = 60\%$), as demais Abordagens dos outros BA possuem *outliers*, o maior deles presente nas *Parcelas Ripárias* do BA4. No BA1, *Parcelas Ripárias*, a relação entre a concentração do metal e a distância do rio Doce foi negativa. No BA2, as *Parcelas Terrestres* mostraram ligeira relação positiva (R^2 nulo) e as *Parcelas Ripárias* ($R^2 = 38\%$) alta pendente positiva. Para o BA3, tanto *Parcelas Terrestres* (R^2 nulo) quanto e *Parcelas Ripárias* ($R^2 = 15\%$) tiveram relação positiva. No BA4, o ajuste foi nulo tanto para *Parcelas Terrestres* (R^2 nulo) quanto e *Parcelas Ripárias* (**Figura 10**).

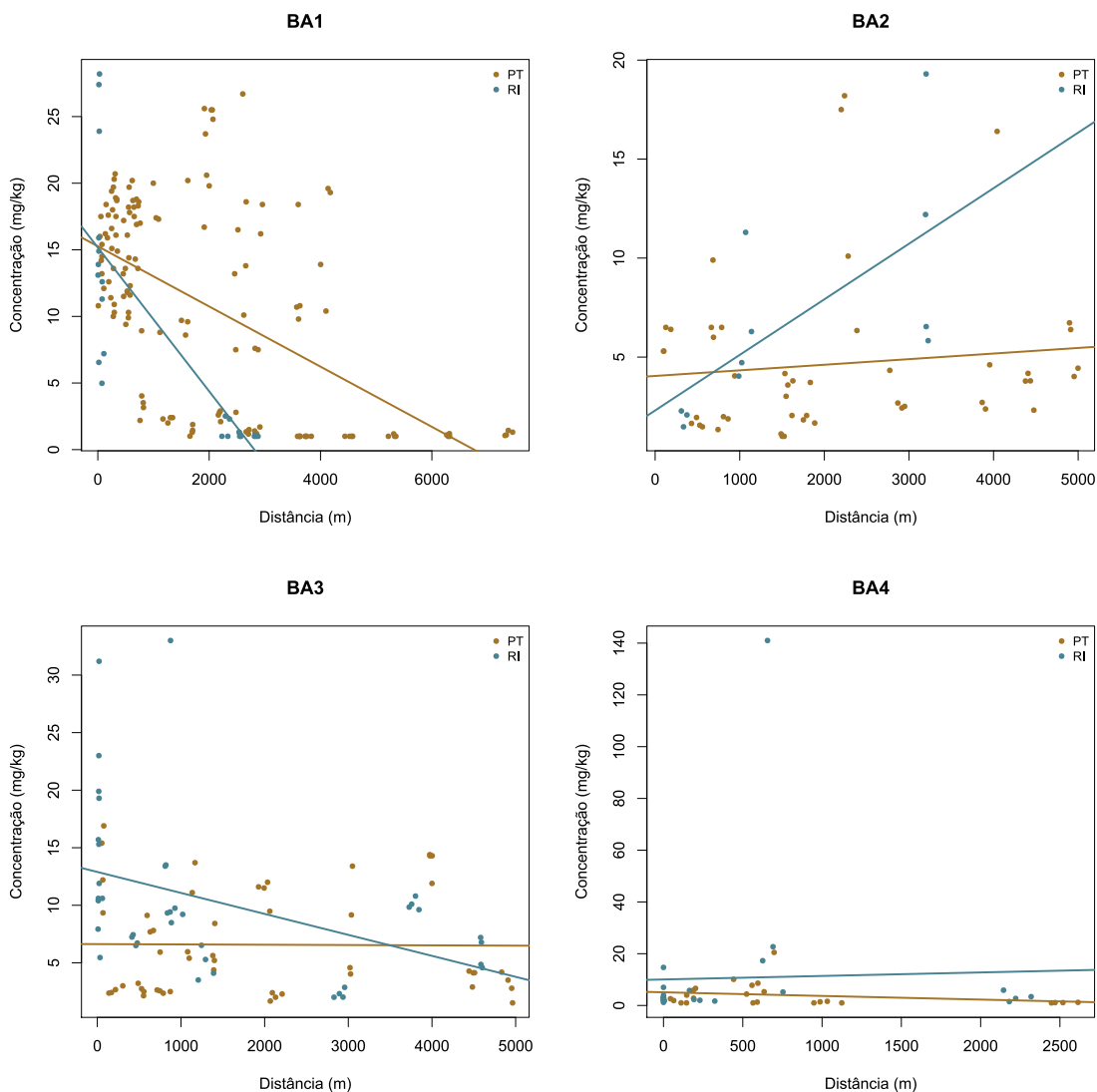


Figura 10. Concentração de cobalto por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.1.7. Cobre

O valor máximo de cobre foi registrado nas *Parcelas Ripárias* do BA4 (159 mg*kg⁻¹ - *outlier*) e o menor nas *Terrestres* do BA1 (1,11 mg*kg⁻¹). O limite de prevenção deste metal é de 60 mg*kg⁻¹ (**Gráfico 8**) de acordo com a CONAMA n° 420/2009 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009). Alguns grupos possuíram amostras acima deste limite: *Parcelas Terrestres* do BA1 (3% das amostras) e BA4 (17%) e *Ripárias* do BA4 (17%). Houve diferença entre os teores de cobre de *Parcelas Terrestres* do BA1 em relação ao BA2 (Teste de Nemenyi; p = 0,001) e ao BA3PT (p < 0,001), assim como, entre BA4 e BA2 (p = 0,024) e BA3PT (p < 0,001). Quanto às *Parcelas Ripárias*, apenas BA4 e BA3 foram distintos (p = 0,014).

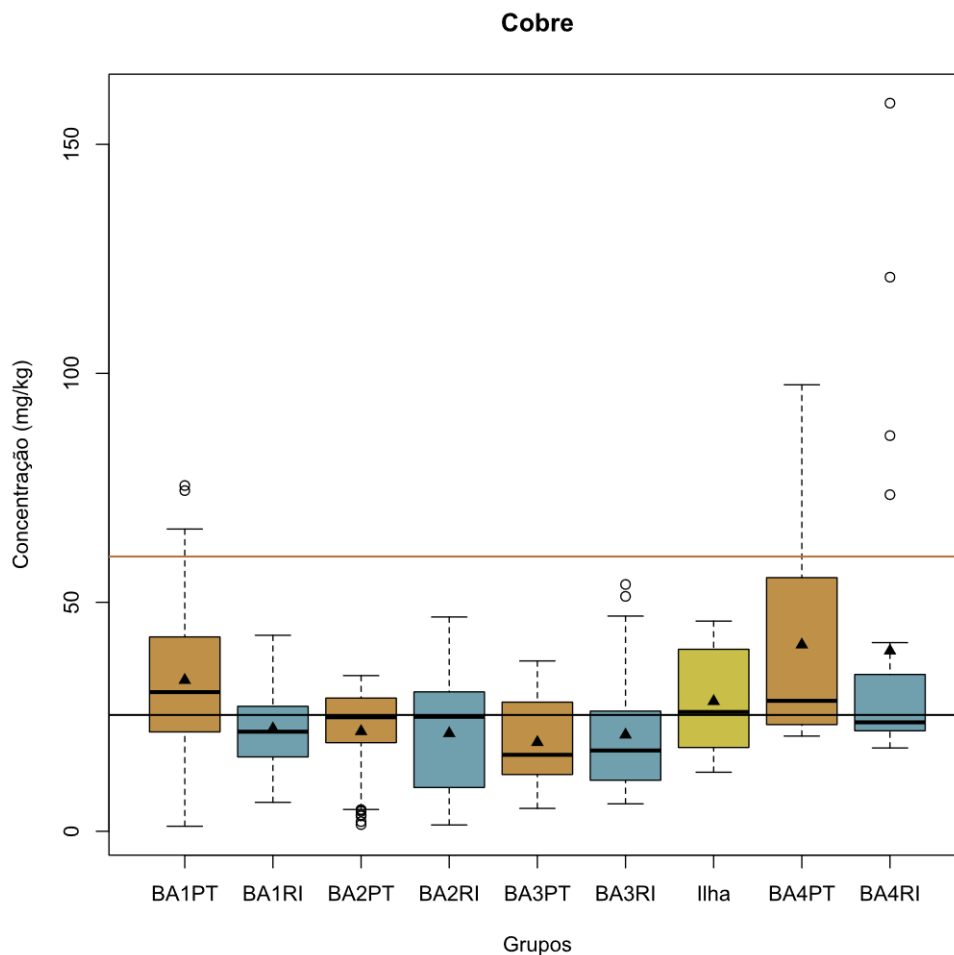


Gráfico 8. Diagrama *boxplot* com os teores de cobre identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (25,4 mg*kg⁻¹); linha laranja sinaliza o limite de prevenção determinado pelo CONAMA n° 420/2009. BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

Para as *Parcelas Terrestres* do BA1 ($R^2 = 17\%$) o ajuste foi negativo, mas nulo para as *Ripárias*. No BA2, tanto *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 13\%$) quanto *Ripárias* ($R^2 = 40\%$) mostraram relação positiva entre a concentração do metal e a distância do rio Doce. Observamos comportamento inverso para o BA3, em *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 5\%$) e *Ripárias* ($R^2 = 14\%$), ambas com ajuste negativo e relativamente baixo. No BA4, as *Parcelas Terrestres* mostraram relação negativa e as *Ripárias*, positiva, mas para ambas Abordagens o ajuste foi nulo (**Figura 11**).

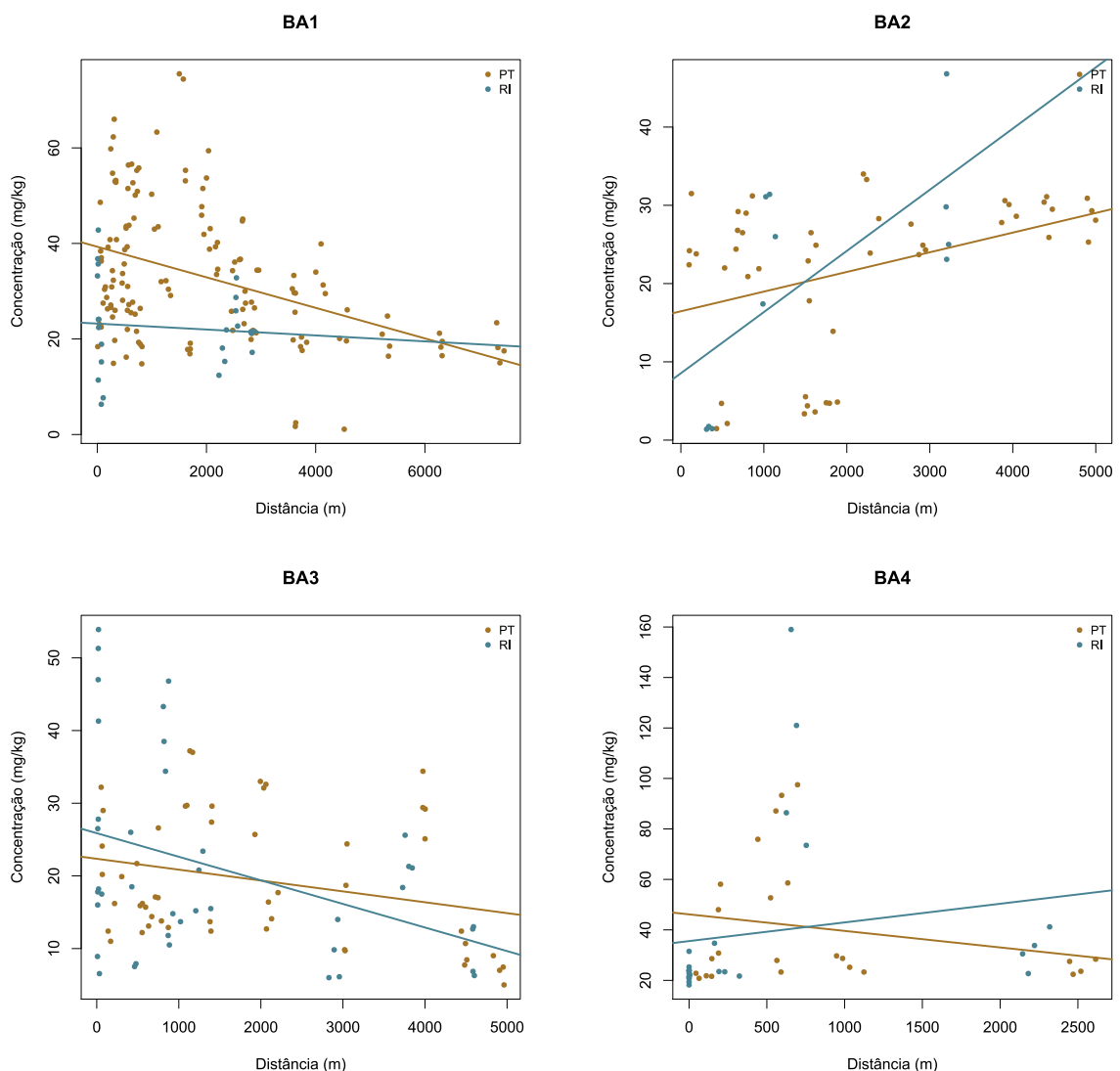


Figura 11. Concentração de cobre por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.1.8. Cromo

Os máximo e mínimo de cromo foram registrados nas *Parcelas Ripárias* do BA4 (1.970 mg*kg⁻¹ – *outlier*) e nas *Parcelas Terrestres* do BA4 (4,90 mg*kg⁻¹), respectivamente. O cromo possui limite de prevenção de 75 mg*kg⁻¹ (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009), e algumas parcelas ultrapassaram esse limite: *Parcelas Terrestres* do BA1 (com 18% das amostras), BA2 (2%), BA3 (48%), BA4 (25%), e *Parcelas Ripárias* do BA1 (4%), BA3 (20%) e BA4 (29%). É destacável que BA3 e BA4 possuíram concentrações do metal acima do limite tanto para as *Parcelas Terrestres* como *Ripárias* (**Gráfico 9**). Houve diferença apenas entre as *Parcelas Terrestres* dos BA (Kruskal-Wallis; $p < 0,001$), mas não para as *Parcelas Ripárias*. Portanto, foram diferentes quanto às concentrações de cromo as *Parcelas Terrestres* do BA1 e BA2 ($p < 0,001$) e BA4 ($p = 0,003$). Além disso, BA3 foi diferente do BA2 ($p < 0,001$). Registramos *outliers* nas *Parcelas Terrestres* e *Ripárias* do BA4.

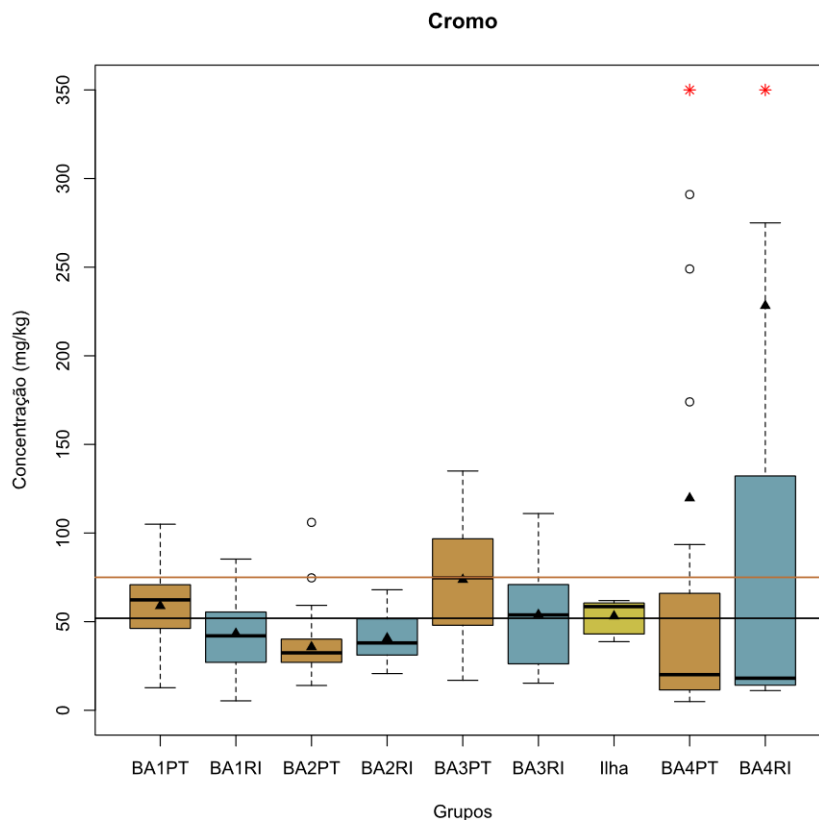


Gráfico 9. Diagrama *boxplot* com os teores de cromo identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (51,90 mg*kg⁻¹); linha laranja sinaliza o limite de prevenção determinado pelo CONAMA n° 420/2009. BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

No BA1, *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 16\%$) e *Ripárias* ($R^2 = 14\%$) mostraram ajuste negativa entre a concentração do metal e a distância do rio Doce, embora o ajuste tenha sido baixo. Para o BA2, a relação foi positiva, mas o ajuste foi nulo para as *Parcelas Terrestres* e baixo para as *Ripárias* ($R^2 = 18\%$). No BA3, as relações voltam a ser positivas, tanto para *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 23\%$) quanto *Ripárias* ($R^2 = 13\%$). No BA4, *Parcelas Terrestres* (R^2 nulo) e *Ripárias* ($R^2 = 3\%$) comportaram-se de forma invertida; as primeiras mostraram relação negativa entre as variáveis analisadas, e as últimas, positiva (**Figura 12**).

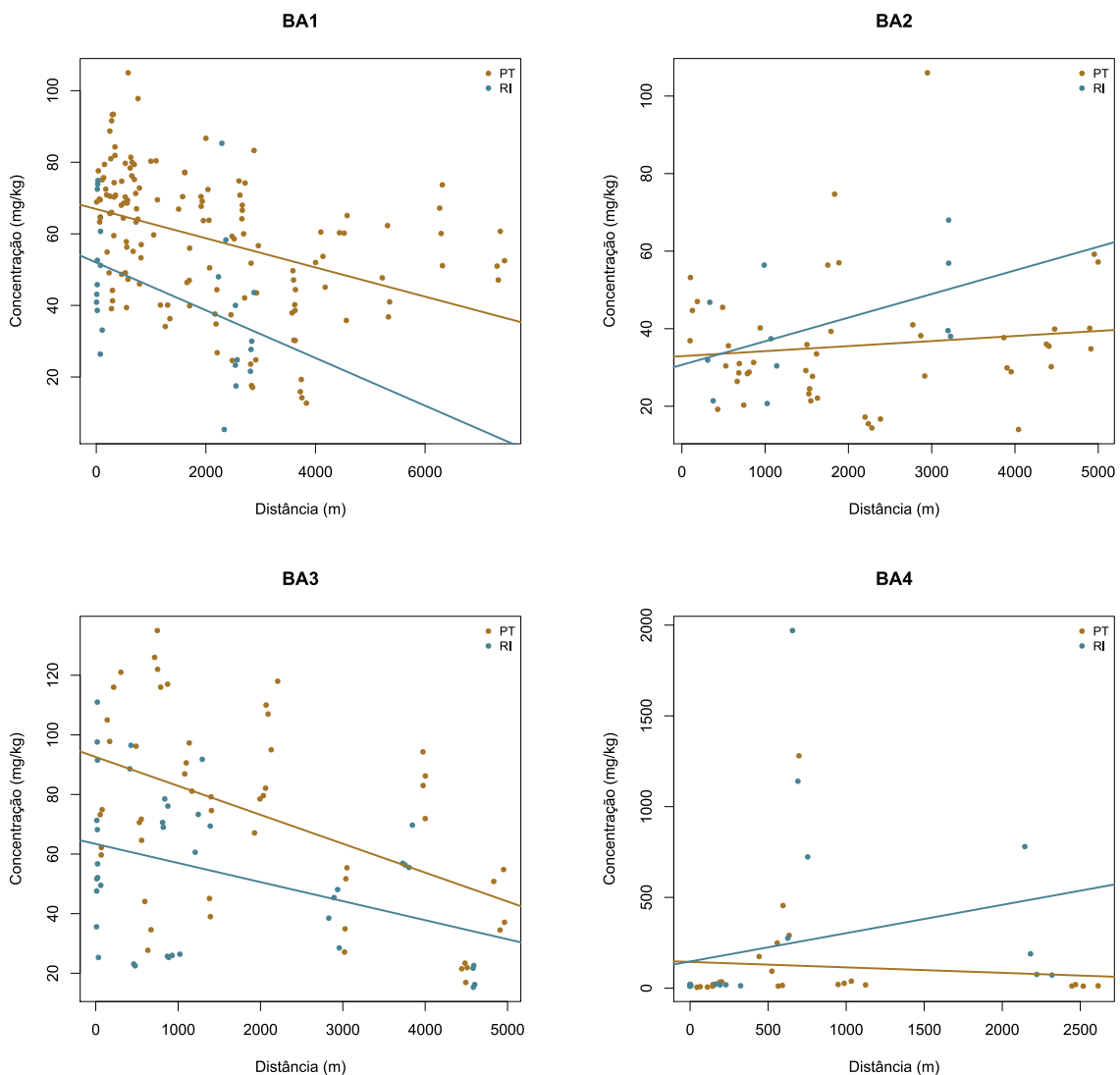


Figura 12. Concentração de cromo por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.1.9. Ferro

O valor máximo de 241.000 mg*kg⁻¹ de ferro foi registrado na *Ilha 9I*, e o menor valor nas *Parcelas Terrestres* do BA1 (501 mg*kg⁻¹; **Gráfico 10**). O ferro não possui limite de prevenção de acordo (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009). Apenas as *Parcelas Terrestres* do BA2 e BA3 foram diferentes (Teste de Nemenyi; p = 0,003). Nas *Parcelas Ripárias*, detectamos diferenças entre BA1 e BA3 (p = 0,001), e entre o BA4 e BA1 (p < 0,001), BA2 (p < 0,001) e BA3 (p = 0,003).

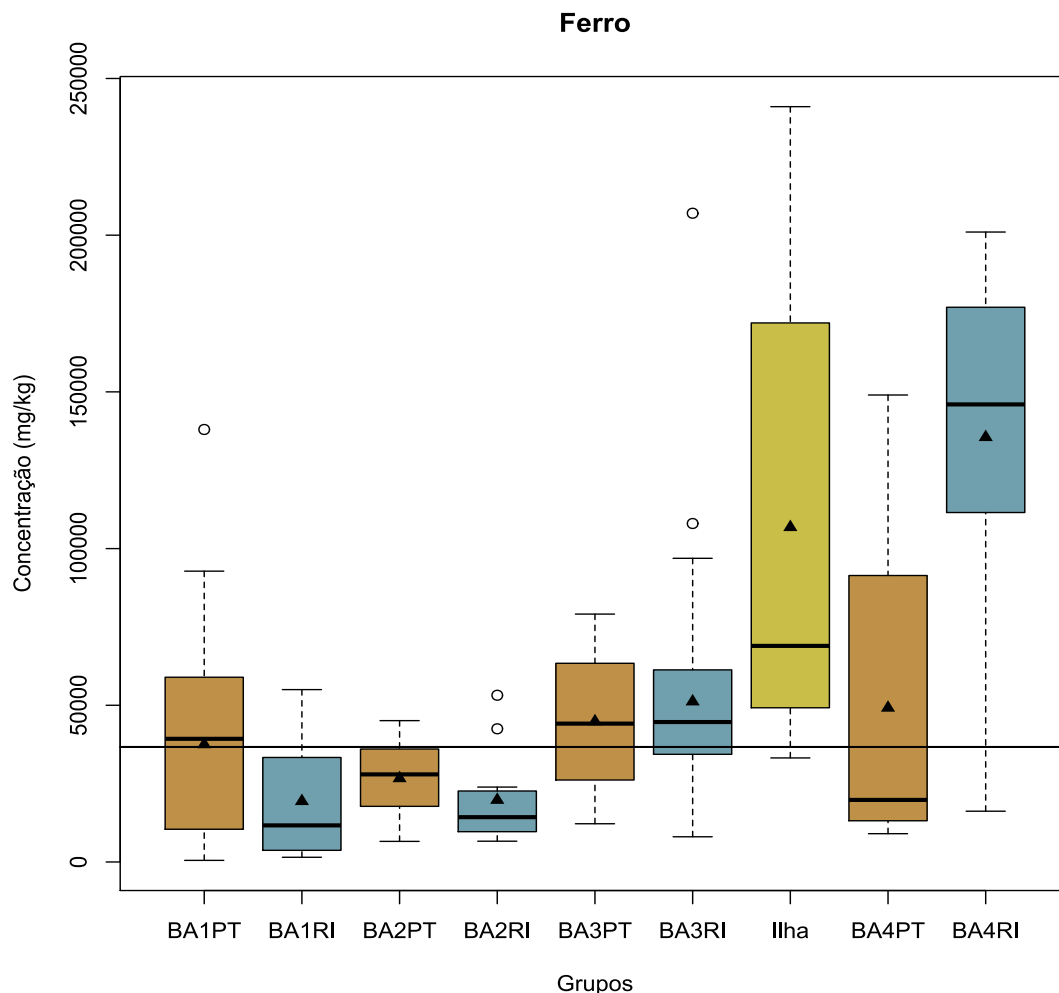


Gráfico 10. Diagrama *boxplot* com os teores de ferro identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (36.700 mg*kg⁻¹). BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

No BA1, tanto *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 44\%$) quanto *Ripárias* ($R^2 = 71\%$) mostraram relação negativa entre a concentração do metal e a distância do rio Doce. Isto é, a concentração de ferro diminui com o aumento da distância do leito do rio Doce. Nos dois casos há bom ajuste dos modelos lineares. Para o BA2 e BA3 os ajustes foram nulos, tanto para *Parcelas Terrestres* quanto *Ripárias*, assim como para as *Terrestres* do BA4. Nas *Parcelas Ripárias* do BA4, porém, o ajuste é alto ($R^2 = 71\%$) e negativo entre a concentração do metal e a distância (Figura 13).

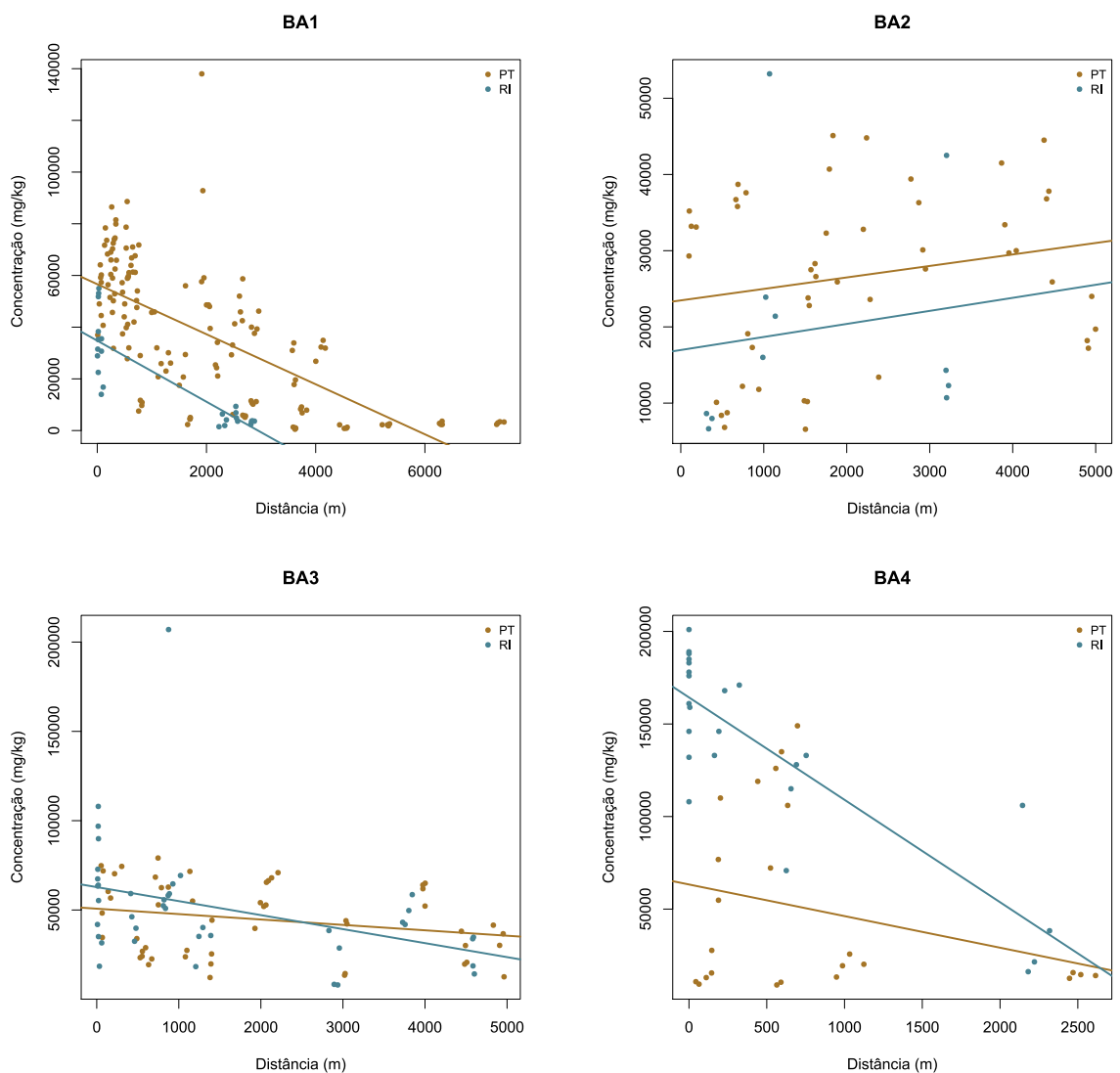


Figura 13. Concentração de ferro por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.1.10. Fósforo

Os valores máximos ($1.110 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) e mínimo ($1,00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) de fósforo foram registrados no BA1, nas *Parcelas Terrestres* (**Gráfico 11**). Embora a amplitude de concentrações encontradas seja alta, o fósforo não possui limite de prevenção definido no Brasil (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009). Foram diferentes as *Parcelas Terrestres* do BA1 e BA2 (Teste de Nemenyi; $p = 0,001$), BA2 e BA3 ($p = 0,002$). Dentre as *Ripárias*, foram distintas as do BA3 e BA1 ($p = 0,009$) e entre BA3 e BA2 ($p = 0,02$).

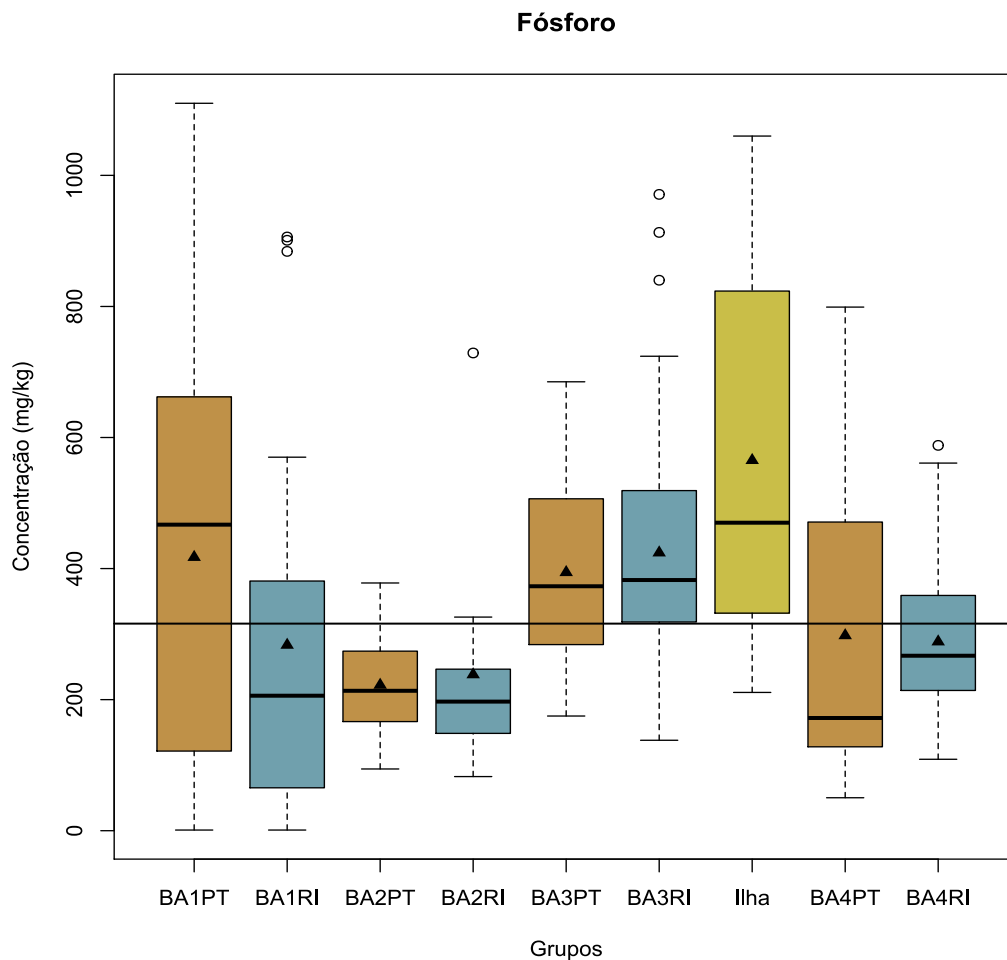


Gráfico 11. Diagrama *boxplot* com os teores de fósforo identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global ($316 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

No BA1, tanto *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 49\%$) quanto *Ripárias* ($R^2 = 59\%$) mostraram relação negativa entre a concentração do metal e a distância do rio Doce. No BA3, tanto *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 9\%$) quanto *Ripárias* ($R^2 = 10\%$) mostraram relação negativa. Tanto para o BA2 quanto BA4, o ajuste foi nulo para as duas Abordagens (**Figura 14**).

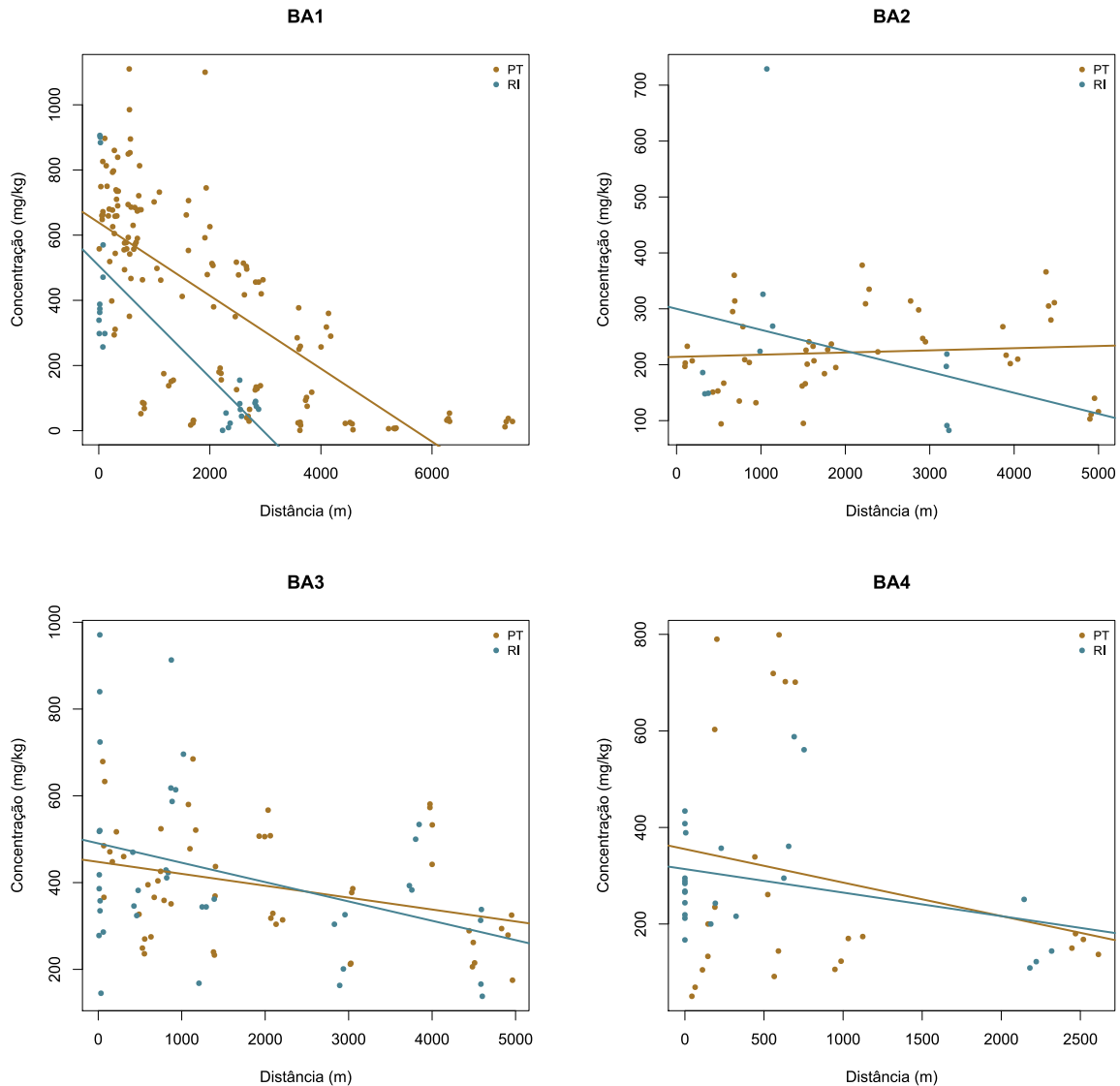


Figura 14. Concentração de fósforo por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.1.11. Ítrio

Os valores máximos (126%) e mínimo (79,60%) de ítrio foram registrados no BA1, nas *Parcelas Terrestres* (**Gráfico 12**). Este metal não possui limite de prevenção definido no Brasil (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009). Não houve diferença entre as *Parcelas Terrestres* dos BA amostrados. As *Parcelas Ripárias* foram estatisticamente distintas entre BA (Kruskal-Wallis; $p = 0,033$), mas não foi possível detectar diferenças ao realizarmos o teste par-a-par (Teste de Nemenyi).

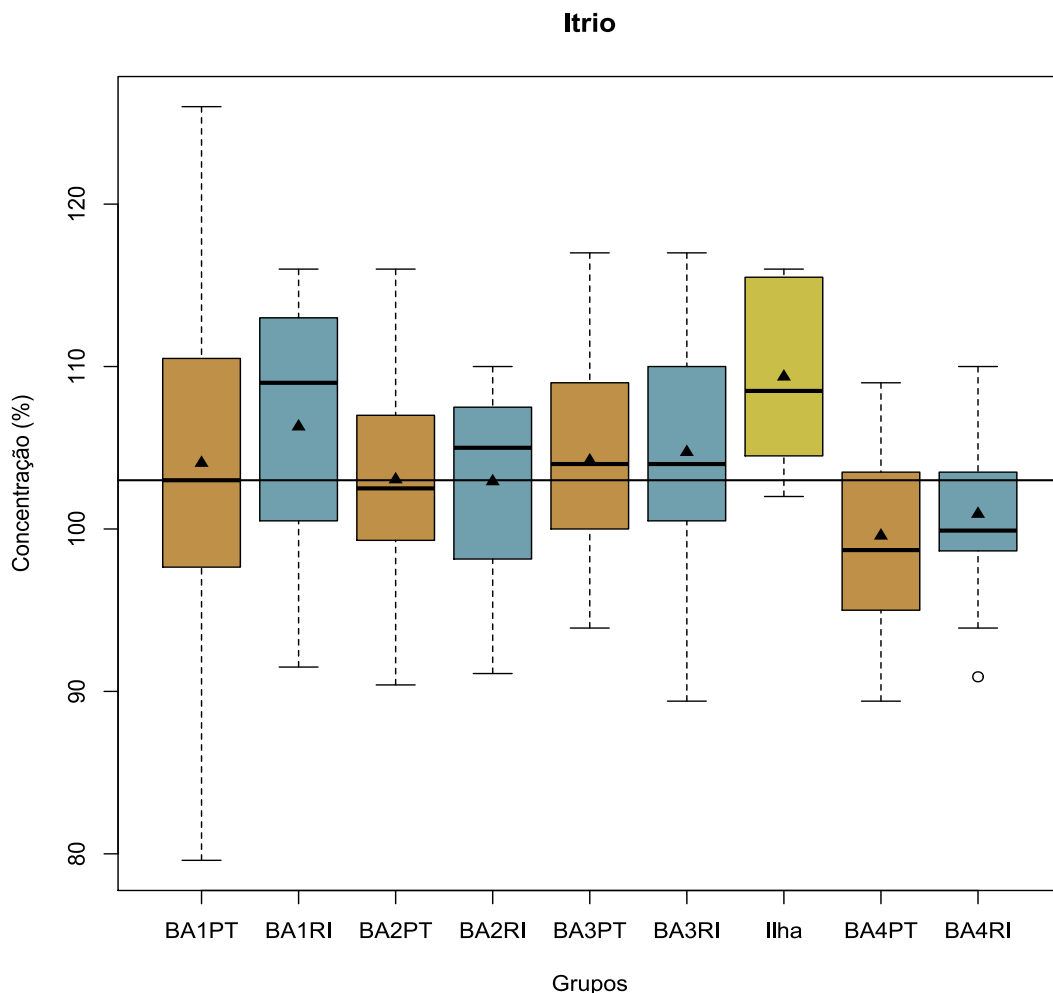


Gráfico 12. Diagrama *boxplot* com os teores de ítrio identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (103%). BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

Apenas para as *Parcelas Ripárias* do BA2 ($R^2 = 76\%$) houve relação negativa entre a concentração do metal e a distância do rio Doce. Para todas as outras Abordagens, *Parcelas Terrestres* e *Ripárias*, de todos os BA, os ajustes dos modelos foram nulos (Figura 15).

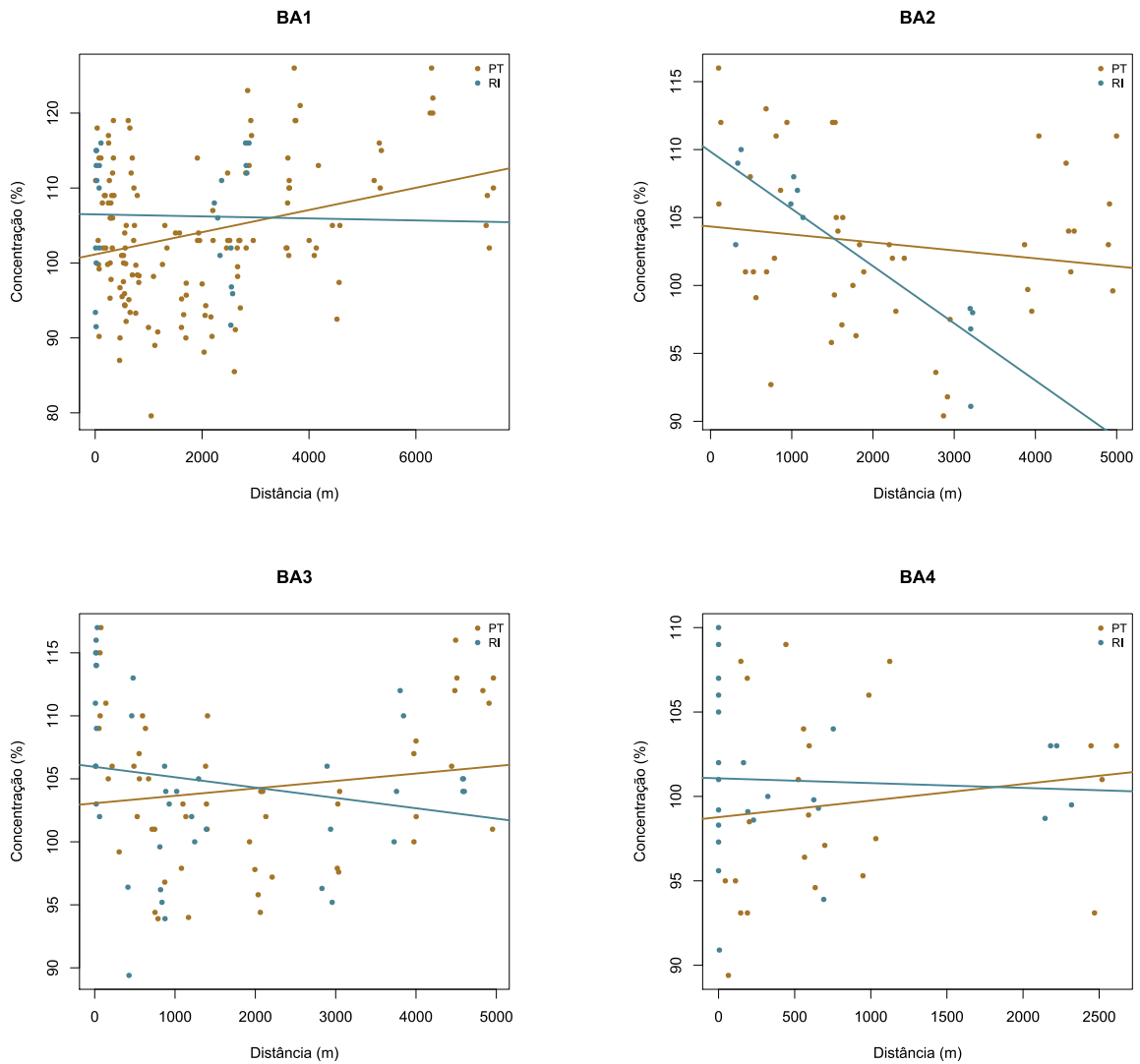


Figura 15. Concentração de ítrio por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.1.12. Magnésio

A concentração máxima de magnésio foi registrada nas *Parcelas Ripárias* do BA2 (9.470 mg*kg⁻¹) e as menores nas *Parcelas Terrestres* do BA1 e BA3, e nas *Ripárias* do BA1 e BA3 (50 mg*kg⁻¹). O magnésio não possui limite de prevenção no Brasil (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009). Os valores encontrados de magnésio tanto para as *Parcelas Terrestres* quanto para as *Ripárias* no BA4 foram baixos, se comparados aos outros BA, que possuíram concentrações de até 5.000 mg*kg⁻¹ (**Gráfico 13**). Detectamos diferenças nas *Parcelas Terrestres* entre BA1 e BA3, BA1 e BA4 (Teste de Nemenyi; p < 0,001), e para as *Parcelas Ripárias* entre BA4 e BA2 (p = 0,001), BA4 e BA3 (p = 0,026).

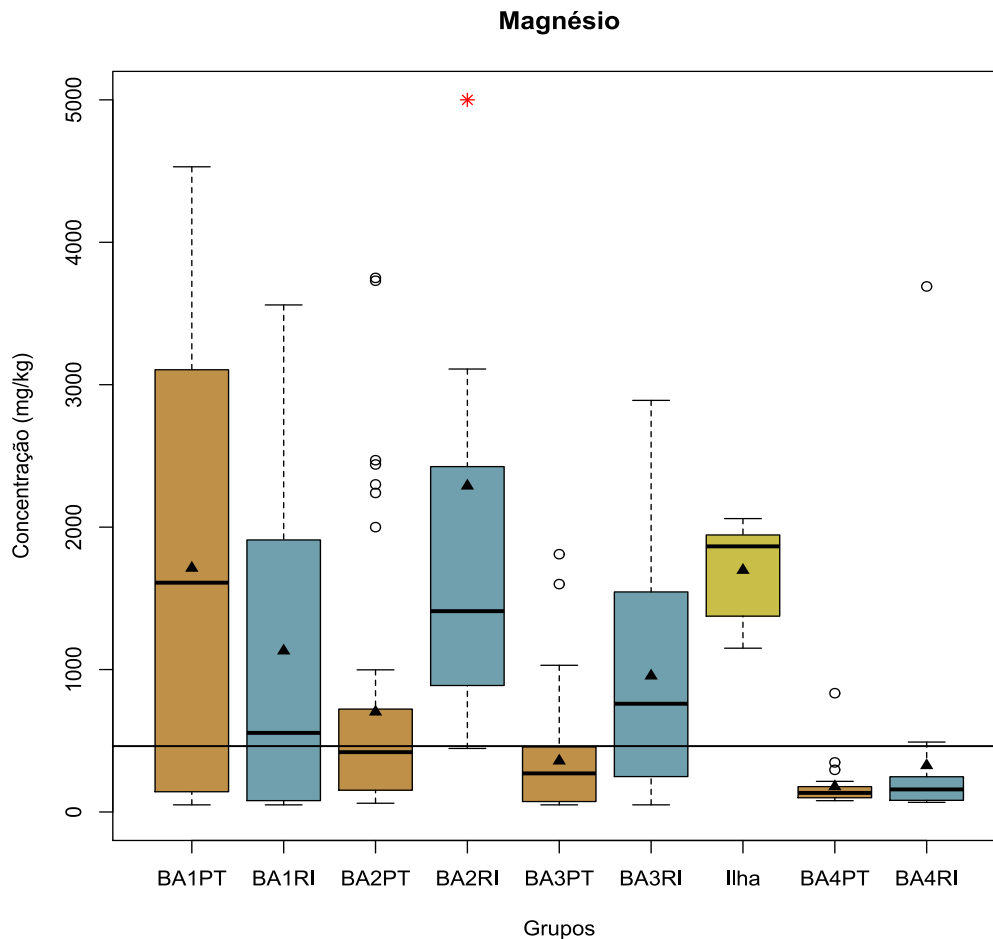


Gráfico 13. Diagrama *boxplot* com os teores de magnésio identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (462,5 mg*kg⁻¹). BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

No BA1, tanto *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 57\%$) quanto as *Ripárias* ($R^2 = 72\%$) mostraram relação negativa entre a concentração de magnésio e a distância do rio Doce. NO BA2, *Parcelas Ripárias* ($R^2 = 26\%$) mostraram relação positiva, no BA3 as *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 26\%$) possuíram relação negativa. No BA4 e nas demais Abordagens de BA2 e BA3 o ajuste foi nulo (**Figura 16**).

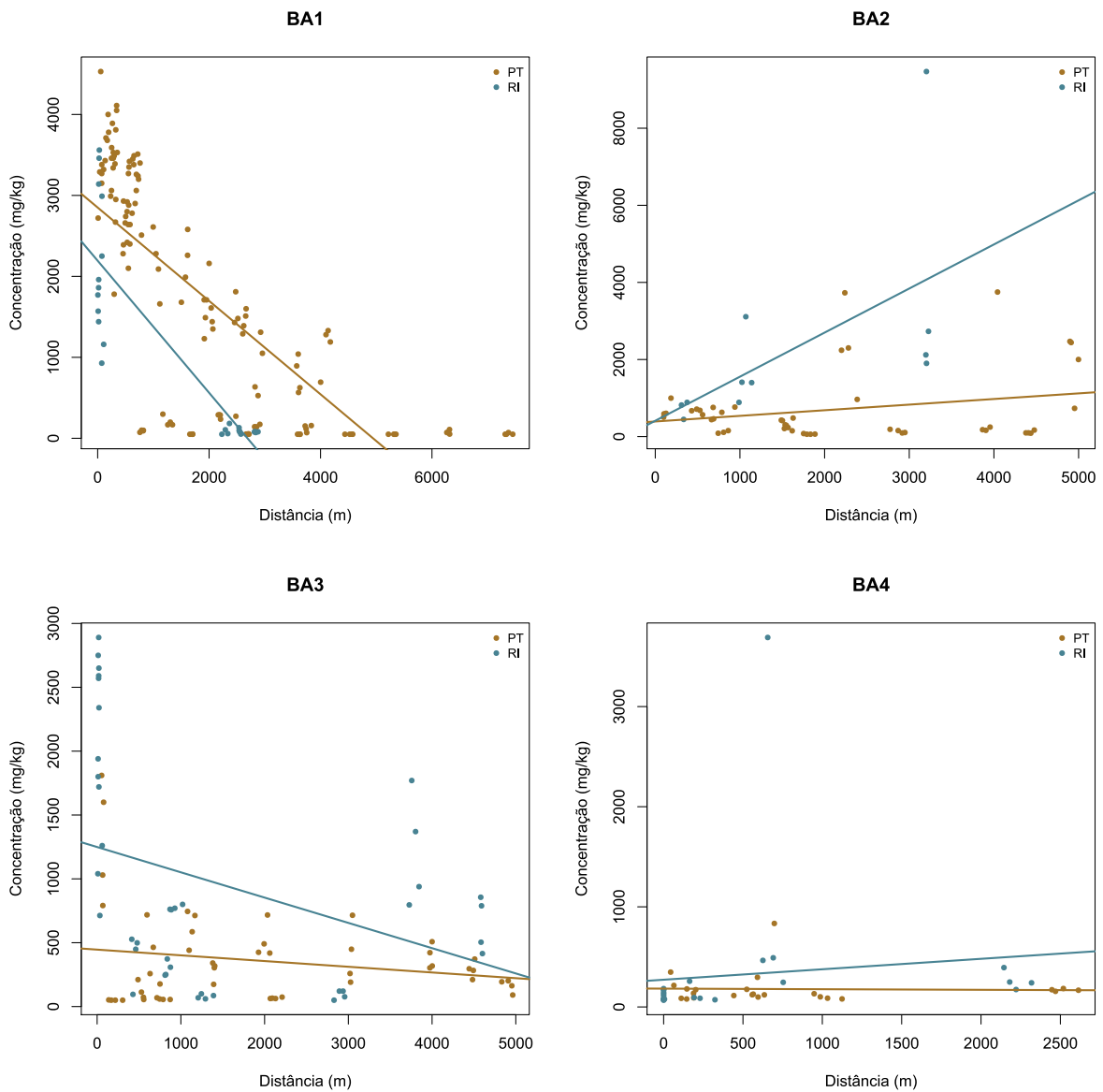


Figura 16. Concentração de magnésio por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.1.13. Manganês

As concentrações máximas ($6.190 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ – *outlier*) e mínimas ($8,10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) de manganês foram registradas nas *Parcelas Ripárias* do BA1 ($9.470 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$; **Gráfico 14**). O manganês não possui limite de prevenção no Brasil (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009). As *Parcelas Terrestres* foram diferentes entre o BA1 e BA2 (Teste de Nemenyi; $p = 0,002$), e BA1 e BA4 ($p < 0,001$), assim como entre BA3 e BA4 ($p = 0,001$). Porém, apesar de detectadas diferenças entre as *Parcelas Ripárias* globalmente não foi possível detectar em quais pares ocorriam essas distinções.

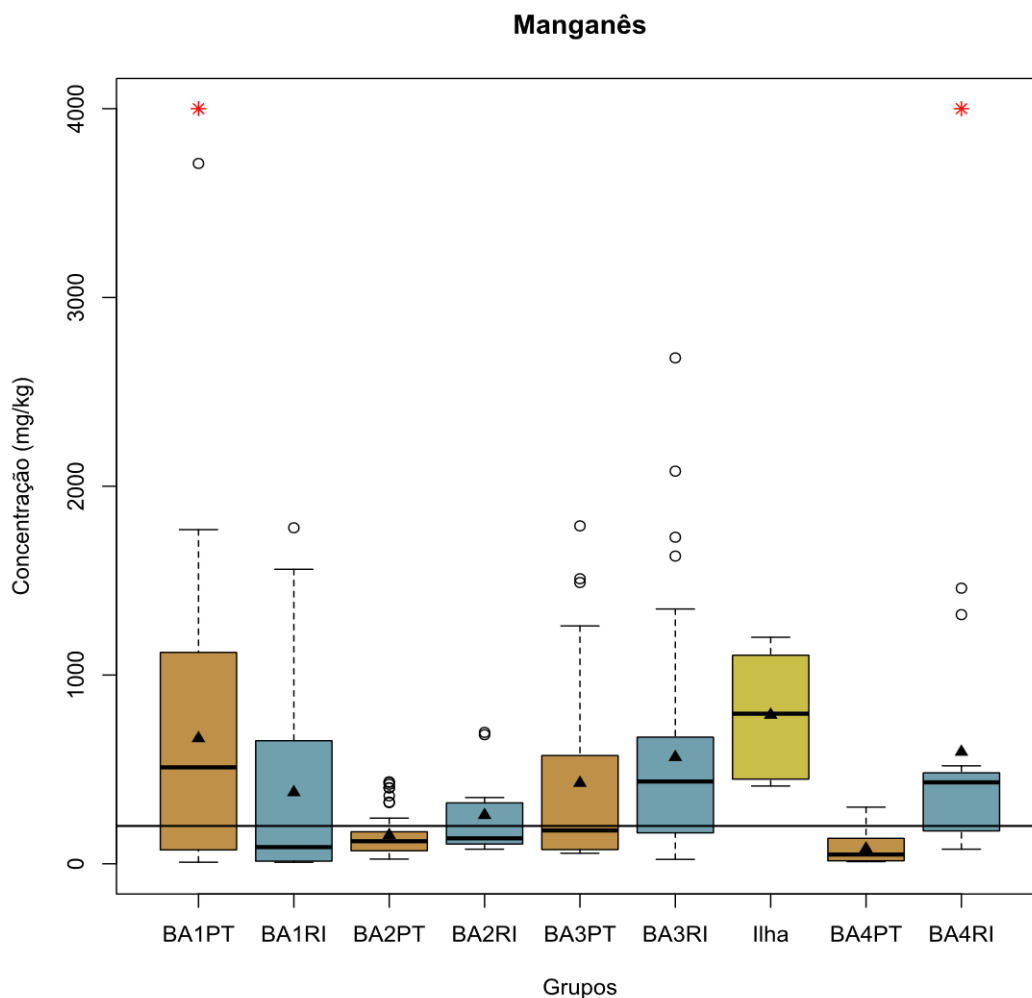


Gráfico 14. Diagrama *boxplot* com os teores de manganês identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global ($200,5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

No BA1, tanto *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 11\%$) quanto *Ripárias* ($R^2 = 47\%$) possuíram relação negativa entre a concentração de manganês e a distância do rio Doce. No BA2, as *Parcelas Ripárias* mostraram relação positiva, e para BA3 foram negativas. Nas demais Abordagens dos BA restantes, todos os ajustes foram nulos (**Figura 17**).

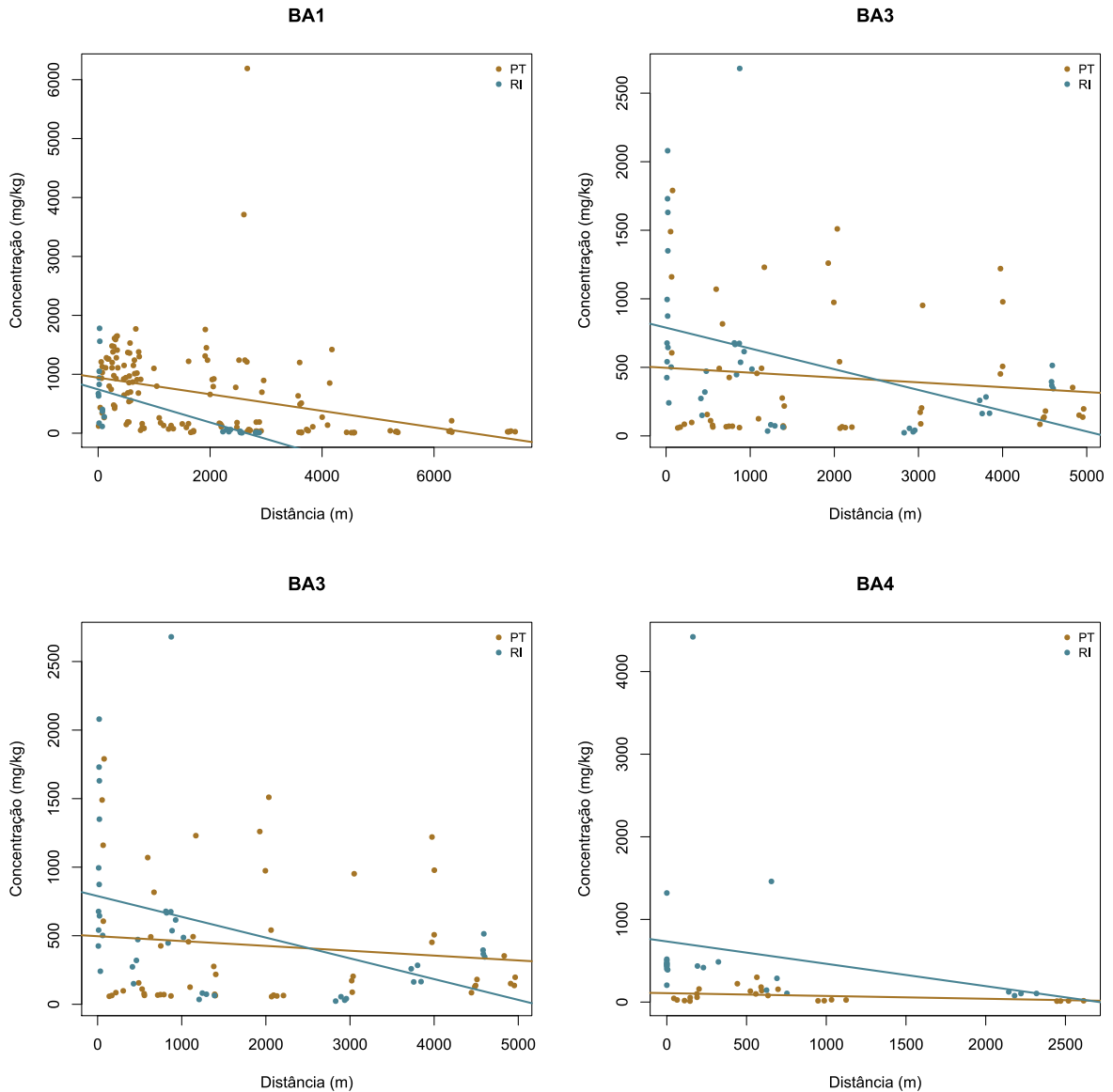


Figura 17. Concentração de manganês por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.1.14. Mercúrio

Os valores máximos ($0,45 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ – *outlier*) e mínimos ($0,05 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) de mercúrio foram registrados nas *Parcelas Ripárias* do BA4. O mercúrio possui limite de prevenção de $0,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009), e nenhuma amostra possuiu concentrações próximas ao do limite de prevenção (**Gráfico 15**). Para as *Parcelas Terrestres* todos ao BA foram diferentes entre si, à exceção de BA1 e BA4 (Teste de Nemenyi; $p = 0,983$). Nas *Parcelas Ripárias* foram detectadas diferenças significativas unicamente entre o BA2 e BA3 ($p = 0,002$).

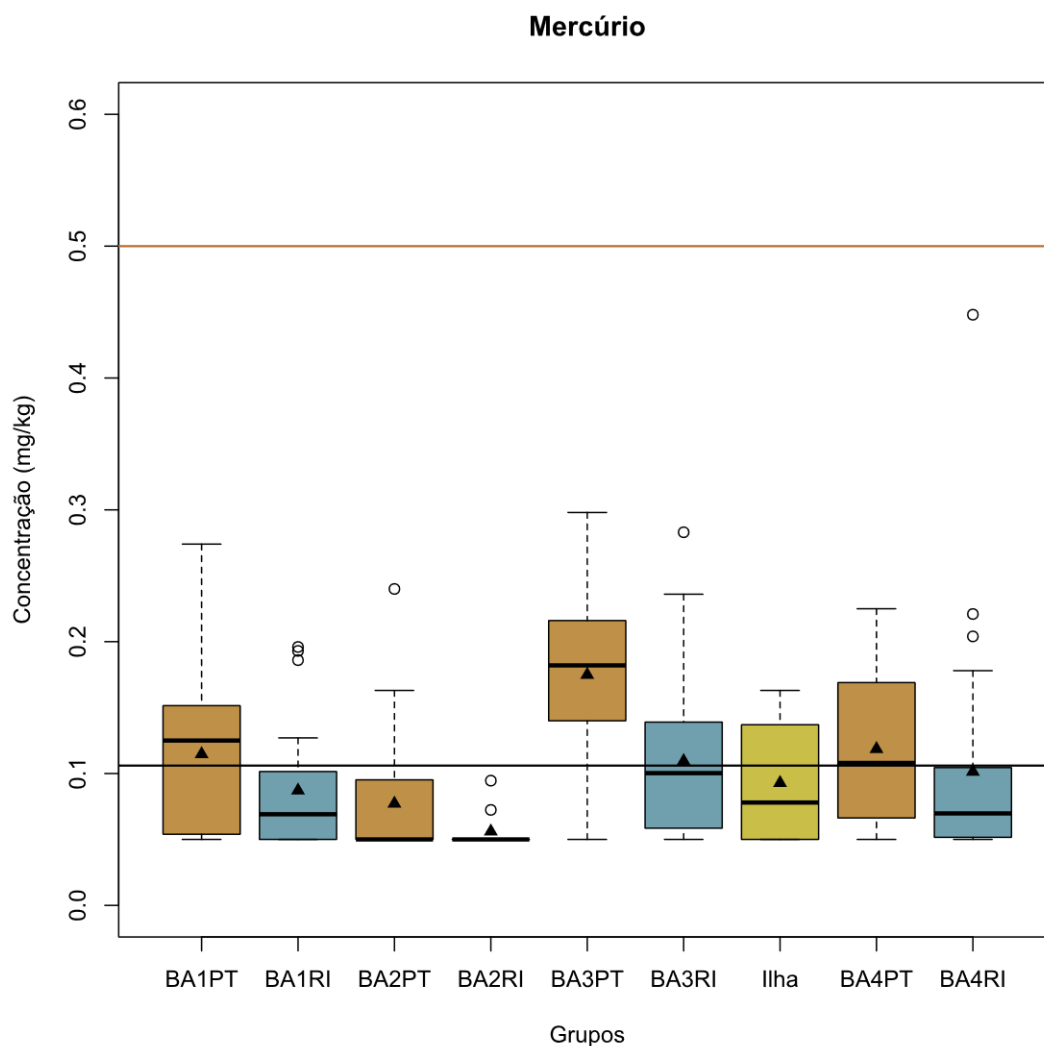


Gráfico 15. Diagrama *boxplot* com os teores de mercúrio identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global ($0,106 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$); linha laranja sinaliza o limite de prevenção determinado pelo CONAMA nº 420/2009. BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

No BA1, embora com ajuste baixo, houve relação negativa entre a concentração de mercúrio e a distância do rio Doce, para *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 16\%$) e *Ripárias* ($R^2 = 18\%$). Nas *Parcelas Ripárias* do BA2 ($R^2 = 25\%$) a relação foi positiva. Para as *Parcelas Terrestres* do BA2 e para ambas as Abordagens de BA3 e BA4 os ajustes foram nulos (**Figura 18**).

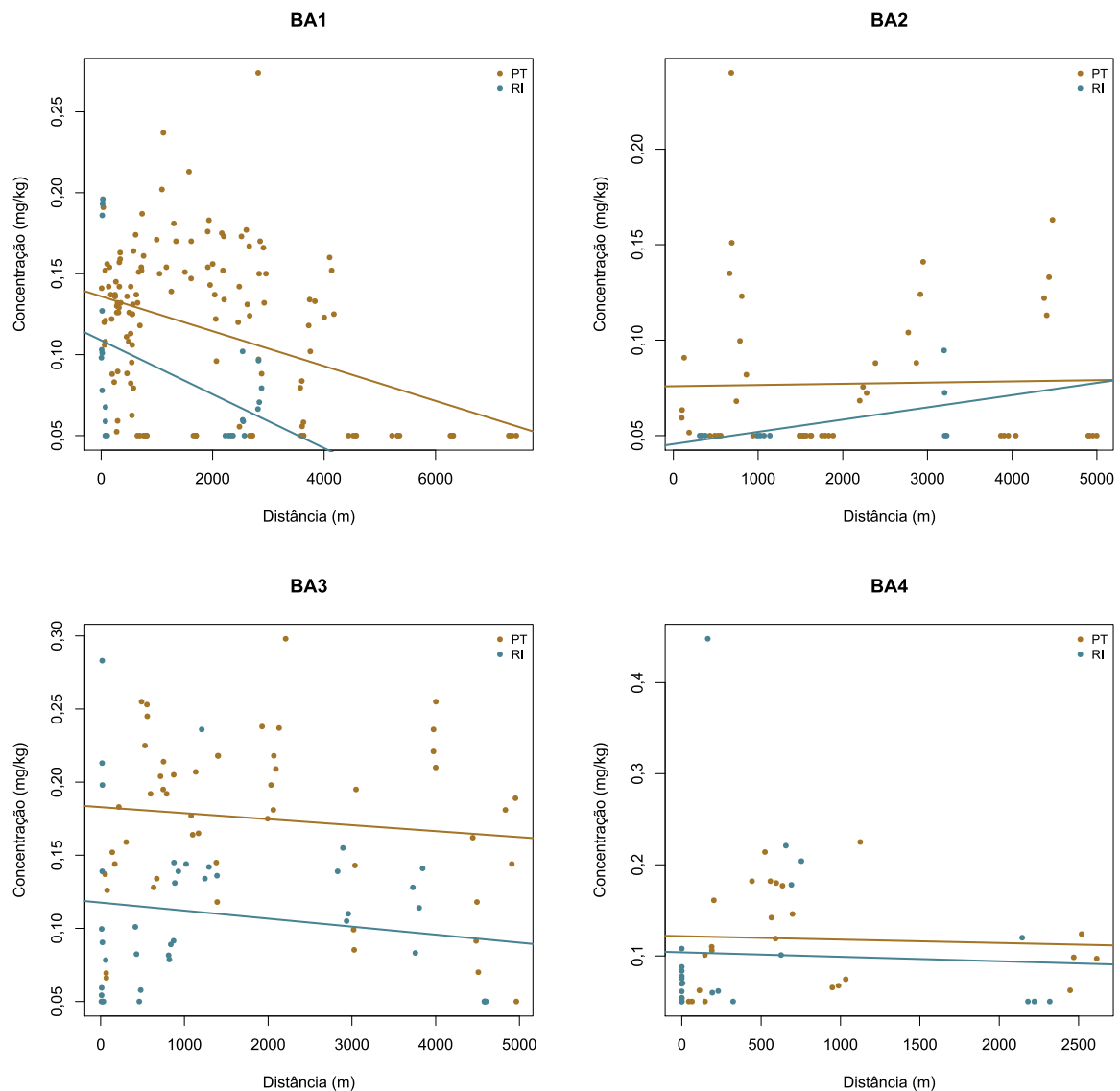


Figura 18. Concentração de mercúrio por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.1.15. Níquel

As maiores concentrações de níquel foram registradas nas *Parcelas Ripárias* do BA4 (272 mg*kg⁻¹ – *outlier*) e as mais baixas também nas *Ripárias* do BA1 (1,0 mg*kg⁻¹). O níquel possui limite de prevenção de 30 mg*kg⁻¹ (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009), e algumas amostras foram superiores a este limite: *Parcelas Terrestres* do BA1 (com 14% das amostras), BA3 (8%), BA4 (17%), e *Parcelas Ripárias* do BA1 (14%), B3 (10%) e BA4 (21%; **Gráfico 16**). Todas as *Parcelas Terrestres* de todos os BA foram diferentes entre si, à exceção de BA3 e BA1 (Teste de Nemenyi; p = 0,730), BA3 e BA4 (p = 0,374). Nas *Ripárias* detectamos diferenças apenas entre o BA3 e BA4 (p = 0,039).

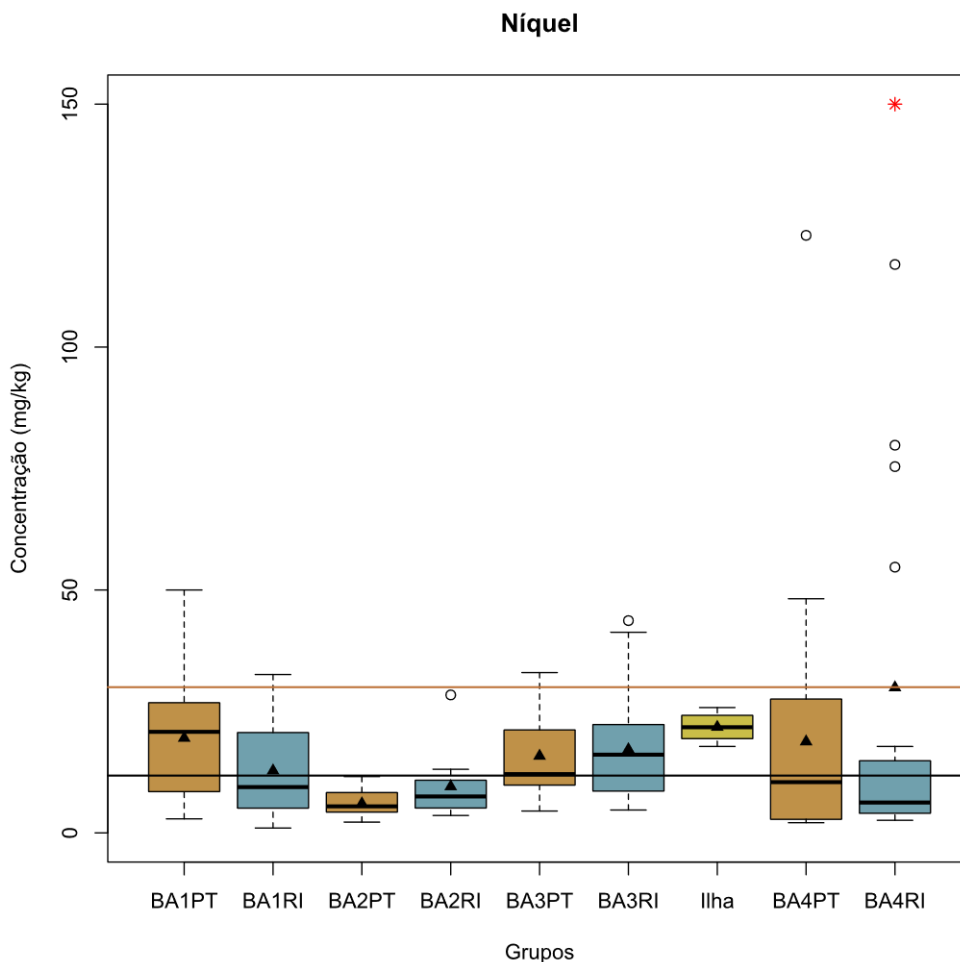


Gráfico 16. Diagrama *boxplot* com os teores de níquel identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (11,08 mg*kg⁻¹); linha laranja sinaliza o limite de prevenção determinado pelo CONAMA nº 420/2009. BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

No Ba1, tanto *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 30\%$) quanto *Ripárias* ($R^2 = 64\%$) mostraram relação negativa entre a concentração do metal e a distância do rio Doce. No BA2, a relação foi positiva para *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 20\%$) e *Ripárias* ($R^2 = 41\%$). No BA3, apenas as *Ripárias* mostram relação negativa ($R^2 = 20\%$). Nas demais Abordagens e no BA4 os ajustes foram nulos (**Figura 19**).

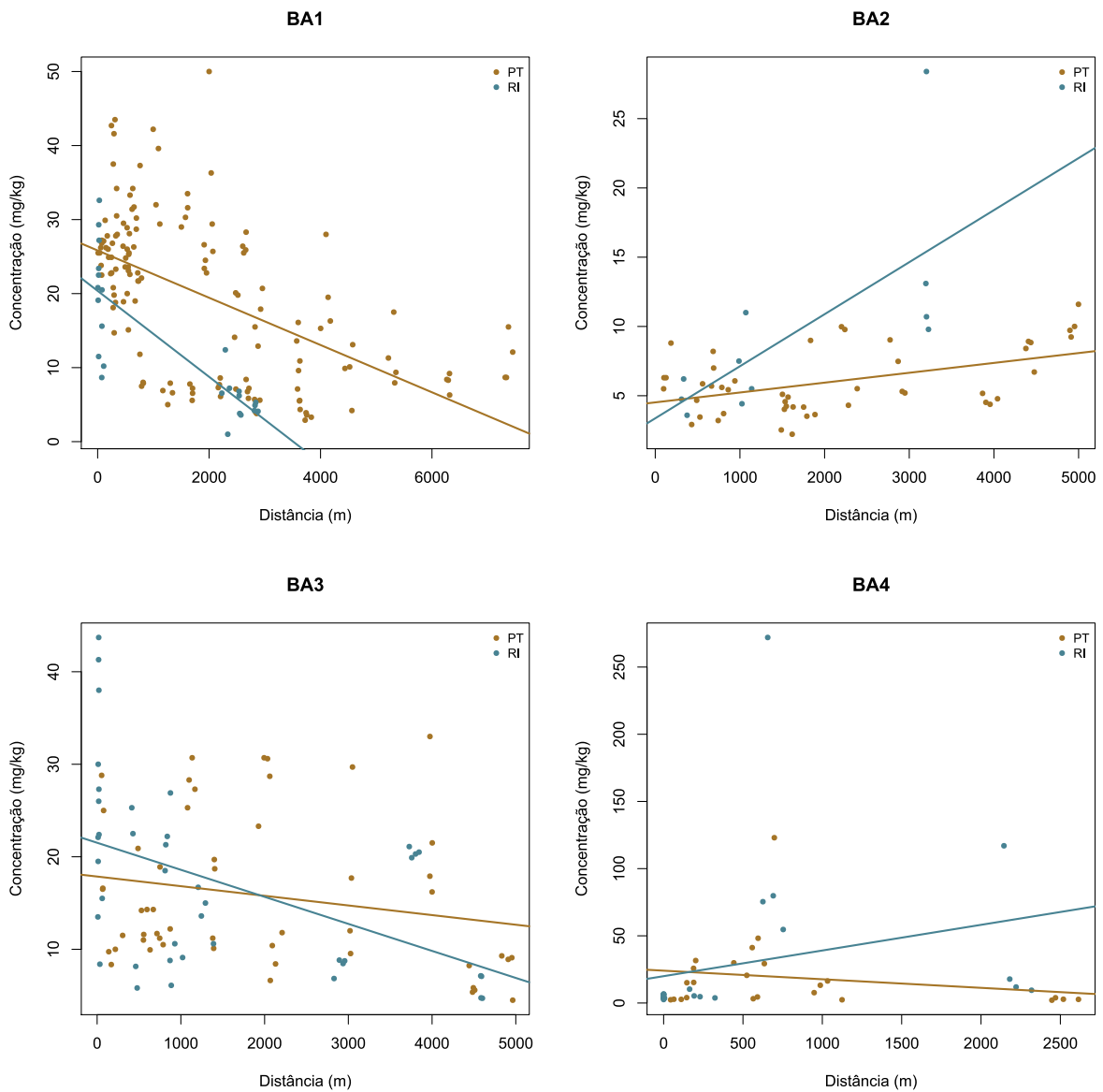


Figura 19. Concentração de níquel por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.1.16. Porcentagem de sólidos

O valor máximo da porcentagem de sólidos foi registrado nas *Parcelas Ripárias* do BA1 (99,80% p/p) e o mínimo nas *Terrestres* do mesmo BA (55,90% p/p; **Gráfico 17**). A porcentagem de sólidos não possui limite de prevenção no Brasil (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009). Foram diferentes as *Parcelas Terrestres* de BA2 e BA1, BA3 e BA4 (Teste de Nemenyi; $p < 0,001$). Nas *Parcelas Ripárias* apenas o BA3 diferiu de BA1 ($p = 0,012$), BA2 ($p = 0,001$) e BA4 ($p = 0,019$).

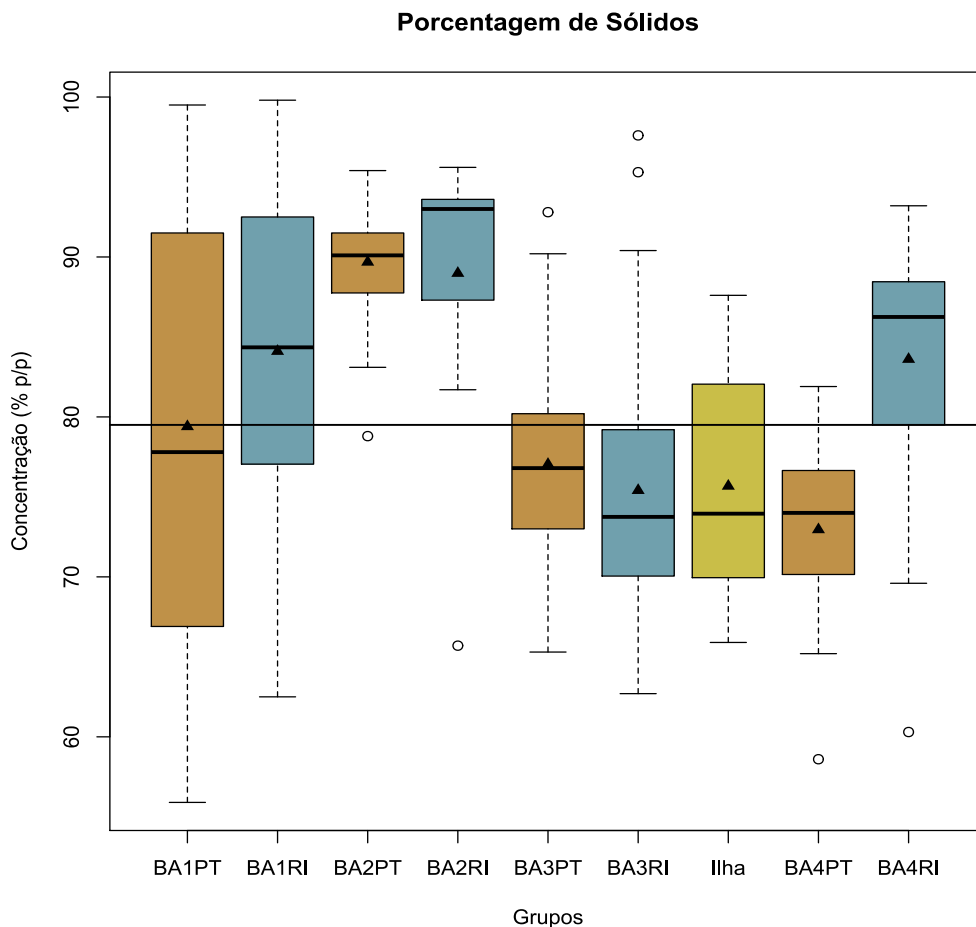


Gráfico 17. Diagrama *boxplot* com as porcentagens de sólidos identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (79,5% p/p). BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

No BA1, tanto *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 41\%$) quanto *Ripárias* ($R^2 = 63\%$) mostraram relação negativa entre o percentual de sólidos e a distância do rio Doce. Isto é, os percentuais diminuem à medida que as amostras foram coletadas a maior distância do leito. No BA3 ($R^2 = 11\%$) e BA4 ($R^2 = 40\%$), as relações também foram negativas para as *Parcelas Ripárias*. No BA2 e nas demais Abordagens do BA3 e BA4 os ajustes foram nulos (**Figura 20**).

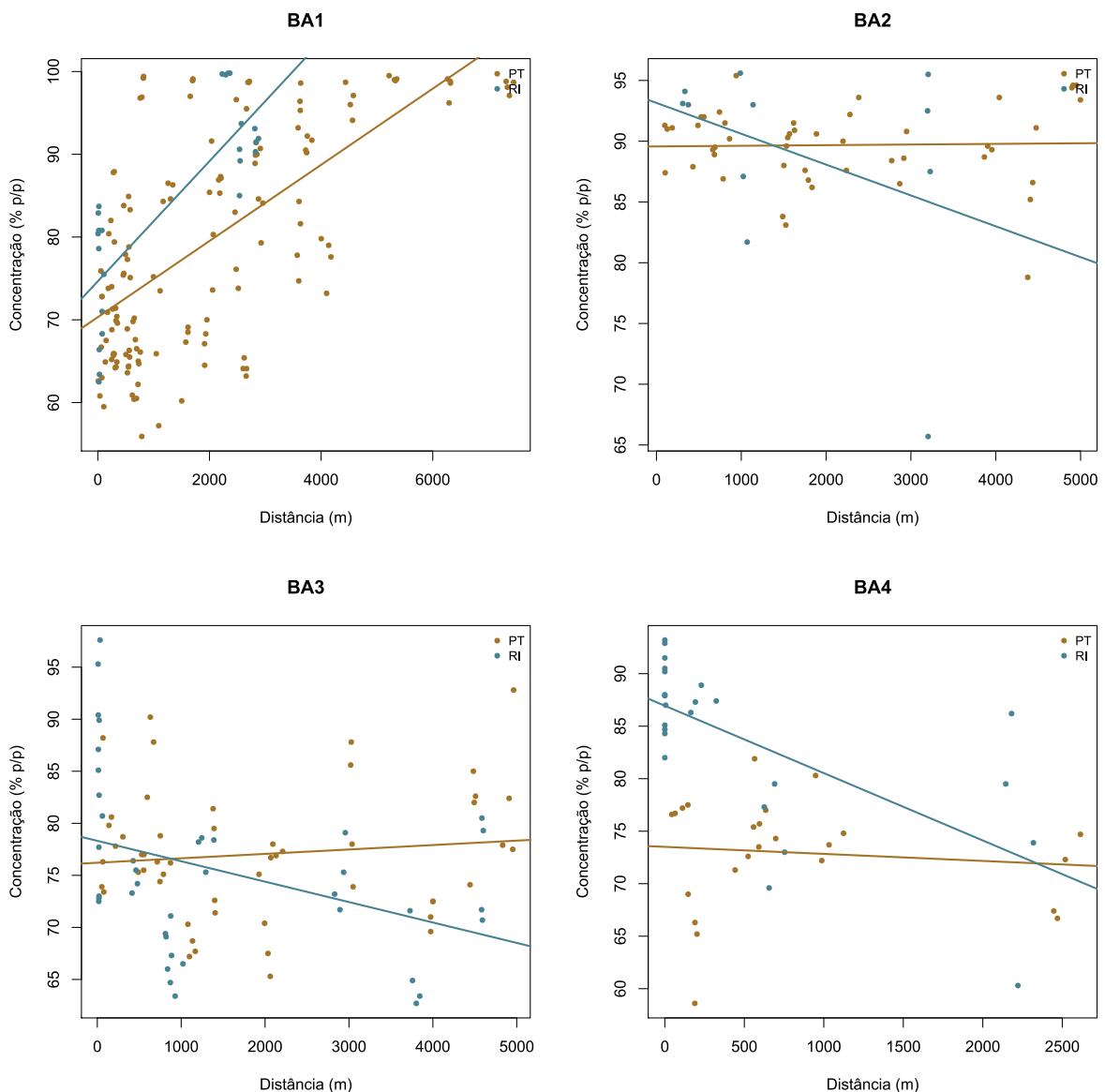


Figura 20. Concentração de porcentagem de sólidos por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.1.17. Potássio

As concentrações máximas ($5.900 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) e mínima de potássio foram registradas nas *Parcelas Ripárias* do BA2, mas esta última também nas *Parcelas Terrestres* do BA1 e *Ripárias* do BA1 e BA3 ($50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; **Gráfico 18**). O potássio não possui limite de prevenção no Brasil (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009). Houve diferença entre as *Parcelas Terrestres* do BA1 e BA3 (Teste de Nemenyi; $p = 0,001$) e BA1 e BA4 ($p < 0,001$), e para as *Parcelas Ripárias* de BA4 e BA2 ($p < 0,001$), e BA4 e BA3 ($p = 0,006$).

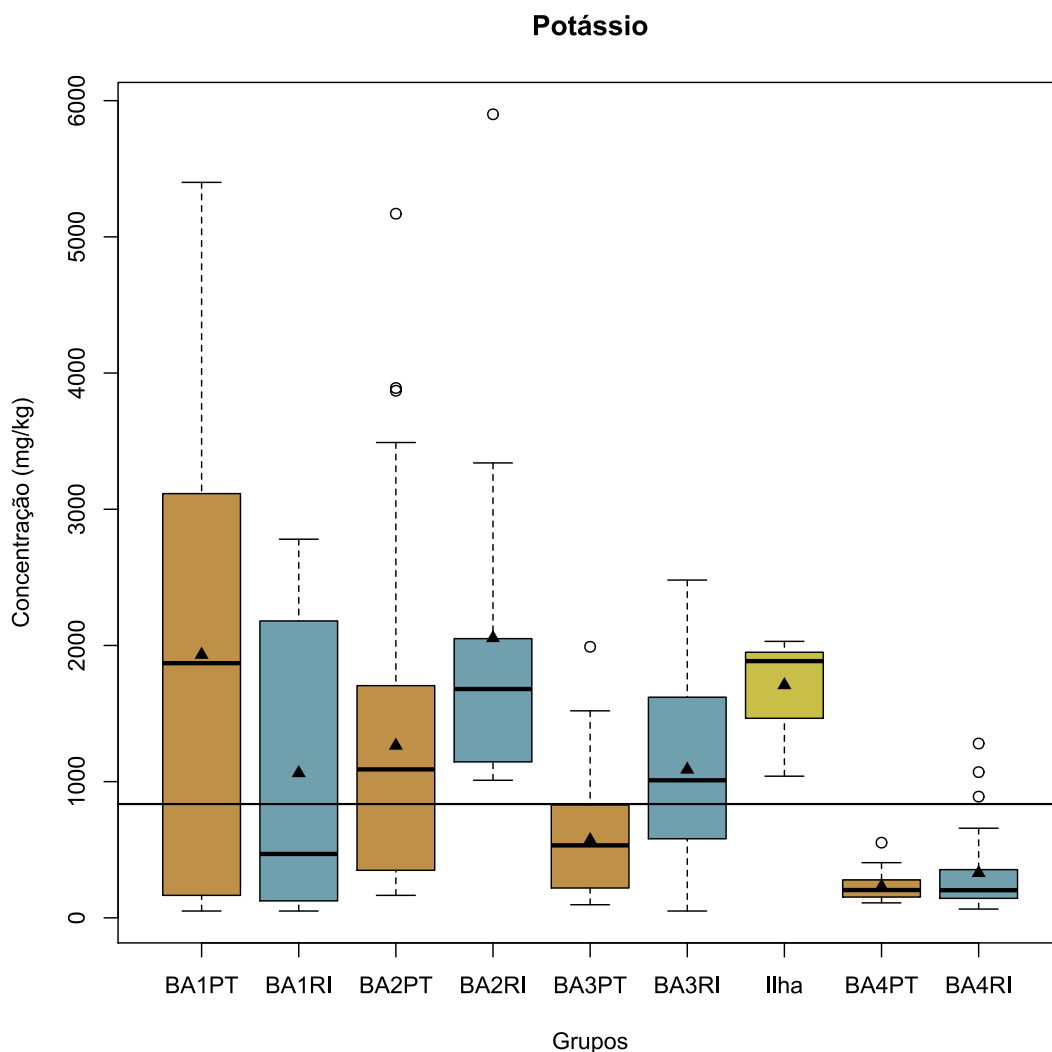


Gráfico 18. Diagrama *boxplot* com os teores de potássio identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global ($835,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

No BA1, tanto *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 51\%$) quanto *Ripárias* ($R^2 = 78\%$) mostraram relação negativa entre a concentração de potássio e a distância do leito do rio Doce. No BA4 as *Parcelas Ripárias* mostraram relação positiva ($R^2 = 80\%$). Em todas as outras Abordagens os ajustes foram nulos (**Figura 21**).

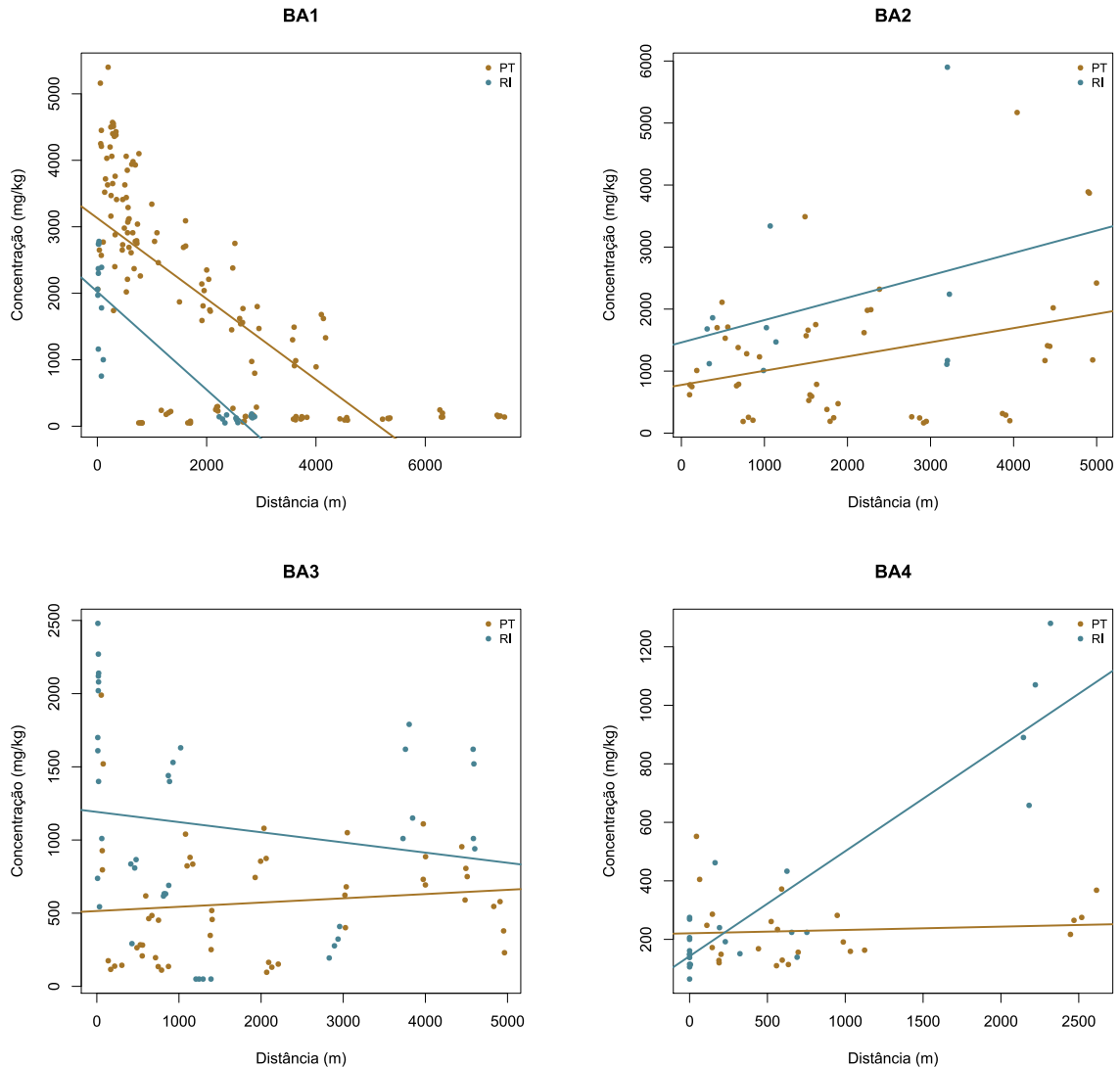


Figura 21. Concentração de potássio por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.1.18. Prata

Não realizamos análise gráfica, pois todas as amostras apresentaram resultados igual a $1,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, o que atende ao limite de $2,0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ estabelecido pela CONAMA nº 420/2009 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009).

8.4.2.1.19. Silício

As maiores concentrações de silício foram registradas nas *Parcelas Ripárias* do BA3 ($202.000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) e as mínimas nas *Parcelas Terrestres* do BA4 ($55,90 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; **Gráfico 19**). O silício não possui limite de prevenção no Brasil (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009). Houve diferença entre as *Parcelas Terrestres* do BA1 e BA2, e BA1 e BA3 (Teste de Nemenyi; $p < 0,001$), e entre as *Parcelas Ripárias* do BA2 e BA4 ($p = 0,046$).

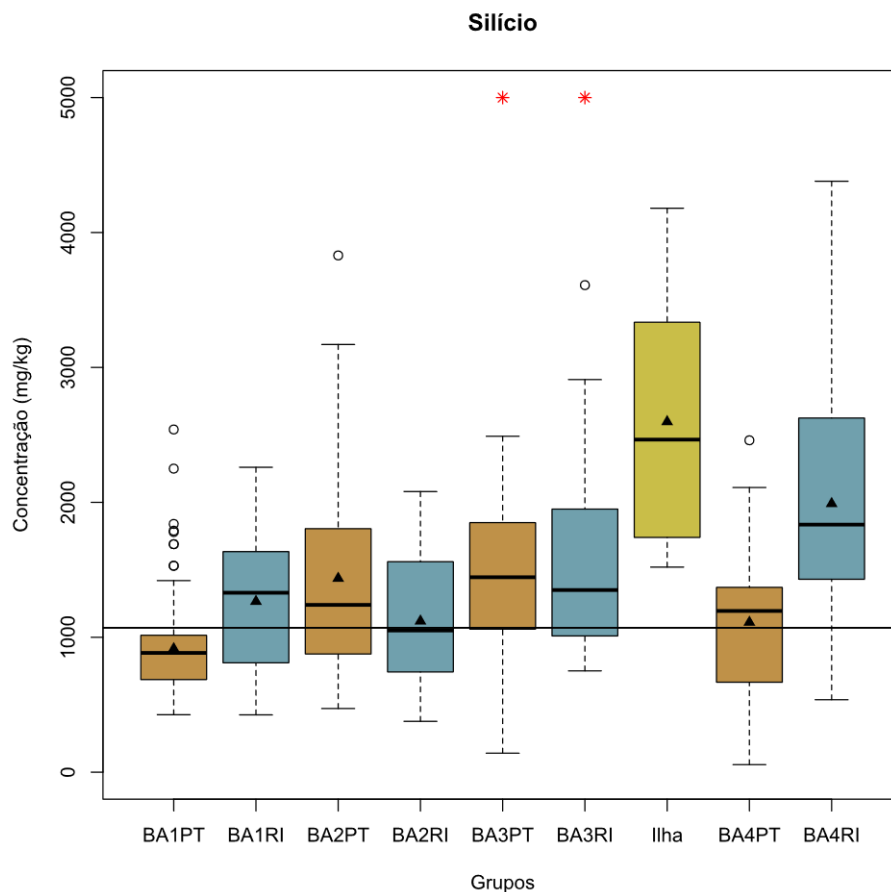


Gráfico 19. Diagrama *boxplot* com os teores de silício identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global ($1.070 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

No BA1, houve relação positiva entre a concentração de silício e a distância do leito do rio Doce ($R^2 = 34\%$). No BA2, as relações foram invertidas, positiva para as *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 32\%$) e negativa para as *Ripárias* ($R^2 = 32\%$). Para as *Parcelas Ripárias* do BA3 ($R^2 = 18\%$) a relação foi positiva. Nos demais casos todos os ajustes foram nulos (**Figura 22**).

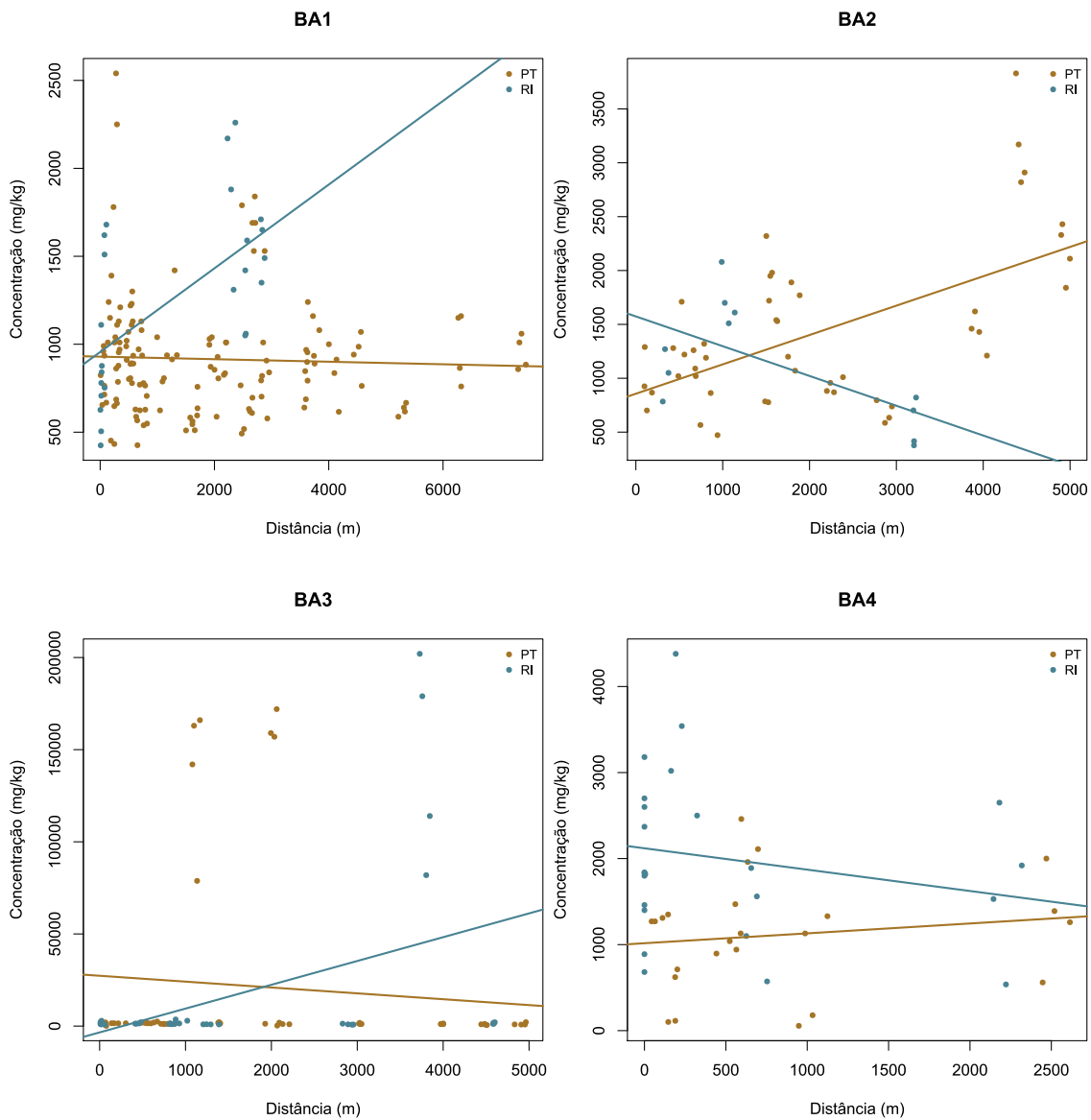


Figura 22. Concentração de silício por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.1.20. Sódio

As maiores concentrações de sódio foram registradas nas *Parcelas Terrestres* do BA1 (3.380 mg*kg⁻¹ - *outlier*) e os menores nas *Parcelas Terrestres* de BA1, BA2, BA3 e *Parcelas Ripárias* do BA3 (50 mg*kg⁻¹; **Gráfico 20**). O sódio não possui limite de prevenção no Brasil (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009). Detectamos diferenças apenas entre as *Parcelas Terrestres* entre os BA: BA3 e BA1, BA3 e BA2 (Teste de Nemenyi; $p < 0,001$), e entre BA1 e BA4 ($p = 0,018$).

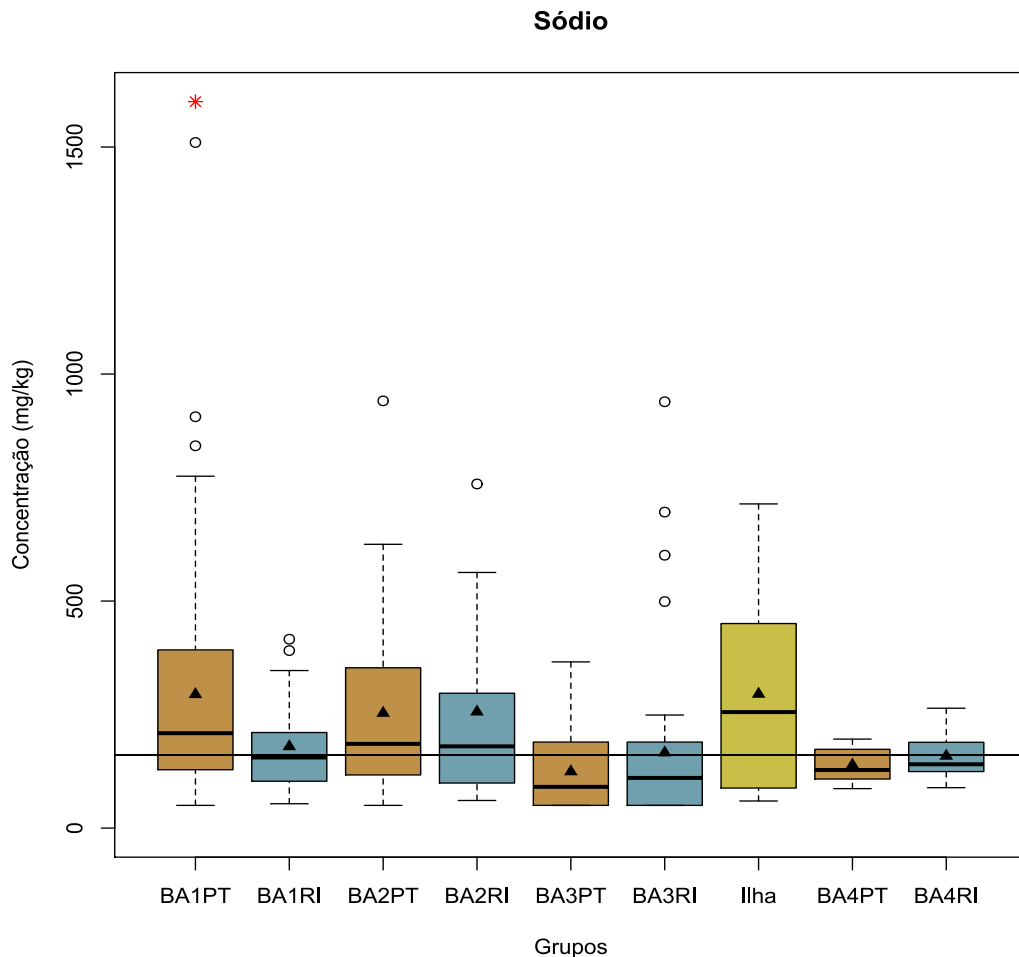


Gráfico 20. Diagrama *boxplot* com os teores de sódio identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (161 mg*kg⁻¹). BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

No BA2, as *Parcelas Ripárias* ($R^2 = 30\%$) mostraram relação negativa entre a concentração de sódio e distância do leito do rio Doce, oposto do observado para o BA4 ($R^2 = 21\%$). As demais Abordagens possuíram ajustes nulos entre as variáveis analisadas (**Figura 23**).

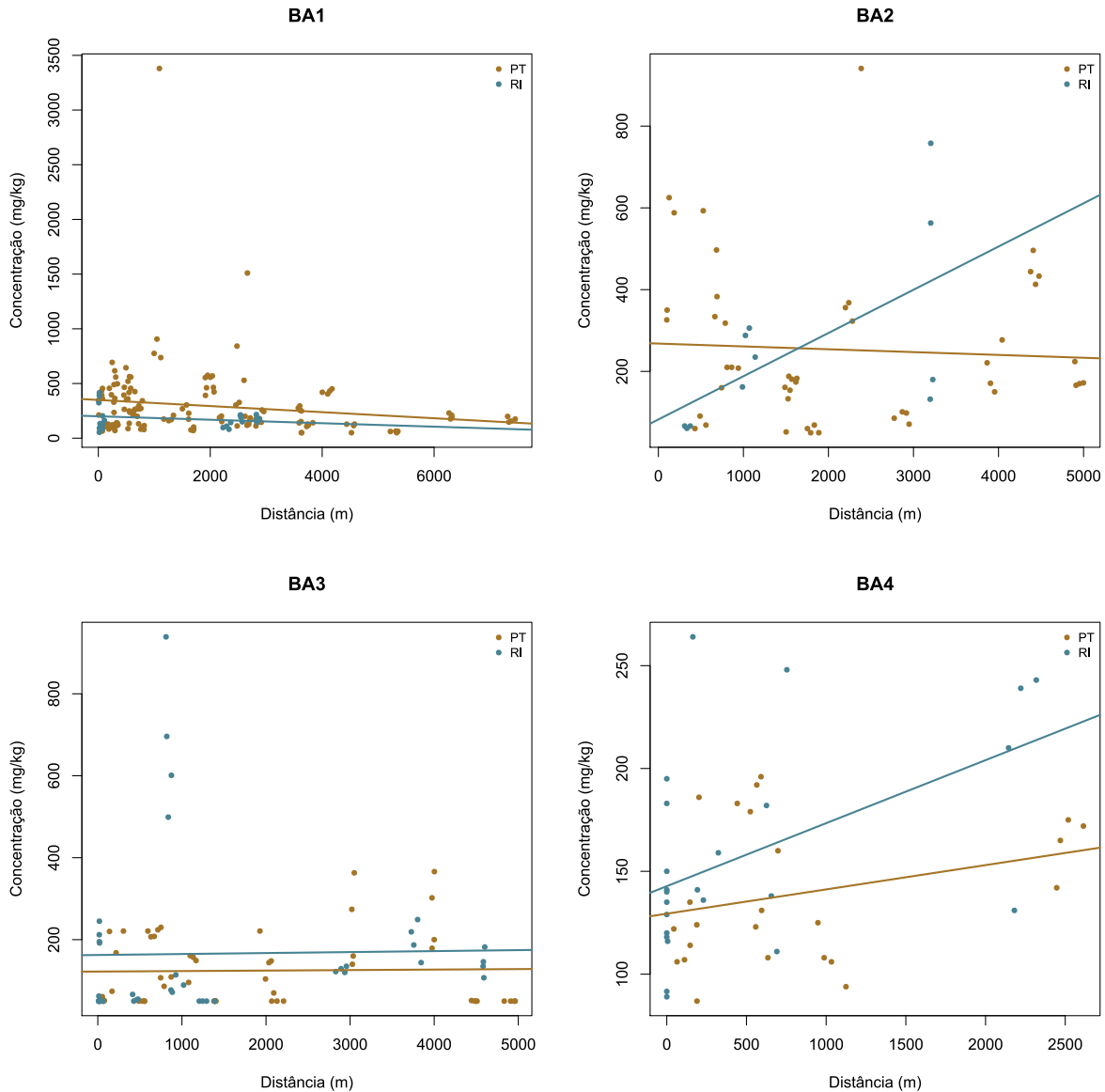


Figura 23. Concentração de sódio por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.1.21. Titânio

As maiores concentrações de titânio foram registradas nas *Parcelas Terrestres* do B4 (2.740 mg*kg⁻¹) e as mínimas no BA1 (33,2 mg*kg⁻¹; **Gráfico 21**). O titânio não possui limite de prevenção no Brasil (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009). Houve diferenças nas concentrações de titânio entre BA apenas entre as *Parcelas Terrestres*, de BA1 e BA3 (Teste de Nemenyi; p = 0,002), e para as *Parcelas Ripárias* de BA3 e BA4 (p < 0,001).

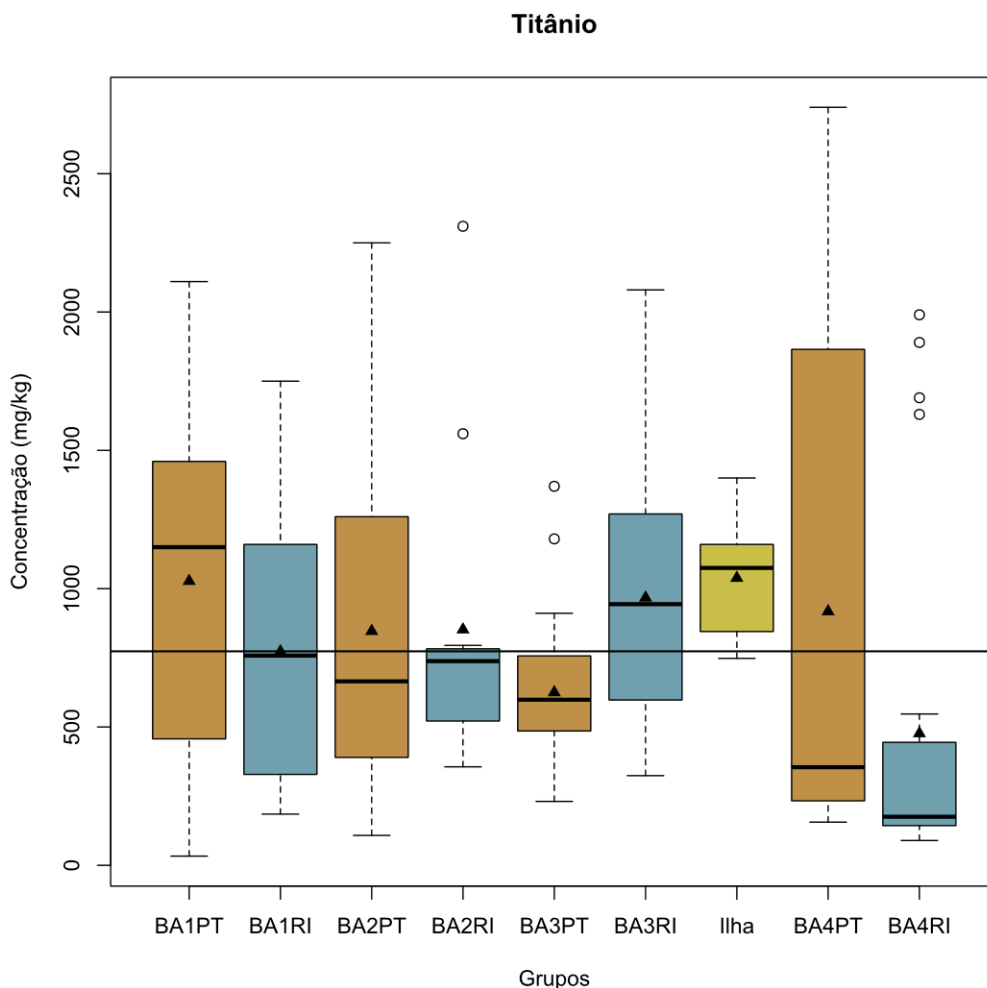


Gráfico 21. Diagrama *boxplot* com os teores de titânio identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (773,3 mg*kg⁻¹). BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

No BA1, tanto para *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 61\%$) quanto para as *Ripárias* ($R^2 = 67\%$) houve relação negativa entre a concentração de titânio e a distância do leito do rio Doce (**Figura 24**). Em todas as outras Abordagens nos BA restantes os ajustes dos modelos foram nulos.

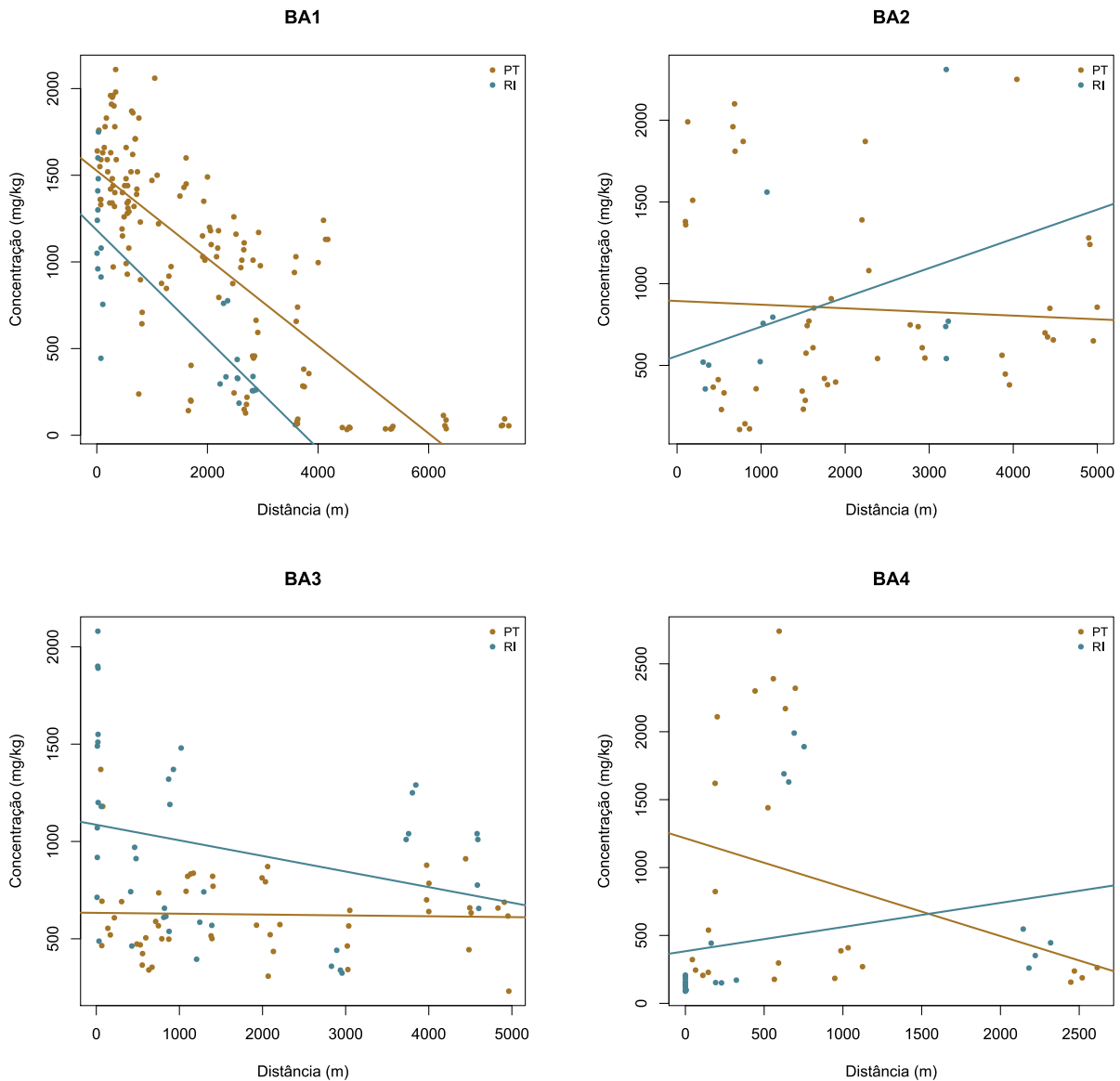


Figura 24. Concentração de titânio por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.1.22. Vanádio

As maiores concentrações de vanádio foram registradas nas *Parcelas Terrestres* do BA4 (355 mg*kg⁻¹) e as menores no BA1 (1,0 mg*kg⁻¹; **Gráfico 22**). O vanádio não possui limite de prevenção no Brasil (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009). Houve diferença entre as *Parcelas Terrestres* de BA3 e BA1, e BA3 e BA2 (Teste de Nemenyi; p <0,001) e para as *Parcelas Ripárias* de BA3 e BA1 (p = 0,012), e BA3 e BA4 (p = 0,002).

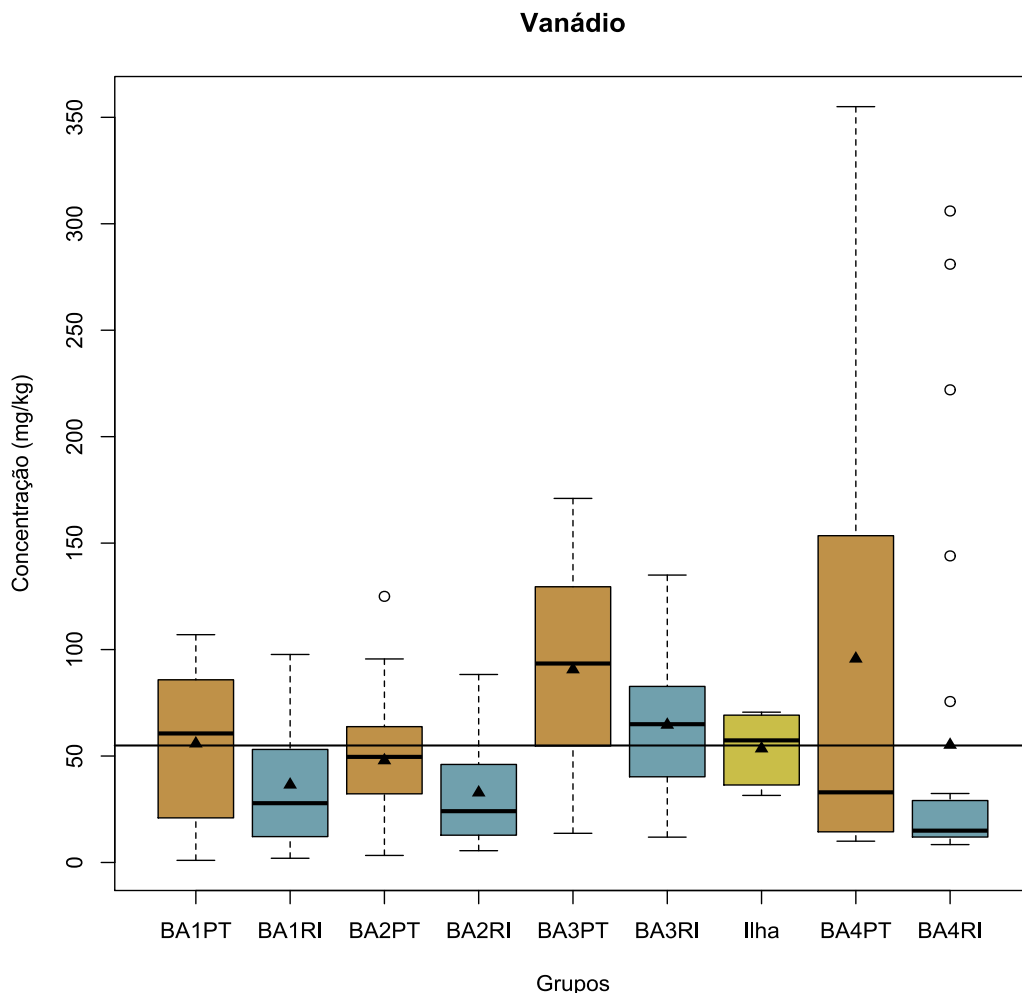


Gráfico 22. Concentração de vanádio por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (54,95 mg*kg⁻¹). BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

No BA1, tanto *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 50\%$) quanto as *Ripárias* ($R^2 = 57\%$) mostraram relação negativa entre as concentrações de vanádio e a distância do leito do rio Doce. Para as demais Abordagens os ajustes dos modelos foram baixos ou nulos (**Figura 25**).

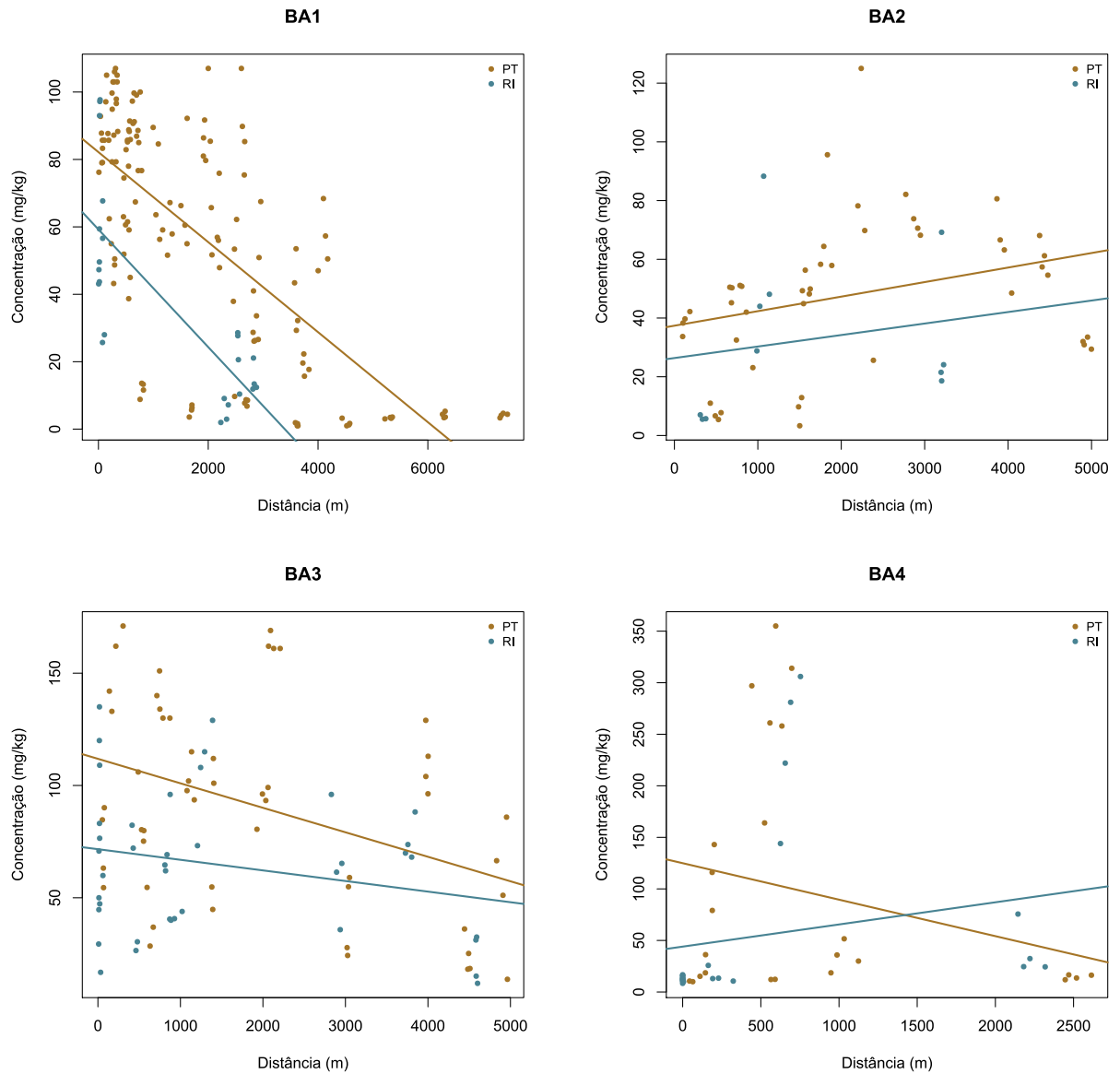


Figura 25. Concentração de alumínio por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.1.23. Zinco

A concentração máxima de zinco foi registrada nas *Parcelas Ripárias* do BA3 (148 mg*kg⁻¹ – *outlier*) e a mínima no BA1 (3,03 mg*kg⁻¹; **Gráfico 23**). Este metal possui limite de prevenção de 300 mg*kg⁻¹ (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009), e nenhuma amostra esteve acima deste limite. Detectamos diferenças entre as *Parcelas Terrestres* do BA1 em relação aos demais BA: BA2 (Teste de Nemenyi; p = 0,007), BA3 (p = 0,010) e BA4 (p = 0,030). Nas *Parcelas Ripárias* houve diferença entre o BA4 e BA1 (p = 0,042), e BA4 e BA3 (p < 0,001).

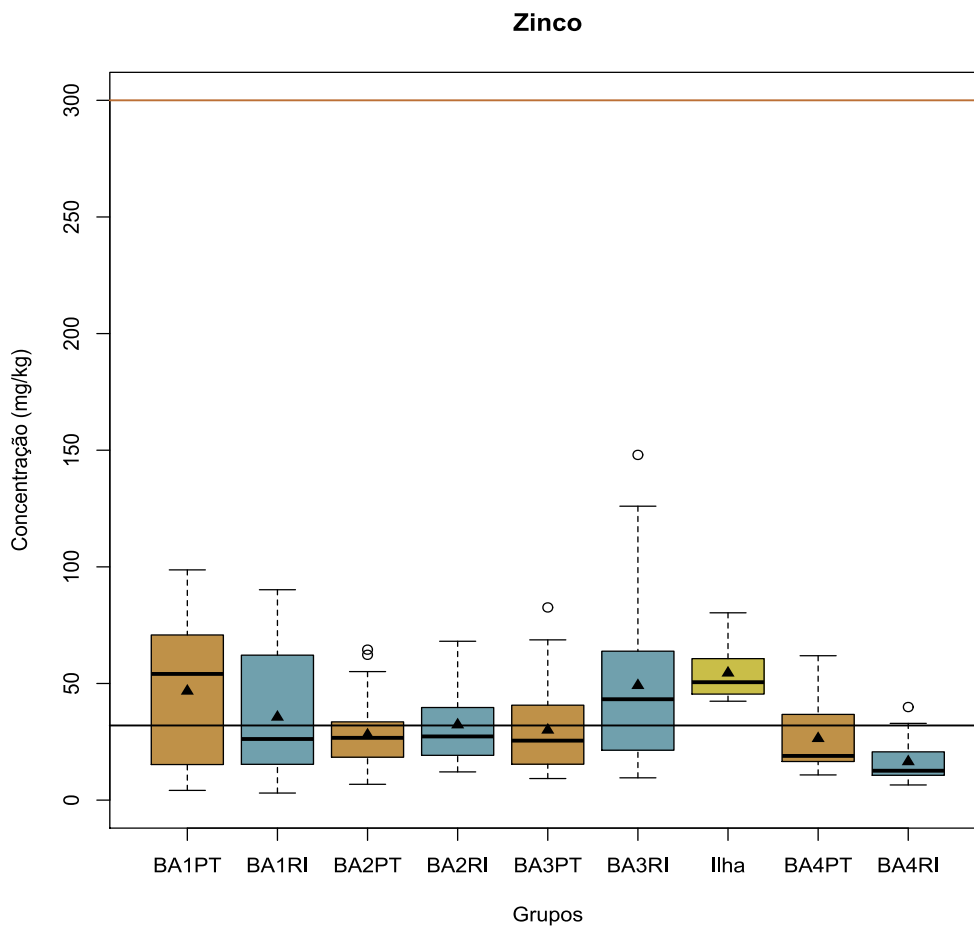


Gráfico 23. Diagrama *boxplot* com os teores de zinco identificados nas amostras de solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha preta sinaliza a mediana global (32 mg*kg⁻¹); linha laranja sinaliza o limite de prevenção determinado pelo CONAMA n° 420/2009. BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

No BA1, tanto *Parcelas Terrestres* ($R^2 = 40\%$) quanto as *Ripárias* ($R^2 = 59\%$) mostraram relação negativa entre as concentrações de zinco e a distância do leito do rio Doce. Para as demais Abordagens os ajustes dos modelos foram baixos ou nulos (**Figura 26**).

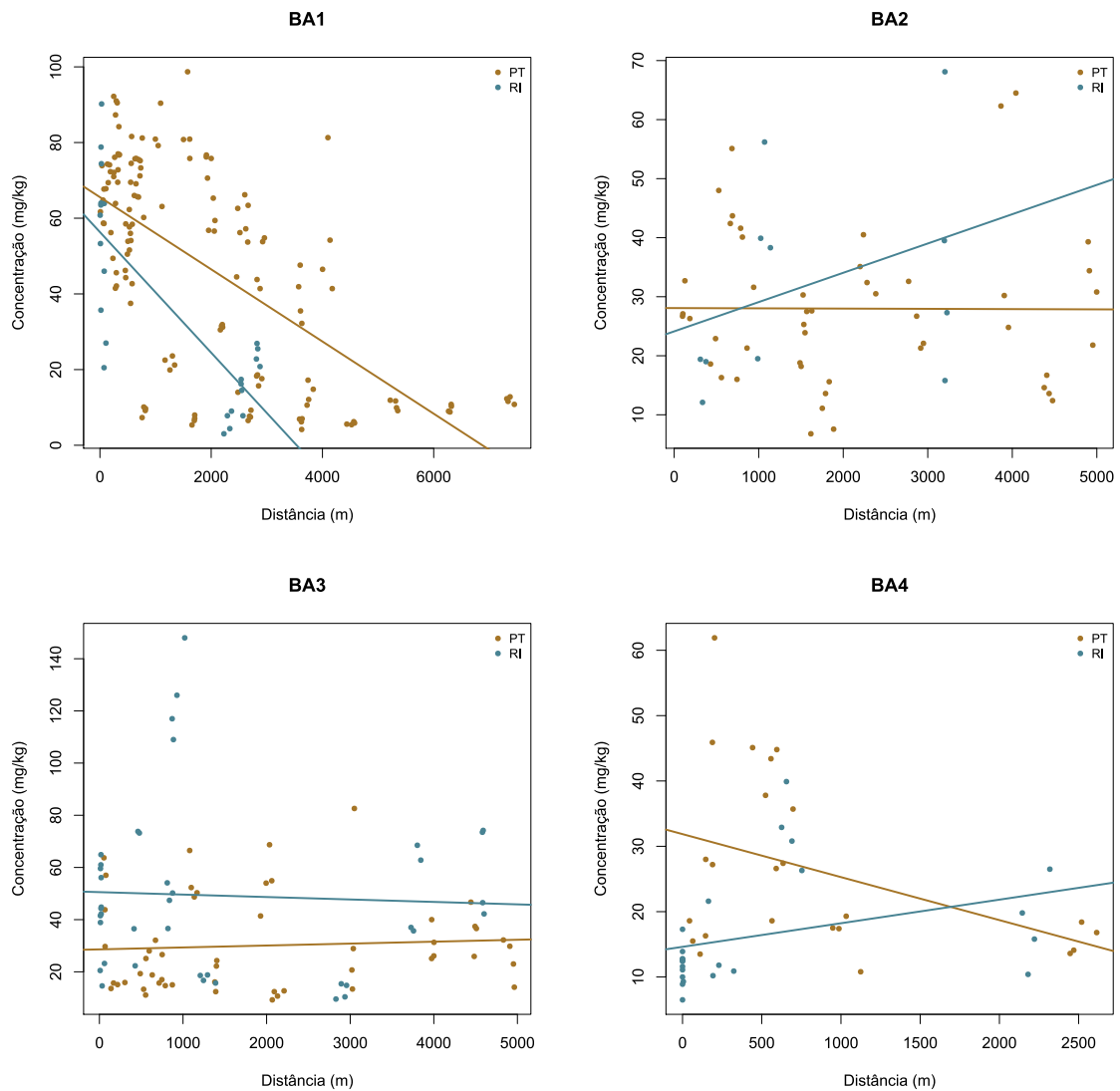


Figura 26. Concentração de zinco por BA e por Avaliação (*Parcelas Terrestres* ou *Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

8.4.2.2. Correlação dos metais em relação à distância do rio Doce

De forma geral, BA1PT, BA1RI, BA2RI e BA4RI concentram correlações fortes (Tabela 1), segundo o a classificação existente para intensidade de correlação (CALLEGARI-JACQUES, 2005).

Tabela 1. Coeficientes de correlação de Spearman entre as concentrações de metais pesados e a distância do leito do rio Doce, obtidos nas amostras de solo nos Blocos Amostrais e Abordagens (*Parcelas Terrestres e Ripárias*) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

Parâmetros	BA1PT	BA2PT	BA3PT	BA4PT	BA1RI	BA2RI	BA3RI	BA4RI
Alumínio	-0,42	-0,17	-0,13	0,38	-0,37	0,29	0,10	0,66
Arsênio	-0,75	-0,37	-0,39	0,07	-0,53	-0,27	-0,62	0,01
Bário	-0,61	-0,08	-0,12	0,21	-0,78	0,52	-0,28	0,14
Boro	-0,78	0,74	-0,21	0,06	-0,75	0,43	-0,45	-0,74
Cádmio*	-	-	-	-	-	-	-	-
Cálcio	-0,55	-0,26	-0,04	0,17	-0,77	0,69	-0,54	-0,39
Chumbo	-0,54	-0,33	0,16	-0,02	-0,56	-0,68	0,01	0,23
Cobalto	-0,55	0,16	0,00	-0,26	-0,84	0,76	-0,55	0,18
Cobre	-0,37	0,44	-0,27	0,10	-0,25	0,60	-0,38	0,57
Cromo	-0,49	0,09	-0,39	0,18	-0,45	0,39	-0,36	0,74
Ferro	-0,74	0,21	-0,23	0,02	-0,76	0,39	-0,52	-0,75
Fósforo	-0,76	0,18	-0,33	0,11	-0,66	-0,18	-0,32	-0,16
Ítrio	0,18	-0,20	-0,01	0,25	0,22	-0,75	-0,35	-0,15
Magnésio	-0,85	-0,10	0,03	-0,02	-0,75	0,82	-0,48	0,59
Manganês	-0,58	-0,25	0,01	-0,33	-0,88	0,53	-0,59	-0,60
Mercurio	-0,31	-0,02	0,01	0,21	-0,42	0,36	0,03	0,03
Níquel	-0,58	0,36	-0,26	-0,12	-0,82	0,65	-0,57	0,67
Porcentagem de Sólidos	0,61	0,04	0,02	-0,13	0,63	-0,37	-0,44	-0,68
Potássio	-0,78	0,11	0,17	-0,03	-0,72	0,25	-0,32	0,62
Prata*	-	-	-	-	-	-	-	-
Silício	-0,06	0,42	-0,37	0,16	0,63	-0,43	0,09	-0,08
Sódio	-0,19	-0,07	-0,09	0,20	-0,01	0,69	0,30	0,42
Titânio	-0,80	0,08	0,08	-0,20	-0,84	0,67	-0,34	0,70
Vanádio	-0,70	0,43	-0,30	0,01	-0,65	0,44	-0,15	0,65
Zinco	-0,61	-0,10	0,09	-0,27	-0,62	0,38	-0,03	0,48
Legenda	0	Nula	0 - 0,3	Fraca	0,3 - 0,6	Regular		
	0,6 - 0,9	Forte	0,9 - 1	Muito forte	1	Plena ou perfeita		

* Medições abaixo do limite de detecção do equipamento. BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

O banco de dados amostrados revelou que a maioria das correlações existentes foram fracas (44%), seguidas de regulares (31%) e fortes (24%), e apenas uma correlação nula (1%). Assim, é possível entender que na maior parte dos casos a variável distância e os respectivos resultados de concentração de metais pesados no solo pouco se correlacionam. A maior parte das correlações foi negativa, sendo a tendência de diminuição das concentrações de metais à medida que a distância para o rio aumenta. Quando estudadas apenas as correlações fortes, 64% das correlações fortes foram negativas, sendo a maior parte identificada no BA1 (BA1PT e BA1RI; **Gráfico 24**).

Existem mais correlações fracas (62%) nas *Parcelas Terrestres* do que nas *Parcelas Ripárias*, que por sua vez apresentam mais correlações fortes (38%) e regulares (38%; **Quadro 17**). Isto pode ser indício não só dos efeitos do derramamento do rejeito da barragem de Fundão, mas também da dinâmica de ocupação e uso do solo na **BHRD**, despejo de esgoto em natura e ou efluentes industriais diretamente no rio Doce. Por estarem espacialmente ao lado do leito, as *Parcelas Ripárias* estariam mais aptas a captar tais efeitos, como previsto nas premissas do estudo.

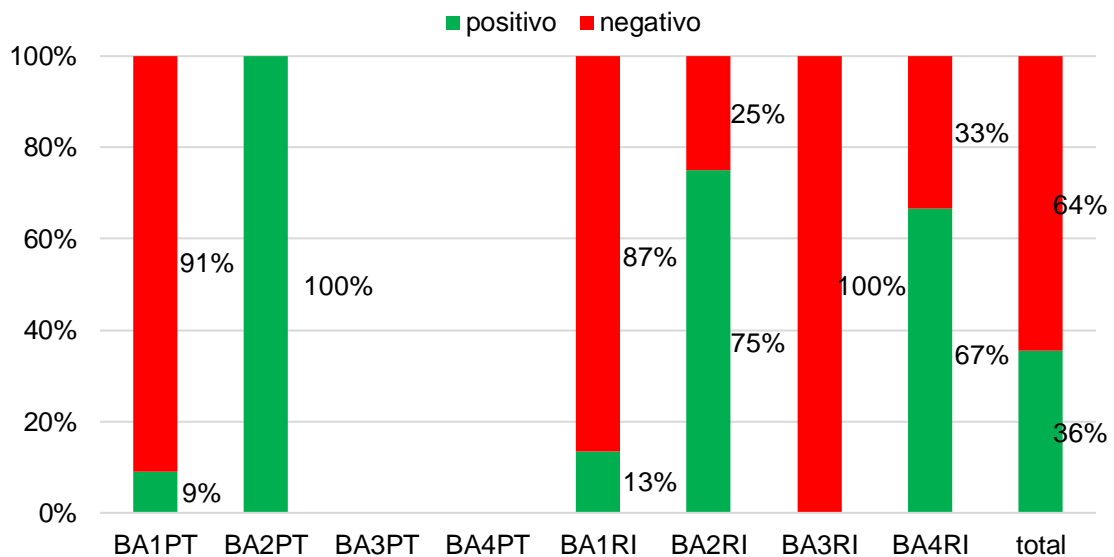


Gráfico 24. Correlações fortes de Spearman (positivas e negativas) do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. BA – Bloco Amostral; PT – *Parcelas terrestres*; RI – *Parcelas ripárias*.

Quadro 17. Percentual de correlação de Spearman entre as concentrações de metais pesados obtidos nas amostras de solo em *Parcelas Terrestres* e *Ripárias* do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

		Nula	Fraca	Regular	Forte	Muito forte	Plena
PT	BA1PT						
	BA2PT	1%	62%	24%	13%	0%	0%
	BA3PT						
	BA4PT						
RI	BA1RI						
	BA2RI	0%	24%	38%	38%	0%	0%
	BA3RI						
	BA4RI						

Legenda: A escala de cores revela a intensidade do percentual (verde é menor e vermelho maior).

8.5. Conclusão e recomendações

Este estudo apresentou os dados do primeiro ano do monitoramento da qualidade ambiental dos solos na **Área de Estudo** da Avaliação de Impactos Ambientais sobre a Fauna e Flora Terrestres, cumprindo, portanto, as diretrizes do Parecer Técnico relativos a este programa em específico. O planejamento de amostragens seguiu o protocolo RAPELD de amostragem, que não foi concebido para o estudo da fertilidade de solo como uma medida de contaminação ambiental. Portanto, as amostras obtidas não servem a detectar a presença de rejeito nos pontos amostrados. Não foram observadas anomalias ou distorções em relação ao que se espera de cada classe de solo.

O protocolo empregado em campo também não é adequado para que sejam identificadas as diferentes classes de solos, que demandariam expedição e métodos específicos para tal fim. A alternativa de consulta aos mapas de solos de MG e ES também não representa a melhor opção pois os mapas possuem escalas distintas (1:400.000 ES e 1:600.000 MG). Apresentamos as principais classes de solos que podem ocorrer nos pontos amostrados, mas um nível superior de precisão só pode ser atingido com o delineamento de perguntas específicas para tal objetivo, com verificação em campo correspondente.

Em relação a fertilidade é evidente que a maioria dos solos podem ser caracterizados como de baixa fertilidade. Esta baixa fertilidade se apresenta, basicamente, por baixos teores de pH, saturação por bases e disponibilidade de P e K. Em solos contaminados

por minério de ferro são esperados baixos teores de matéria orgânica e altos teores de silte, que poderiam alterar a drenagem e o potencial redox do solo, impactando a restauração natural dessas áreas. Entretanto, encontramos esse padrão na maioria das amostras analisadas, próximo ao leito do rio Doce (*Parcelas Ripárias*) e mais distantes (*Parcelas Terrestres*).

Em relação a caracterização de metais com potencial à contaminação nas áreas alteradas, apenas chumbo, mercúrio e zinco não ultrapassaram os valores de referência (VR) estabelecido pela CONAMA nº 420/2009 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009). O limite foi ultrapassado para seis dos nove metais que possuem VR (**Quadro 18**). O valor máximo ultrapassado ocorreu nas *Parcelas Terrestres* do BA1 para o bário, em 50%, e para o cromo, em 48% das amostras do BA3. No BA4, o cromo foi o elemento químico que mais ultrapassou o limite de prevenção, em 25% das amostras das *Parcelas Terrestres* e 29% das *Ripárias*. Em média, as ultrapassagens chegaram a 16%, não excedendo em grandes proporções os limites estabelecidos pela CONAMA nº 420/2009 (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009).

Em relação as substâncias químicas de interesse (SQIs), verificamos aumentos pontuais na quantidade de alumínio nas *Parcelas Terrestres* do BA1 (136.000 mg*kg⁻¹). O ferro esteve mais presente *Ilha 9I* (241.000 mg*kg⁻¹) do BA3 e nas *Parcelas Ripárias* do BA4 (201.000 mg*kg⁻¹). O Bloco Amostral que apresentou, em média, a maior concentração do manganês foi o BA3, na parcela da *Ilha 9I*, seguido de *Parcelas Terrestres* do BA1.

Não observamos relação as concentrações dos elementos analisados em relação a distância do leito do rio Doce para as *Parcelas Terrestres*, que apresentaram, em sua maioria, correlações fracas. Entretanto, o cenário para as *Parcelas Ripárias* foi diferente, que mostraram recorrentemente correlações regulares e fortes entre as concentrações dos metais e a distância do rio Doce. Essas correlações encontradas foram, predominantemente negativas, ou seja, à medida que a distância do rio aumenta as concentrações dos metais tendem a diminuição (sobretudo no BA1 e BA3).

Quadro 18. Síntese de concentrações de metais pesados que possuíram amostras com valores acima do limite de prevenção definidos pela Resolução CONAMA nº 420/2009, por BA, no estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

Parâmetro	Limite de prevenção	BA	Parcela	% de ultrapassagem
Arsênio	15 mg*kg ⁻¹	BA1	PT	13%
		BA3	PT	4%
		BA3	RI	23%
		Ilha 9I		25%
		BA4	RI	13%
Bário	150 mg*kg ⁻¹	BA1	PT	50%
		BA1	RI	25%
		BA2	PT	17%
		BA2	RI	27%
		BA3	PT	12%
		BA3	RI	18%
Cobalto	25 mg*kg ⁻¹	BA4	RI	4%
		BA1	PT	3%
		BA1	RI	8%
		BA3	RI	5%
Cobre	60 mg*kg ⁻¹	BA4	RI	4%
		BA1	PT	3%
Cromo	75 mg*kg ⁻¹	BA4	PT	17%
		BA4	RI	17%
		BA1	PT	18%
		BA1	RI	4%
		BA2	PT	2%
		BA3	PT	48%
		BA3	RI	20%
BA4	PT	25%		
Níquel	30 mg*kg ⁻¹	BA4	RI	29%
		BA1	PT	14%
		BA1	RI	4%
		BA3	PT	8%
		BA3	RI	10%
		BA4	PT	17%
		BA4	RI	21%

Legenda: BA – Bloco Amostral; PT – Parcelas terrestres; RI – Parcelas ripárias; Fonte: (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2009).

Para significativo avanço no monitoramento da qualidade do solo relativo à contaminação de metais e da fertilidade dos solos na **Área de Estudo** é recomendável a readequação da rede amostral na posição da topossequência. Especificamente para

a análise de fertilidade, é importante que se faça nos próximos monitoramento a compartimentação da paisagem em glebas homogêneas de vegetação, topografia e solo (cor e manejo) dentre outras variáveis. Recomenda-se também a retirada de uma amostra composta em uma única profundidade: em áreas de pastagens e vegetação rasteira a profundidade de 0 a 10 cm deve ser adotada; em áreas de culturas agrícolas adotar de 0 a 20 cm e, em caso de vegetação florestal, 0 a 30 cm de profundidade. No entanto, para fins de avaliação ambiental, sugere-se a profundidade única de 0 a 20 cm.

É essencial que as análises químicas sejam realizadas por laboratório de Minas Gerais com credenciamento e controle de qualidade do PROFERT (Programa de Fertilidade dos Solos de Minas Gerais). Isto permitiria a utilização de tabelas de referência adequadas para solos de Minas Gerais. No caso do Espírito Santo a utilização de métodos de análises e tabelas de interpretação de Minas Gerais tem sido comum, sem qualquer prejuízo à qualidade das informações e recomendações.

Na possibilidade de revegetação de áreas diretamente afetadas, a correção do solo vai depender do objetivo desse processo. Solos de fundos de vales são comumente usados para a produção agrícola ou pastagem. Neste caso, é recomendável o uso de calcário e adubações com NPK para aumentar a produtividade, desconsiderando-se qualquer impedimento de ordem física decorrente da presença de rejeito. No caso de recomposição ou implantação de APPs como matas ripárias ou ciliares aos cursos d'água, o pH não seria problemático para espécies arbóreas. No entanto, inicialmente há demanda por uma adubação fosfatada de arranque para as mudas plantadas. As adubações com N e K devem ser realizadas com níveis mais baixos que a utilizada para os cultivos agrícolas ou de pastagem e com maiores parcelamentos a fim de que se minimize a possibilidade de contaminação de *lençol* freático e cursos d'água.

Como considerações gerais sobre este Estudo de Qualidade do Solo, destacamos que a ausência de um *background* para a análise dos solos, considerando amostras padrões encontradas na **Área de Estudo** fora da zona potencial de contaminação, assim como, o atual monitoramento dos pontos amostrais, não oferecem contribuição para responder se houve ou não contaminação dos solos. Logo, como principal objetivo apresentado, o delineamento proposto para o estudo de solos pretendeu atender a análise da biodiversidade das plantas e animais presentes em tempo e espaço nos pontos amostrais, cumprindo o objetivo de fornecer informações e subsidiar a avaliação dos impactos do desastre sobre as espécies da fauna e flora, no que tange a influência do impacto do desastre sobre os solos associados.

9. ESTUDO DE ANÁLISE DA PAISAGEM

9.1. Introdução

Medidas de estruturação da paisagem ou métricas de paisagem foram criadas como o objetivo de caracterizar uma paisagem a partir da forma, tamanho, quantidade e dispersão geográfica dos elementos que a compõe (VOLOTÃO, 1998). Sendo assim, as mudanças ocorridas em uma paisagem podem ser estudadas por meio da avaliação de índices ou métricas da paisagem para caracterização quantitativa, o que permite comparações entre paisagens, identificação de diferenças e relações entre os processos funcionais nessas paisagens (CABACINHA; CASTRO; GONÇALVES, 2010). Este arcabouço teórico faz parte da área da Ecologia da Paisagem, que procura entender como as relações espaciais (geográficas) influenciam processos ecológicos. É definida como o estudo da estrutura, da função e da transformação em áreas heterogêneas composta por ecossistemas interativos (FORMAN; GODRON, 1986).

As métricas da paisagem podem ser quantificadas tanto para manchas ou fragmentos individuais quanto para classes de manchas, ou ainda para a paisagem como um todo (MCGARIGAL; MARKS, 1995). De maneira geral, quando se realiza estudos em paisagens antropizadas com remoção da vegetação natural, as manchas são comumente em vegetação florestal, inseridas em uma matriz que abrange a maior parte da paisagem.

Diante do cenário atual de fragmentação da Mata Atlântica e, por se tratar de uma região sob constante pressão antrópica, foram analisados neste estudo os mapas anuais de cobertura e uso do solo do Projeto MapBiomas entre o período de 1985 a 2017, cujo padrão encontrado para o ano de 2016 corrobora com o mapeamento da Golder (GOLDER ASSOCIATES, 2016) na reconstrução das condições da linha de base. Neste sentido, conforme abordado na seção de métodos, usamos as classes referentes à cobertura florestal para detalhar da análise métrica incluindo borda e forma da paisagem da **Área de Estudo** ao longo da série histórica.

9.2. Objetivos específicos

O objetivo principal deste estudo foi apresentar um histórico das métricas de ecologia da paisagem para a bacia do rio Doce, mais especificamente na área delimitada como **Área de Estudo** dos grupos de Fauna Terrestre e Flora da Avaliação de Impactos Ambientais decorrentes do rompimento da Barragem de Fundão, conforme metodologia

orientadora presente no Parecer Técnico nº 1/2017-COREC/CGBIO/DBFLO, atendendo os seguintes objetivos secundários:

- Verificar a evolução da paisagem ao longo da série histórica, disponível entre 1985 e 2017, e a existência de padrões nas métricas, para descrever o nível de fragmentação dos habitats após a deposição de rejeitos promovidos pelo desastre, respondendo algumas das questões relativas ao monitoramento de fauna e flora terrestres ao longo do rio Doce.
- Avaliar as métricas de área para todas as classes identificadas em MapBiomas (MAPBIOMAS, 2019), e detalhar as métricas de borda e forma para a classe de floresta.
- Identificar o comportamento das métricas avaliadas antes e após o rompimento da barragem de Fundão, incluindo, principalmente, aos *habitats* florestais na bacia do rio Doce (**Área de Estudo**).

9.3. Material e métodos

Os procedimentos metodológicos adotados para a análise da paisagem da área de influência do estudo de **Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES** seguiram as seguintes etapas: definição da **Área de Estudo**; levantamento de dados e mapas; cálculo das métricas da paisagem e análise dos dados.

9.3.1. Definição da **Área de Estudo**

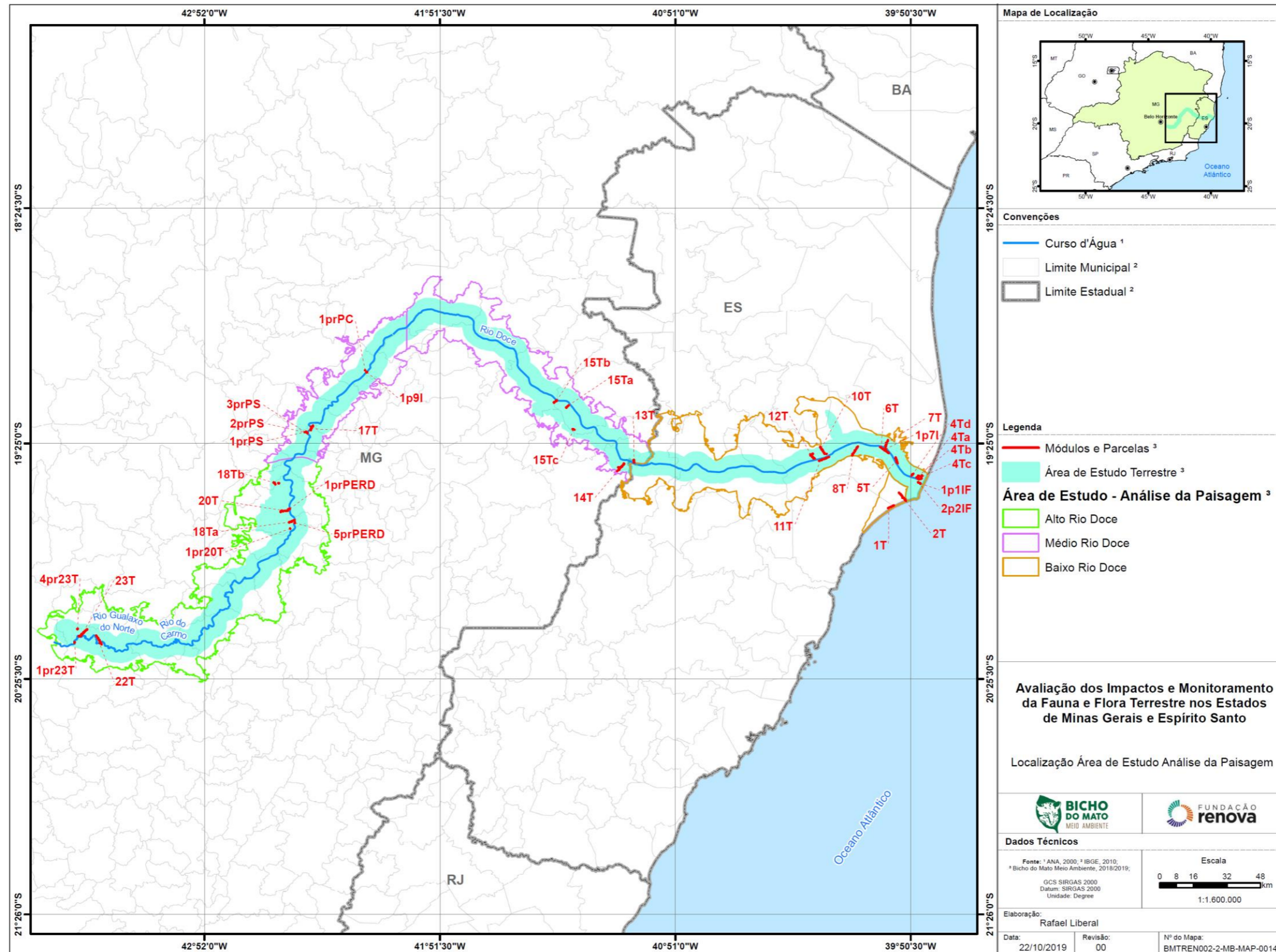
A **Área de Estudo** para esta Análise da Paisagem considerou, entre outros parâmetros, os limites das *ottobacias* contidas no *buffer* de 5 km de cada margem do rio, seguindo as definições do estudo de Avaliação de Impactos sobre as Espécies Terrestres Ameaçadas de Extinção (GOLDER ASSOCIATES, 2016). Consideramos as seguintes informações e indicadores físicos e bióticos:

- A **Área de Estudo** definida na Avaliação de Impactos sobre as Espécies Terrestres Ameaçadas de Extinção (GOLDER ASSOCIATES, 2016);
- Limites das bacias hidrográficas *Ottocodificadas* inseridas na **Área de Estudo**;
- Continuidade dos fragmentos florestais nos limites das *Ottobacias*.

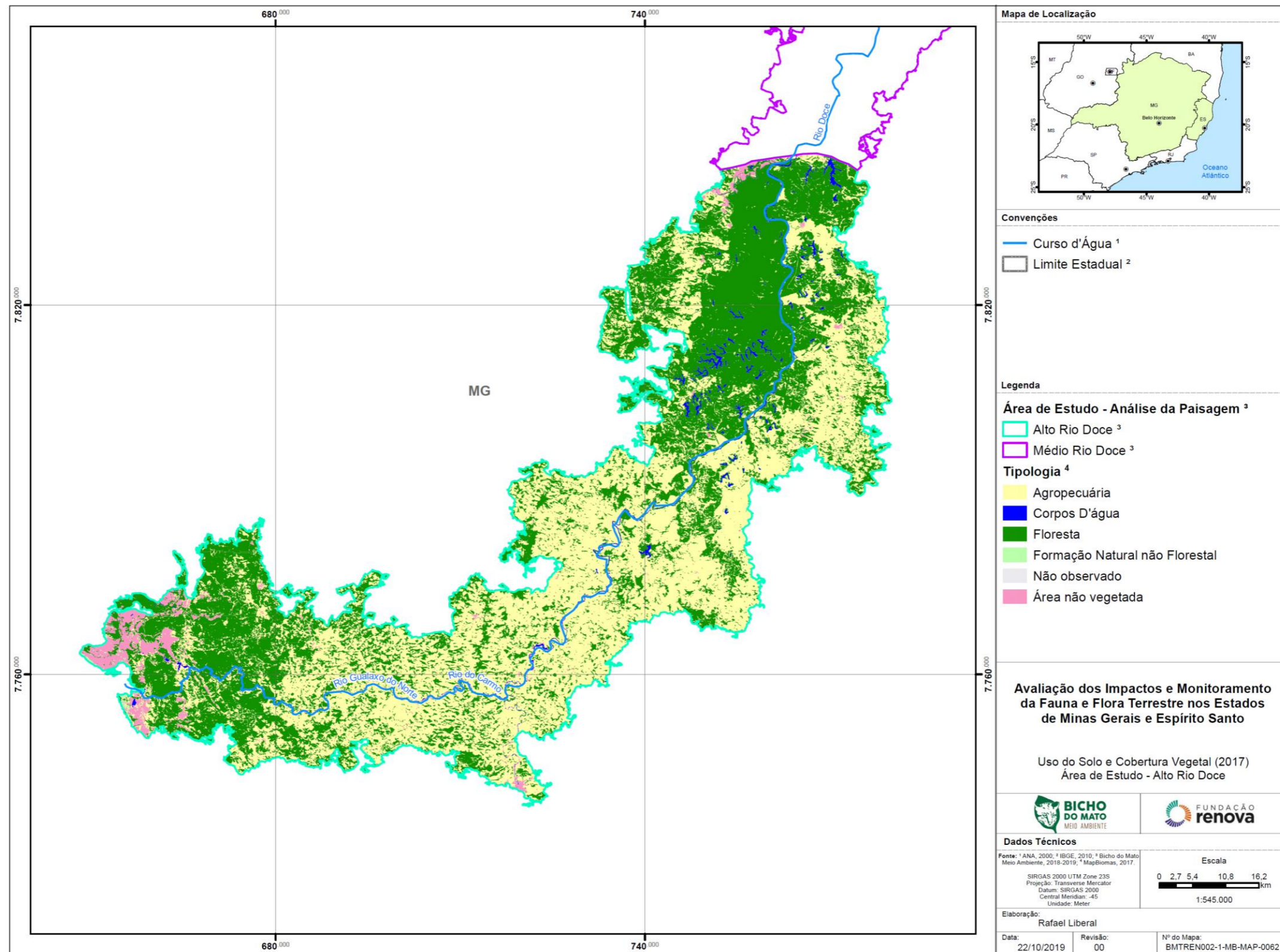
Refinamos os limites geográficos para incluir manchas e fragmentos florestais a partir da calha do rio Doce. Consideramos os dados disponíveis na Base Hidrográfica *Ottocodificada* (BHO; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2019a). Trata-se de um banco de dados gerados a partir da cartografia digital da hidrografia do país e organizada para gerar informações hidrologicamente consistentes, representando a rede hidrográfica em trechos entre os pontos de confluência dos cursos d'água de forma unifilar. Cada trecho é associado a uma superfície de drenagem denominada *ottobacia*, à qual é atribuída a codificação de bacias de Otto Pfafstetter (**Mapa 8**). Essa representação é topologicamente consistente, isto é, representa corretamente o fluxo hidrológico dos rios, por meio de trechos conectados e com sentido de fluxo (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2019a).

Todos os fragmentos florestais contidos nos limites das *ottobacias* selecionadas foram considerados na íntegra, ou seja, caso extrapolassem os limites das bacias, o contorno dos fragmentos prevaleceu na delimitação. Neste *buffer* consideramos os quatro diferentes segmentos da área afetada (GOLDER ASSOCIATES, 2016): *segmento 1*, a montante do Reservatório de Candonga (**Mapa 9**); *segmento 2*, a jusante do Reservatório de Candonga até o Reservatório Baguari; *segmento 3*, a jusante do Reservatório Baguari até a Usina Hidroelétrica de Aimorés (**Mapa 10**); e *segmento 4*, a jusante da Usina Hidroelétrica de Aimorés até a foz do rio Doce (GOLDER ASSOCIATES, 2016). O *segmento 1* está no alto curso, o *segmento 2* se inicia no alto curso e se integra ao *segmento 3*, já no médio curso, e o *segmento 4* está no baixo curso do rio Doce (**Mapa 11**). De maneira semelhante, os Blocos Amostrais delineados para o estudo da Fauna e Flora estão decrescentemente definidos do BA4, no alto curso, BA 3 e BA2 no médio curso e o BA1 no baixo curso do rio Doce.

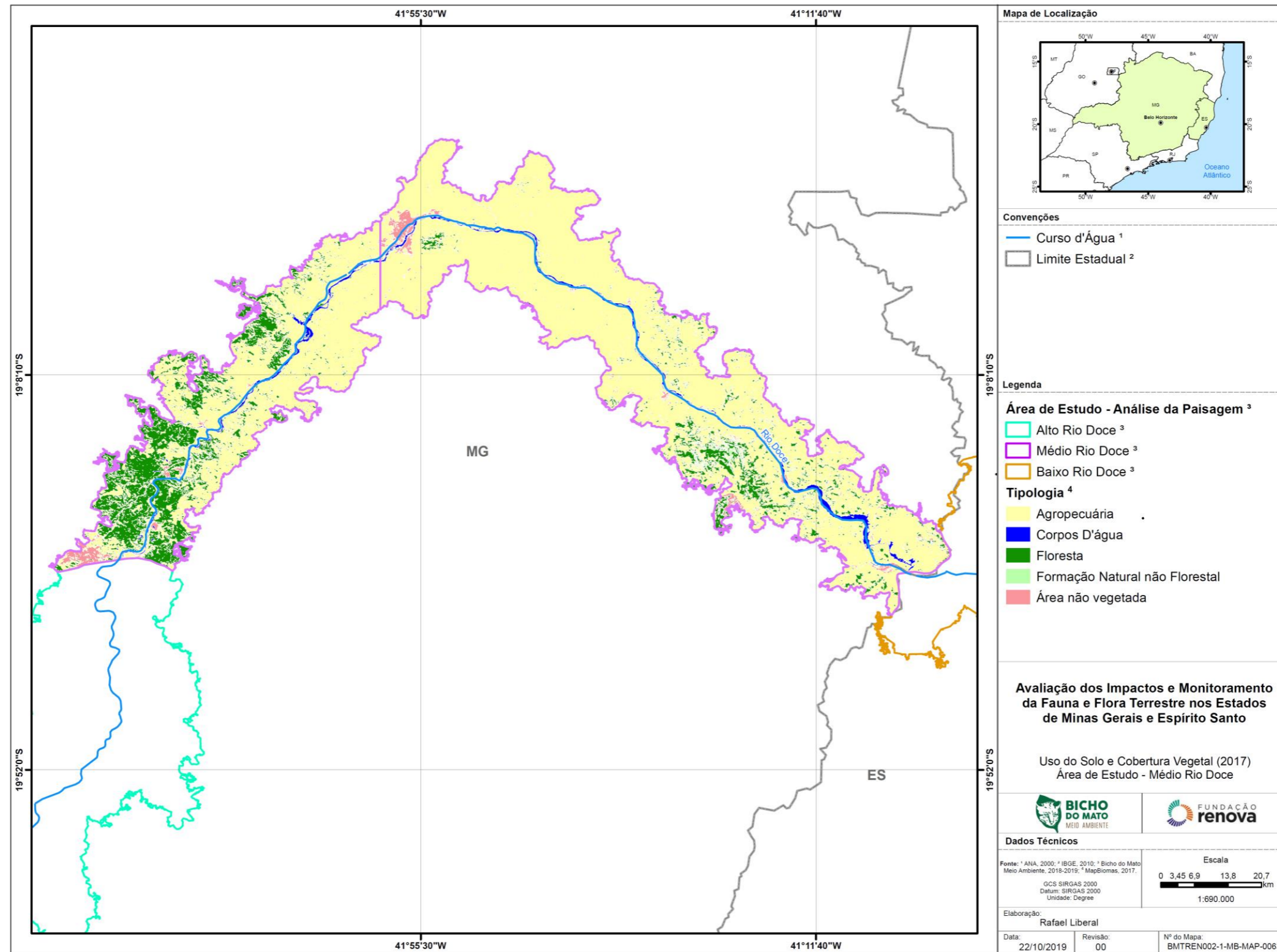
Mapa 8. Limites geográficos da **Área de Estudo** do estudo de Fauna e Flora terrestres e limites do estudo da paisagem nos três trechos topográficos do rio Doce para o estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.



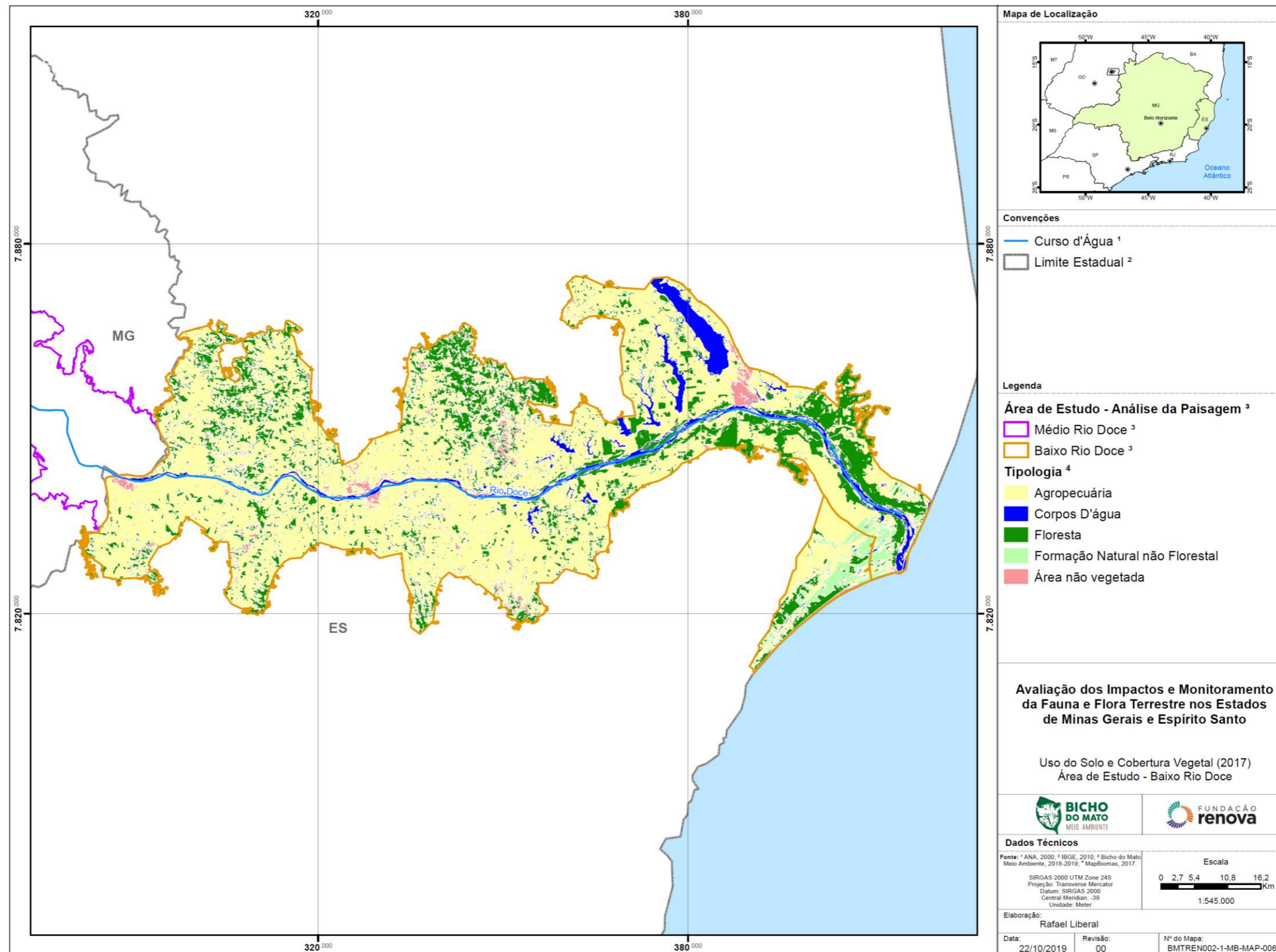
Mapa 9. Limites geográficos da **Área de Estudo**, cobertura e uso do solo do estudo da paisagem do Alto rio Doce, estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.



Mapa 10. Limites geográficos da **Área de Estudo**, cobertura e uso do solo do estudo da paisagem do Médio rio Doce, estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.



Mapa 11. Limites geográficos da **Área de Estudo**, cobertura e uso do solo do estudo da paisagem do Baixo rio Doce, estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.



9.3.2. Dados secundários da Bacia do rio Doce

A reunião das bases cartográficas disponíveis foi elaborada a partir do levantamento e compilação de dados já existentes disponibilizadas em *sites* oficiais como da Agência Nacional das Águas (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, 2019b) para extração das bases de *ottobacias* e do Projeto MapBiomias (versão 3.1).

Para a **Área de Estudo**, o projeto MapBiomias dispõe de mapas anuais de uso e cobertura do solo, entre 1985 e 2017, com as seguintes características:

- **Mapas de cobertura e uso do solo:** mapas anuais no formato matricial (*pixel* de 30 x 30 m⁵), conforme classes de nível 1 (MAPBIOMAS, 2019):
 - Floresta.
 - Formação Natural não Florestal.
 - Agropecuária.
 - Área não vegetada.
 - Corpos d'água.
 - Não observada.
- **Mosaicos de imagens de satélite:** para cada ano da série histórica com resolução espacial máxima de 30 m, formado pela composição dos pixels representativos de cada conjunto de imagens de um local para um dado tempo (*e.g.*, filtrando as nuvens). Os períodos do ano em que são selecionadas as imagens variam conforme a região, tema ou bioma. Cada mosaico contém até 105 camadas de informação incluindo as bandas espectrais, frações e índices (*e.g.*, NDFI, NDVI etc.).
- **Plataforma Web de consulta pública:** imagens, mapas e estatísticas das coleções do MapBiomias.

Apesar da limitação de escala, *pixel* de 30 x 30 m, a informação disponível nas coleções do MapBiomias já possui um nível de consistência verificado na literatura técnica (MAPBIOMAS, 2019), contemplando, ainda, dados de longo prazo que tornam possível uma avaliação mais ampla do histórico e contexto das mudanças no uso do solo e

⁵ Pixel é a menor unidade em uma imagem digital. Uma imagem de satélite é composta por uma matriz de pixels, cada pixel com um valor digital. O pixel no MapBiomias corresponde ao pixel das imagens Landsat™ com 30 m de resolução (MAPBIOMAS, 2019)

cobertura vegetal da **BHRD**. Esse histórico, que viabiliza um retrato espacial e temporal da bacia, traz ainda um conhecimento do contexto das pressões que atuam de forma cumulativa e sinérgica, devido aos diversos agentes da bacia, justificando a tendências de degradação ou recuperação dos *habitats* florestais. Esse conhecimento contribuiu para responder algumas das questões relativas ao monitoramento de fauna e flora terrestres ao longo do rio Doce, principalmente questões que envolvam o futuro de áreas restauradas e que estariam sujeitas a esse contexto maior apontado no histórico.

Assim, além dos autores deste estudo considerar a escala, *pixel* de 30 x 30 m, suficiente para a avaliação dos *habitats* florestais na escala da **Área de Estudo**, consideramos produtiva a avaliação do contexto histórico possibilitada pelo MapBiomas, que contempla dados não apenas de antes, mas também do após ao rompimento da barragem de Fundão.

9.3.3. Métricas da paisagem

A variedade de índices ou métricas existentes na ecologia da paisagem levou autores a agruparem esses índices nas seguintes categorias: índices de área, índices de densidade, tamanho e variabilidade métrica dos fragmentos, índices de forma, índices de borda, índices de área central, índices de proximidade, índices de diversidade e índices métricos de contágio e espalhamento (MCGARIGAL; MARKS, 1995). Algumas das métricas são calculadas em função de cada mancha ou fragmento enquanto outras, são obtidas ao nível de toda a paisagem para cada uma dada região amostral.

Neste estudo foram eleitas para análise métrica e espacial da paisagem as seguintes métricas: índices de área, índices de forma e índices de borda, que serão descritos para os diferentes trechos do curso do rio Doce. Para a métrica de área, todas as classes foram analisadas enquanto as métricas de borda e forma foram analisadas, exclusivamente, para a classe florestal. Os índices ou métricas de área quantificam o tamanho dos fragmentos e, no geral, são a base do conhecimento da paisagem. Aliados ao número de fragmentos (NP), tamanho médio (MPS) e desvio padrão (PSSD) informam sobre a densidade da paisagem. Os índices de borda usualmente são considerados como representantes da configuração da paisagem, porém nem sempre sua distribuição espacial é explícita. O índice Total de bordas (TE) mostra a soma de todas as bordas das classes (MCGARIGAL; MARKS, 1995).

Os índices de forma medem a configuração da paisagem. A relação entre o perímetro e a área de um fragmento de habitat está diretamente ligada à forma desse fragmento. Quanto menor for essa relação, menor também será a borda e vice-versa, que pode ser avaliada com o índice da relação perímetro-área (MPAR). O índice de forma média (MSI) expressa a forma média dos fragmentos da classe avaliada em função da razão média perímetro/área de seus fragmentos comparada a uma forma padrão (MPAR; IRGANG; MICOL; SANTOS, 2007). Quando se utiliza o formato matricial ou *raster* essa forma padrão é um quadrado, dessa maneira, o índice de forma médio é igual a 1 quando todas as manchas forem quadradas e aumenta com a irregularidade de forma de mancha crescente. Valores mais afastados de 1 indicam formas mais alongadas e apresentam menor distância entre o núcleo e a borda, sendo mais suscetível ao efeito de borda (MORAES et al., 2015). Assim, o índice MSI serviu apenas como base para o cálculo do MFRAC, utilizado como referência para a análise de forma por ser uma medida que varia de 1 a 2, ou seja, não tende ao infinito (VOLOTÃO, 1998).

Extraímos a imagem *raster* de cada ano e estruturamos o mosaico para Minas Gerais e Espírito Santo. Na sequência, recortamos o limite da **Área de Estudo** e selecionamos todas áreas classificadas como de nível 1, analisadas pelas seguintes tipologias:

1. Floresta
2. Formação Natural não Florestal
3. Agropecuária
4. Área não vegetada
5. Corpos d'água
6. Não observada

Todos os arquivos foram convertidos a *shapefile*, reprojutados para UTM e divididos nos respectivos fusos (23K e 24K). Após aquisição do conjunto de dados, foi utilizado o *software* ArcGis 10.2, usando a extensão gratuita *V-LATE 2.0* (*Vector-based Landscape Analysis Tools Extension*) para proceder com cálculos de índices de ecologia da paisagem referentes à área, borda e forma (**Quadro 19**). Dentro do **fuso 23K** estão os Blocos Amostrais 4 e 3 do estudo de fauna e flora, enquanto que o **fuso 24K** engloba os BA1 e BA2.

Quadro 19. Descrição das funções de métrica utilizadas no estudo da paisagem para o estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES.

Tipo	Métrica, unidade e sigla
Área	<ul style="list-style-type: none"> • número de amostras (NP) • área da classe em m² (CA) • correção do tamanho médio em m² (MPS) • desvio padrão do tamanho em m² (PSSD)
Borda	<ul style="list-style-type: none"> • borda média em m (MPE) • borda total em m (TE)
Forma	<ul style="list-style-type: none"> • índice de forma média (MSI) • razão média de perímetro-área (MPAR) • dimensão média dos fractais (MFRACT) ao nível da classe

9.3.4. Análise de dados

A análise básica de dados se deu a partir da organização da série de dados de cada variável analisada visualmente em gráficos de linha, além da linha de tendência, equação da função linear e o coeficiente de determinação (R^2). Para os índices de maior interesse, plotamos em um eixo secundário barras que sinalizam os percentuais de mudança ano a ano, tanto positiva quanto negativamente.

Sabendo que os dados não seguem a distribuição normal, por se tratarem de uma série temporal, utilizamos o Teste não paramétrico de Friedman para dois tempos, e amostras dependentes temporalmente para entender se houve mudanças dentro de uma mesma classe de uso do solo de um ano para o seu subsequente. Dividimos os dados por curso e fuso para cada ano também para toda a série temporal.

9.3.1. Avaliação dos habitats naturais (florestas e corpos d'água) antes e depois do desastre

Para a avaliação dos habitats naturais (classes de nível 1: florestas e corpos d'água) antes e depois do desastre, testamos a hipótese de variação significativa das métricas da paisagem entre os anos de 2014-2015 e 2015-2016. Desta forma, considerando que os dados não seguem uma distribuição normal, utilizamos o Teste não paramétrico de Friedman para dois tempos, com amostras dependentes (pareadas), pois foram comparadas uma mesma classe, curso e fuso em relação ao ano anterior das unidades amostrais.

9.4. Resultados

9.4.1. Alto rio Doce

9.4.1.1. Métricas de área

9.4.1.1.1. Agropecuária

Para a classe Agropecuária, o número de fragmentos (NP) e área da classe (CA) variaram, *grosso modo*, de forma homogênea ao longo da série histórica (1985 a 2017). O NP aumentou a partir de 2007, sendo 2014 o ano com o maior número de fragmentos (**Gráfico 25**), assim como, uma tendência a um crescimento de 70 fragmentos por ano.

O CA mostrou aumentos e declínios percentualmente pouco significativos, não ultrapassando 3% ao longo da série histórica. Picos de acréscimo foram observados em 1991, 2005 e 2016, porém a linha de tendência mostrou perdas de ca. 400 ha por ano na **Área de Estudo** (**Gráfico 26**). Além disso, houve decréscimo nos valores de tamanho médio (MPS) dos fragmentos de agropecuária (**Gráfico 27**). O MPS, após a tendência de ganhos entre os anos de 1985 e 1986, seguiu de repentinos declínios até 2014, quando retornou com ganhos até alcançar um tamanho médio de ca. 18 ha. Este índice se relaciona-se à variabilidade do tamanho dos fragmentos, e 1993 foi o ano de maior dispersão média da área, e 1988 o de menor dispersão (**Gráfico 28**).

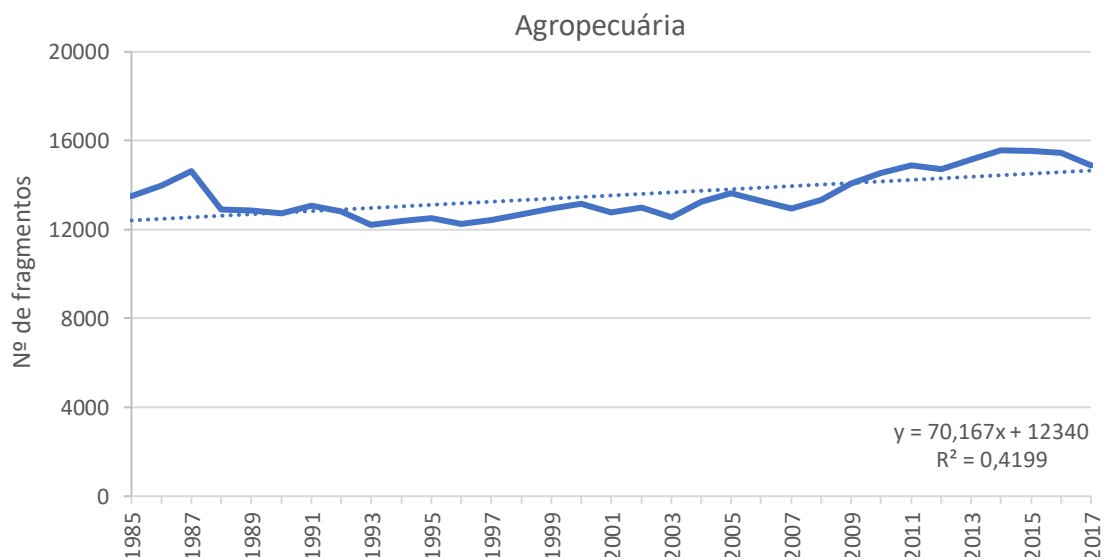


Gráfico 25. NP para área da classe *agropecuária* entre os anos de 1985 e 2017 no trecho Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

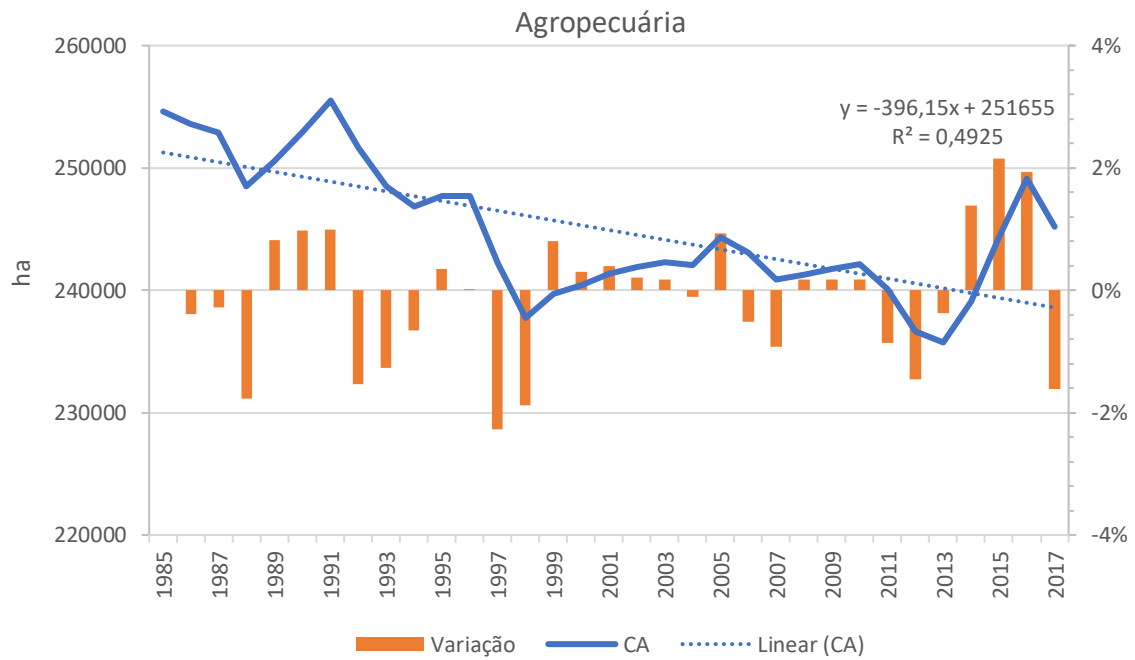


Gráfico 26. CA para área da classe *agropecuária* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

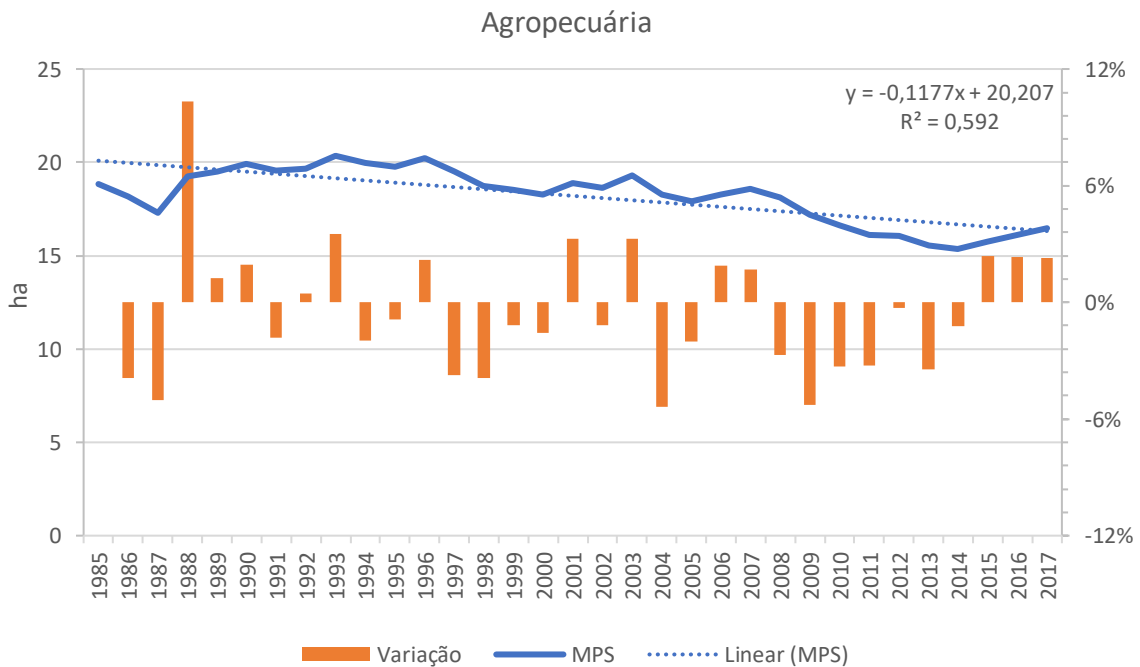


Gráfico 27. MPS para área da classe *agropecuária* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

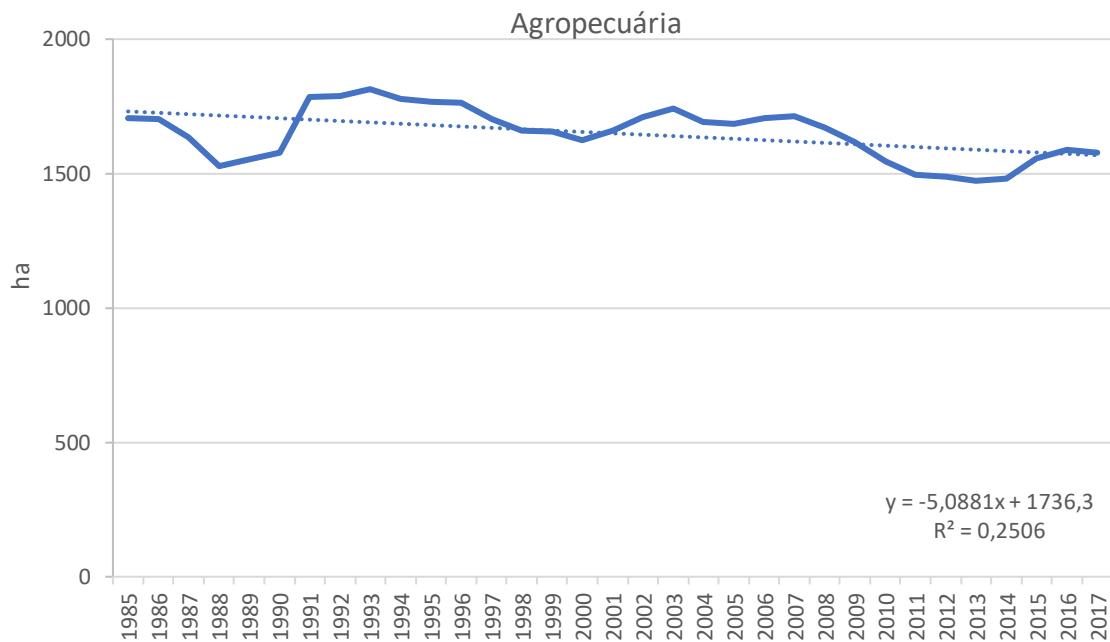


Gráfico 28. PSSD para área da classe *agropecuária* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.1.1.2. Área não vegetada

As métricas da *área não vegetada* mostram padrão comportamental oscilatório tendo um acréscimo muito significativo em 1988 com queda no ano posterior, seguido de ganhos acentuados em 1992, 1996 e 2005 (Gráfico 29). As métricas tem tendência gradual positiva, tanto para NP quanto para CA, sendo que para CA há ganhos de área de cerca de 115 ha por ano de área não vegetada, ou seja, ao longo da série histórica houve uma tendência a perda de vegetação, sendo em 2015 o maior aumento desta perda (8%), conforme o **Gráfico 30**.

Ao longo dos anos o tamanho médio (MPS) registrou anos de ganhos e perdas, sendo em 1996 a perda mais significativa (18%) e 1993 o ganho mais significativo (20%), (**Gráfico 31**). O PSSD se manteve oscilante e 1993 foi o ano que apresentou a maior dispersão medida em torno a média (**Gráfico 32**).

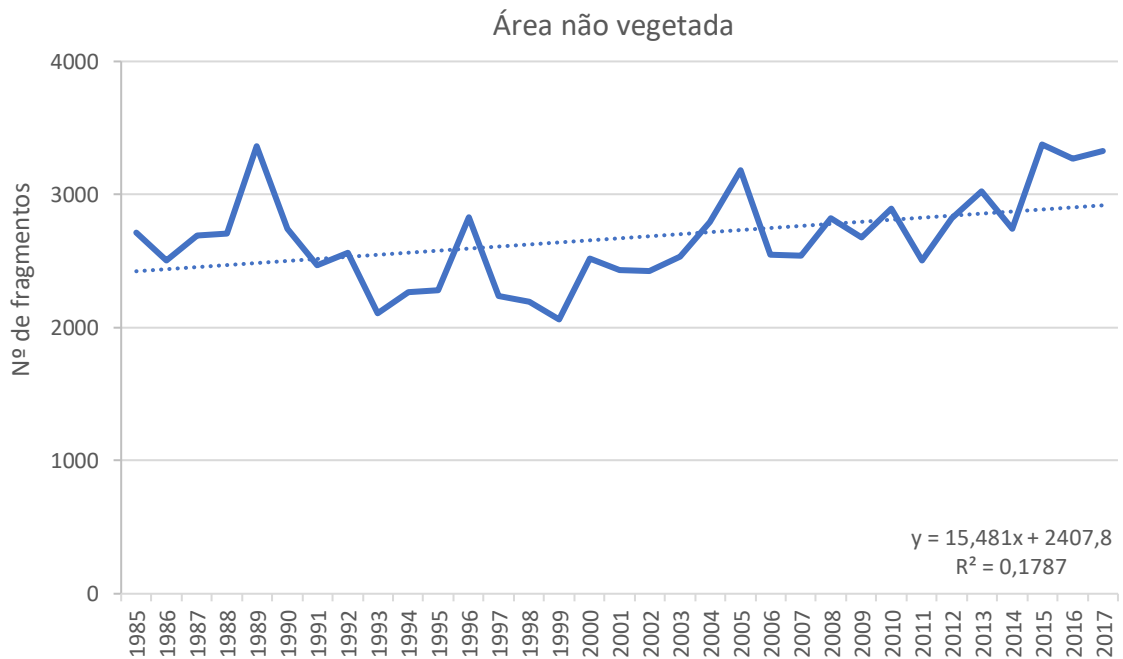


Gráfico 29. NP para área da classe *área não vegetada* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

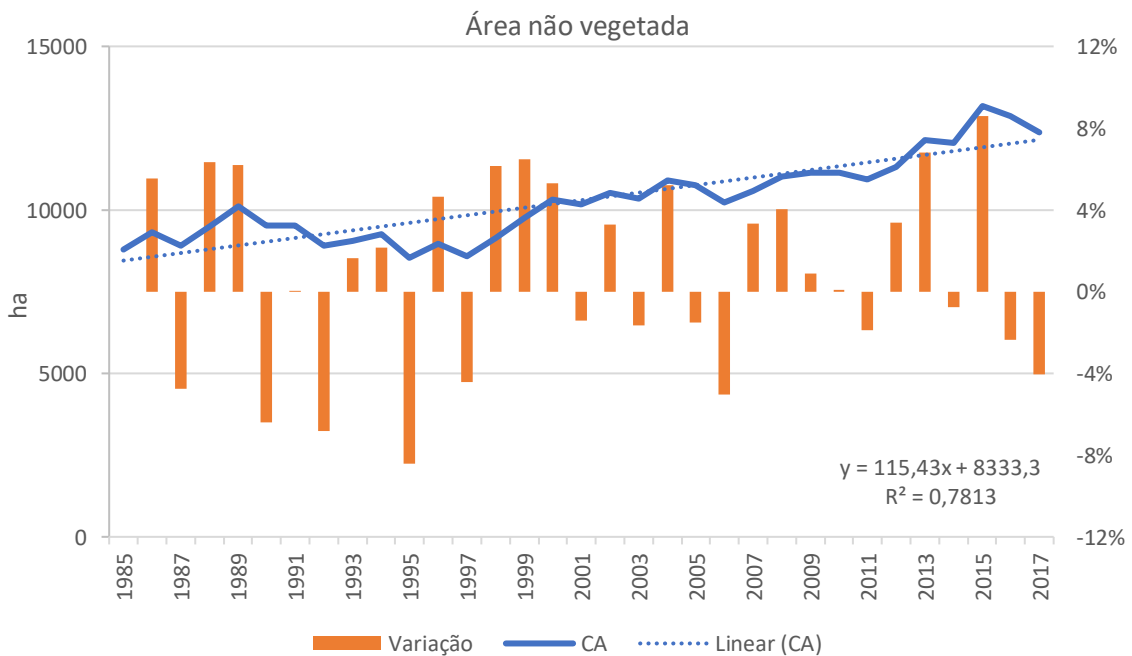


Gráfico 30. CA para área da classe *área não vegetada* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

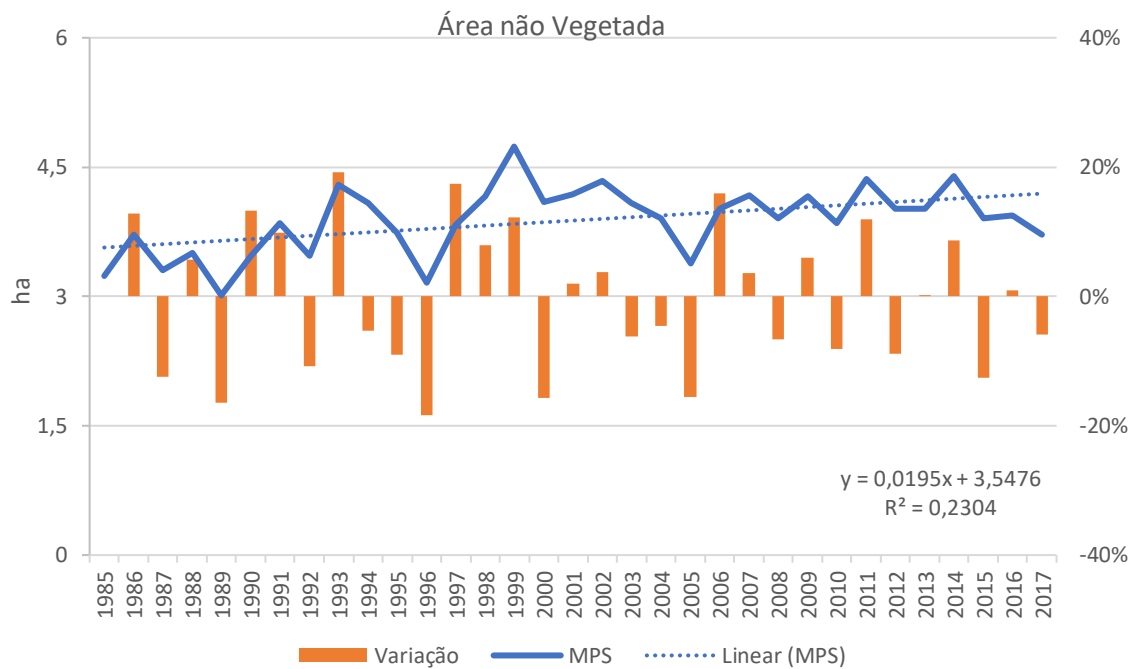


Gráfico 31. MPS para área da classe *área não vegetada* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

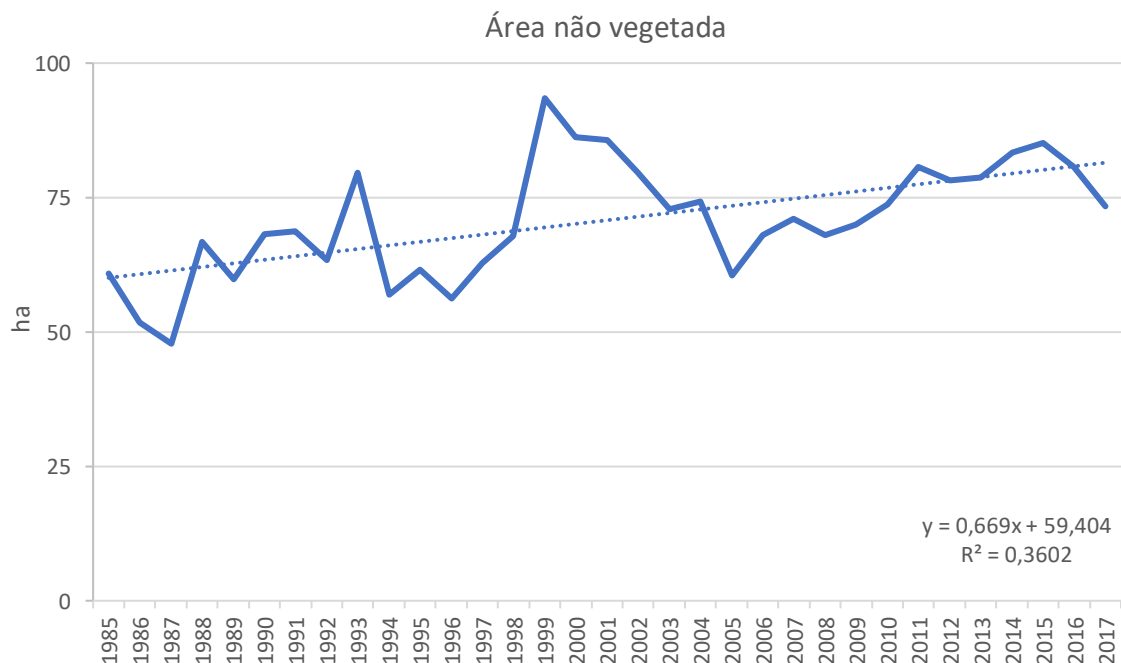


Gráfico 32. PSSD para área da classe *área não vegetada* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.1.1.3. Corpos d'água

A década de 80 apresentou perdas acentuadas do número de “manchas” de *corpos d'água* (**Gráfico 33**). O índice do somatório das áreas das manchas de corpos d'água indica ciclos de perdas significativas de área a partir de 1989 até 1992, assim como de 1997 a 2001 e 2013 a 2017. Ocorreram ganhos de área entre 2001 a 2006, resultando em uma tendência geral de perda de 4 ha por ano (**Gráfico 34**).

O índice MPS apresentou comportamento relativamente constante durante toda a série histórica, a maior oscilação foi observada em 1986 e 2017, ascensão e declínio de cerca de 20%, respectivamente (**Gráfico 35**). O maior PSSD ocorreu no ano de 2007 e em forma de tendência pouco relevante de diminuição em relação à média (**Gráfico 36**).

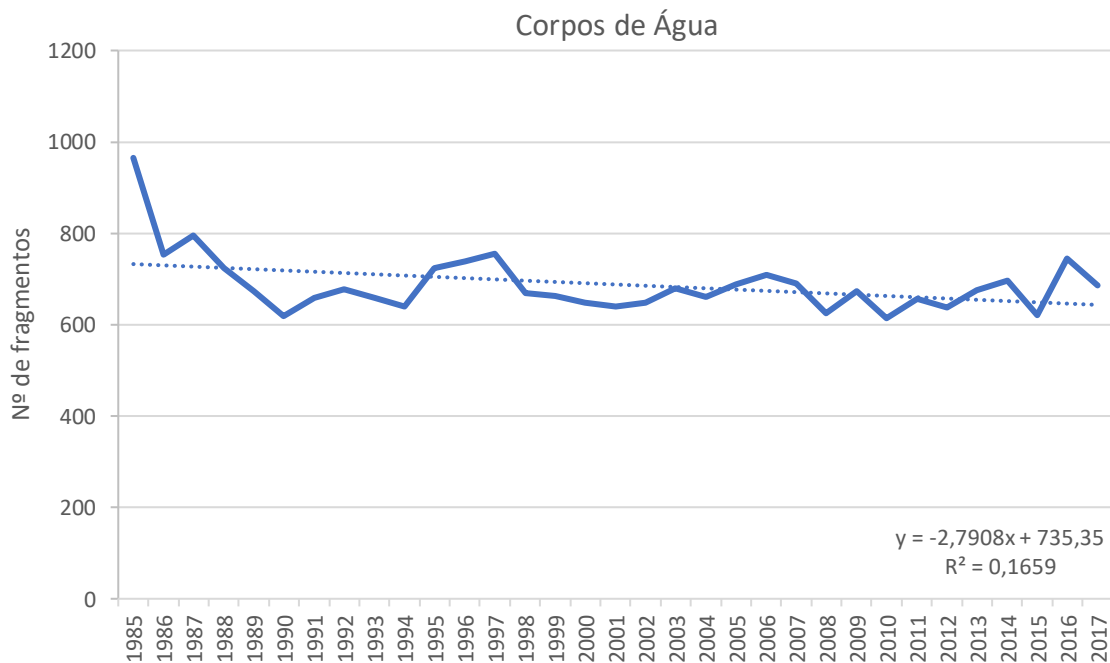


Gráfico 33. NP para área da classe *corpos d'água* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

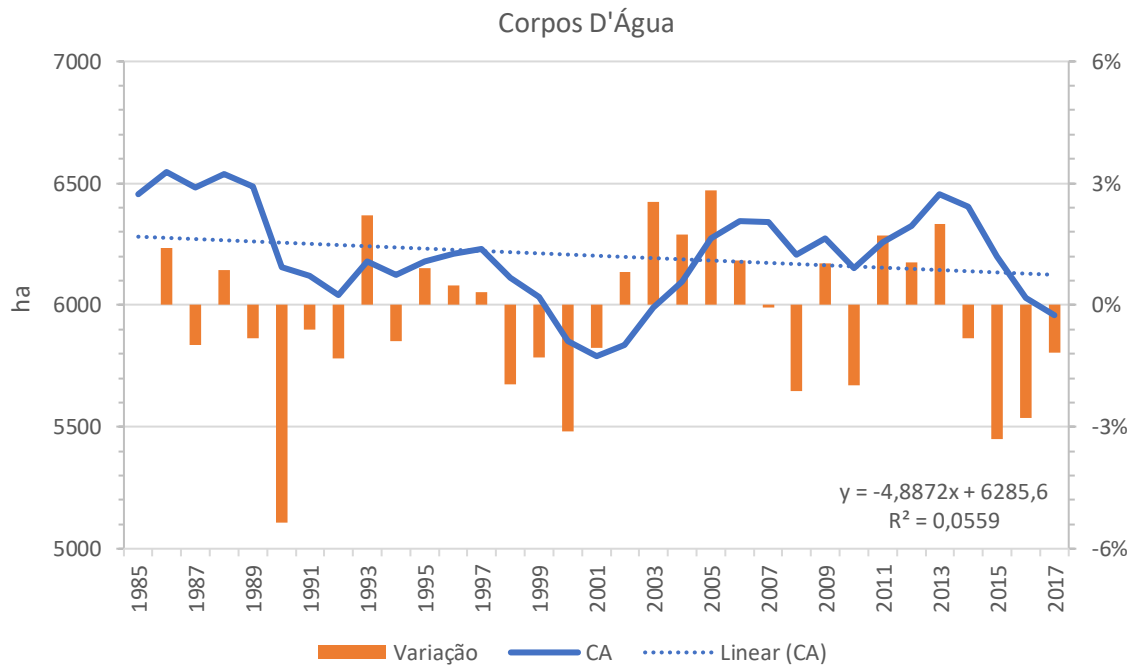


Gráfico 34. CA para área da classe *corpos d'água* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

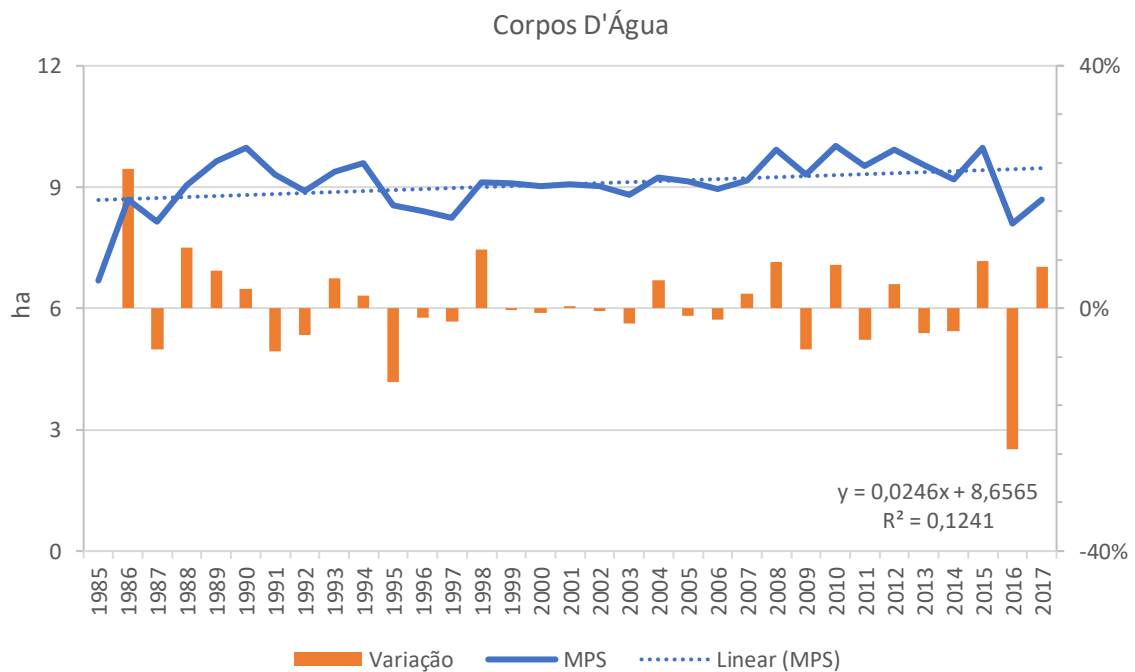


Gráfico 35. MPS para área da classe *corpos d'água* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

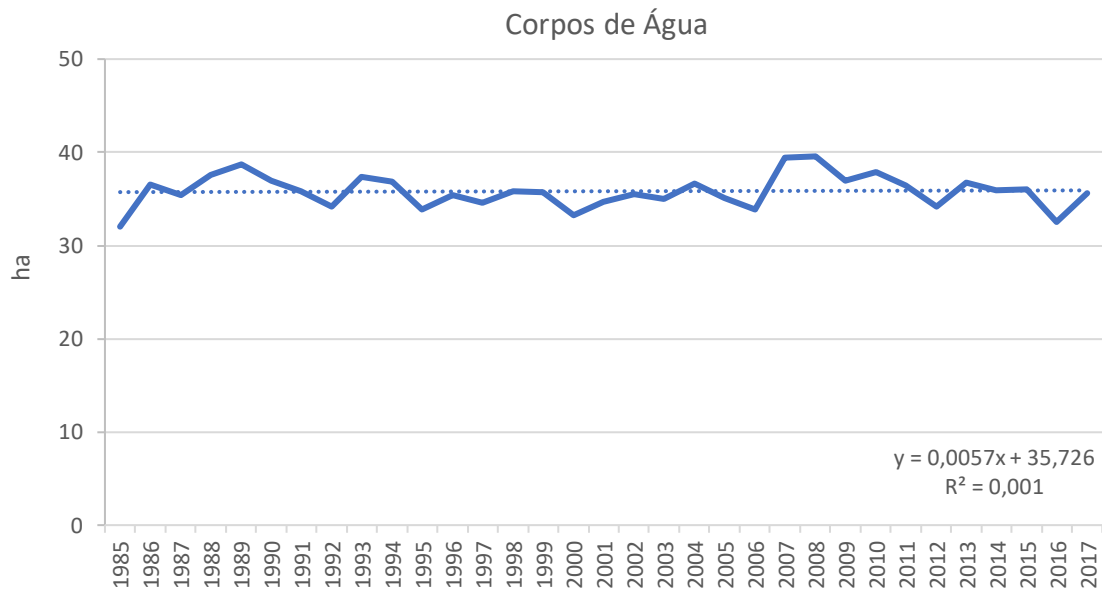


Gráfico 36. PSSD para área da classe *corpos d'água* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.1.1.4. Floresta

A tendência desta classe foi de diminuição no número de fragmentos, as maiores perdas identificadas nos anos de 1988 e 1993 (**Gráfico 37**). A área desta classe variou entre 200.000 a 220.000 ha, sendo 2015 o ano com o maior percentual de perda (3%), regenerando esta paisagem a partir de 2017. Todavia, mesmo com diversos declínios (**Gráfico 38**), há tendência natural de crescimento da classe florestal.

Com a diminuição do número de fragmentos, o tamanho médio da mancha aumentou durante a série histórica, portanto, há tendência de crescimento, porém, pouco expressivos, com média menor que 5 ha (**Gráfico 39**). O PSSD foi maior no ano de 1999 e houve uma queda gradativa a partir de 2012 (**Gráfico 40**).

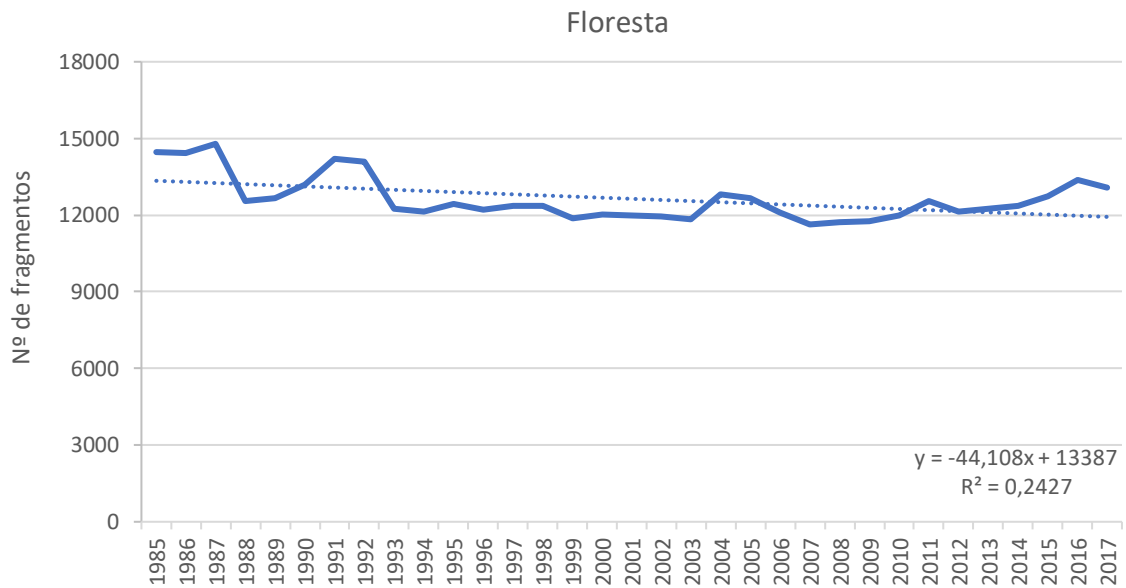


Gráfico 37. NP para área da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

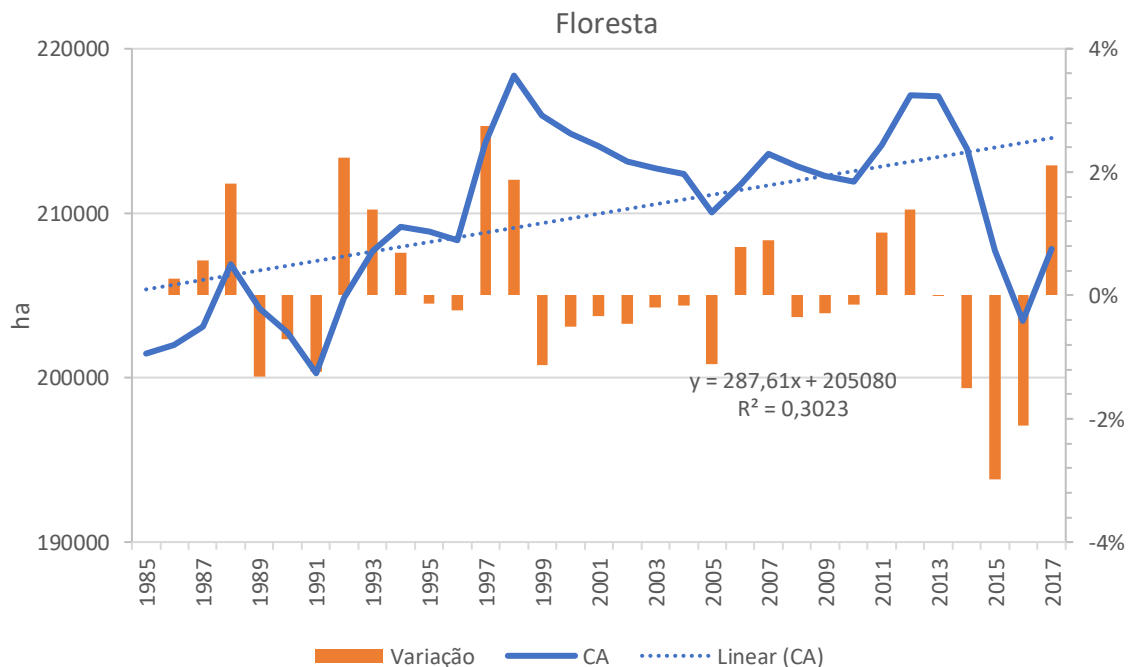


Gráfico 38. CA para área da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

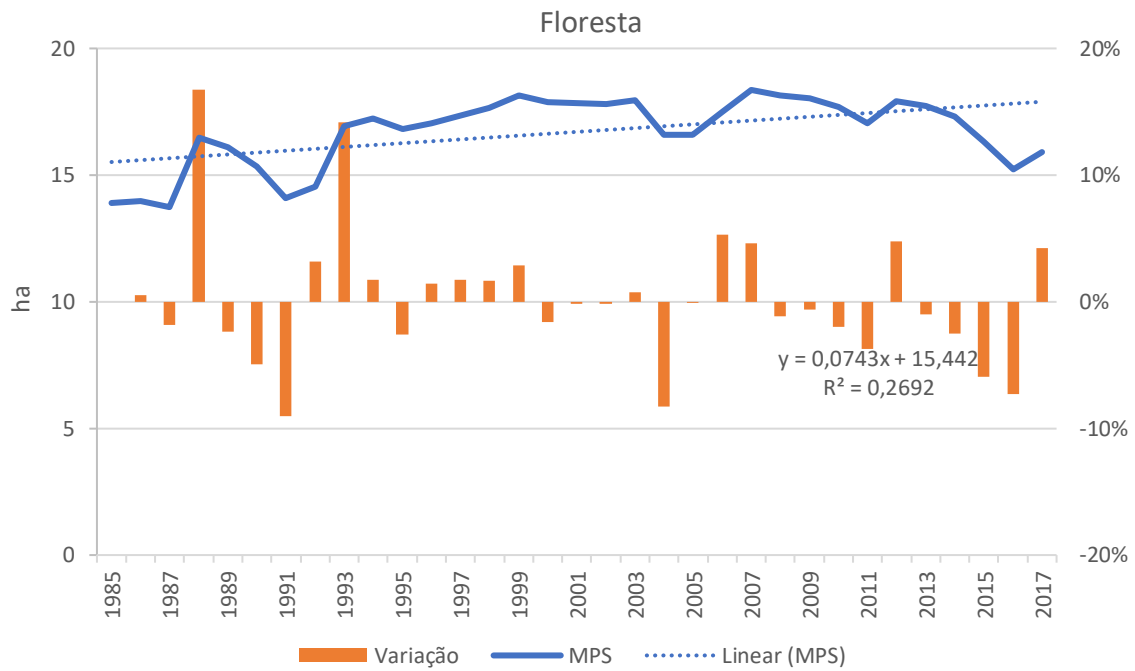


Gráfico 39. MPS para área da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

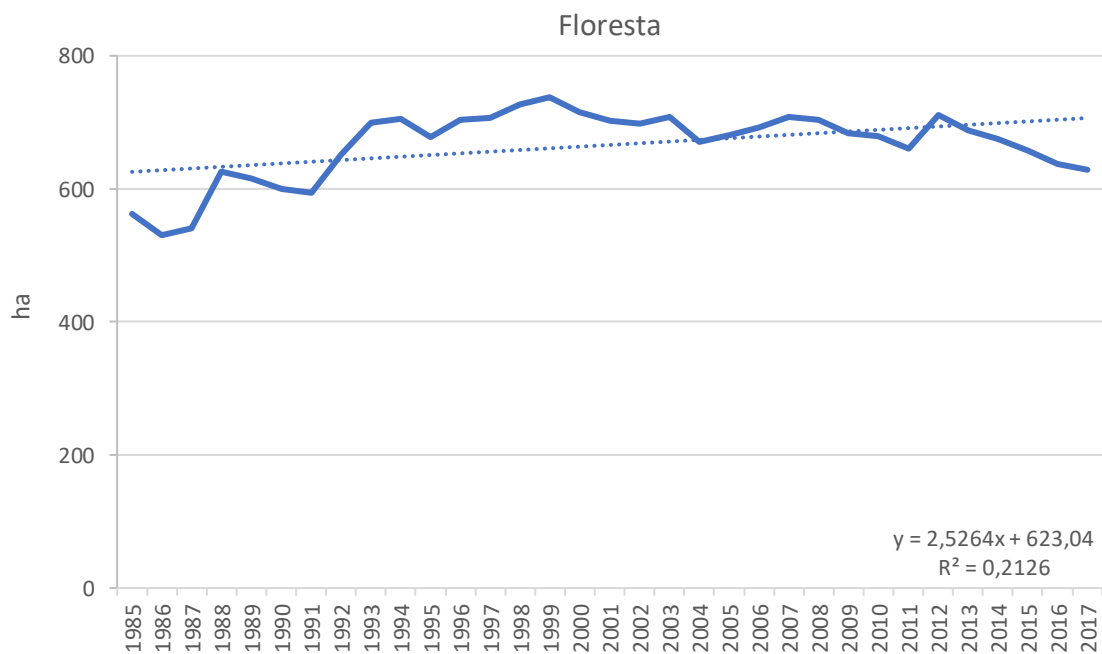


Gráfico 40. PSSD para área da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.1.1.5. Formação natural não florestal

O número de fragmentos variou de 256 em 1985 a 49 em 2011 (**Gráfico 41**), sendo os picos dos anos de 1989, 1998, 2001, 2004 e 2017 os mais evidentes. Em 1985 e 1986 ocorreu a maior perda de área da classe *formação natural não florestal*. A perda foi da ordem de 75%, não repetida nos anos posteriores, porém, em 1990 e 2004, houve declínios de ca. 50%. A tendência média sinaliza perdas sucessivas de 2 ha por ano (**Gráfico 42**). Nota-se, pelo MPS, quedas acentuadas em 2004 e 2013, porém a tendência é de aumento médio do tamanho da mancha ao longo dos anos (**Gráfico 43**). O maior PSSD aconteceu em 2003 e 2010 e a menor dispersão em 2004 (**Gráfico 44**).

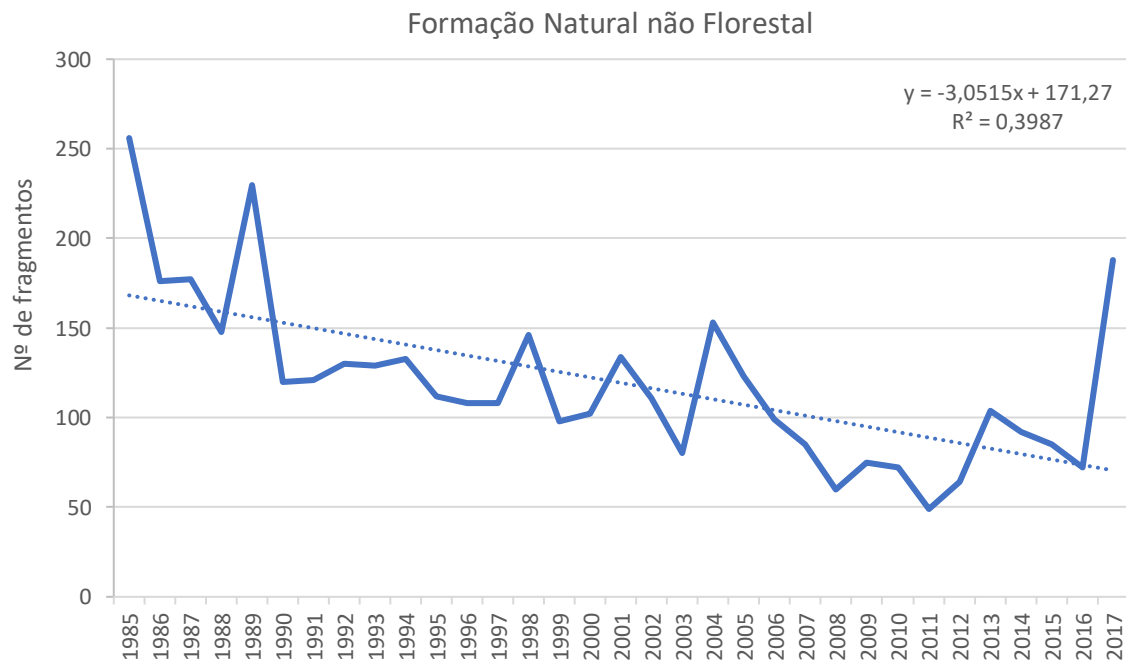


Gráfico 41. NP para área da classe *formação natural não florestal* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

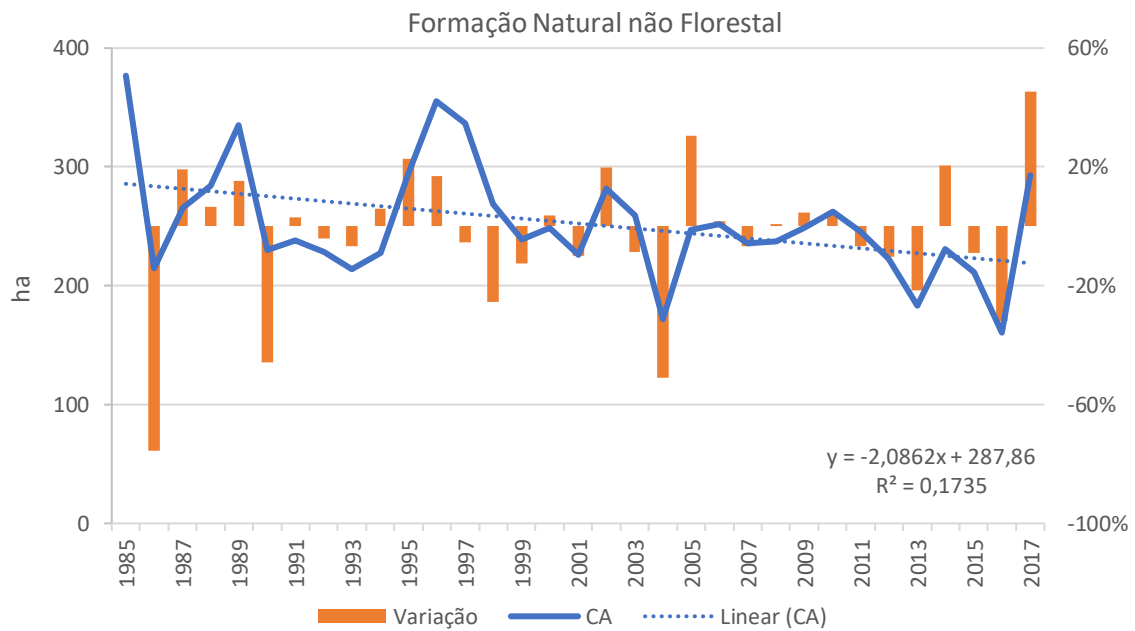


Gráfico 42. CA para área da classe *formação natural não florestal* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

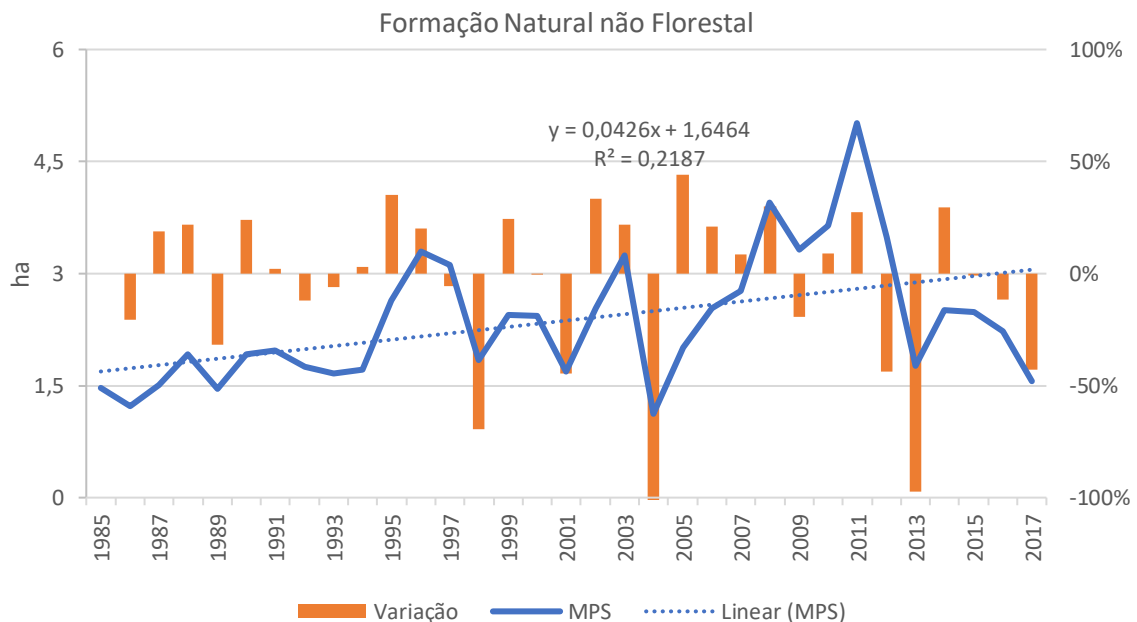


Gráfico 43. MPS para área da classe *formação natural não florestal* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

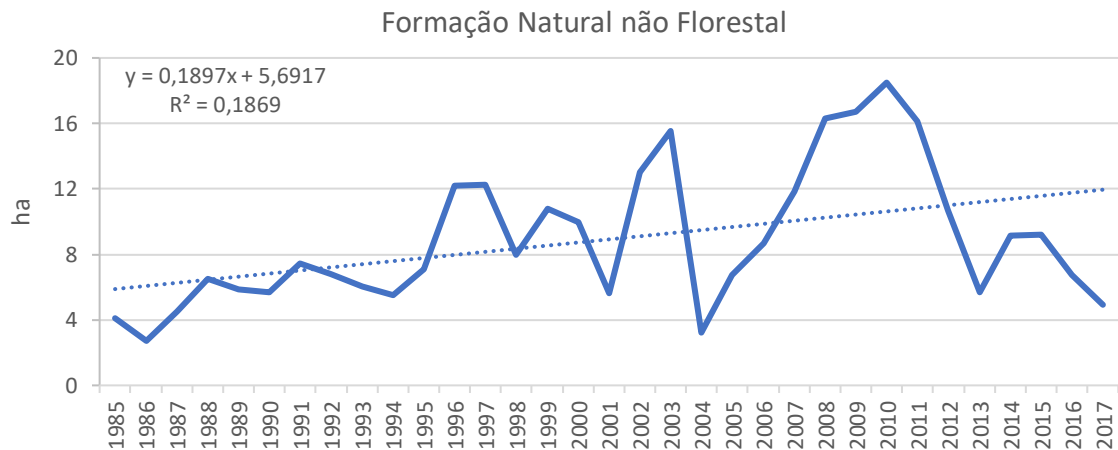


Gráfico 44. PSSD para área da classe *formação natural não florestal* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.1.1.6. Não observado

O ano com maior visibilidade foi o de 1999, com 36 fragmentos da classe *não observado* (**Gráfico 45**). Foi observado um total de 62 fragmentos nos anos de 2000 e 72 em 2008, sendo estes anos os de índice CA mais relevantes (**Gráfico 46**).



Gráfico 45. NP para área da classe *não observado* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

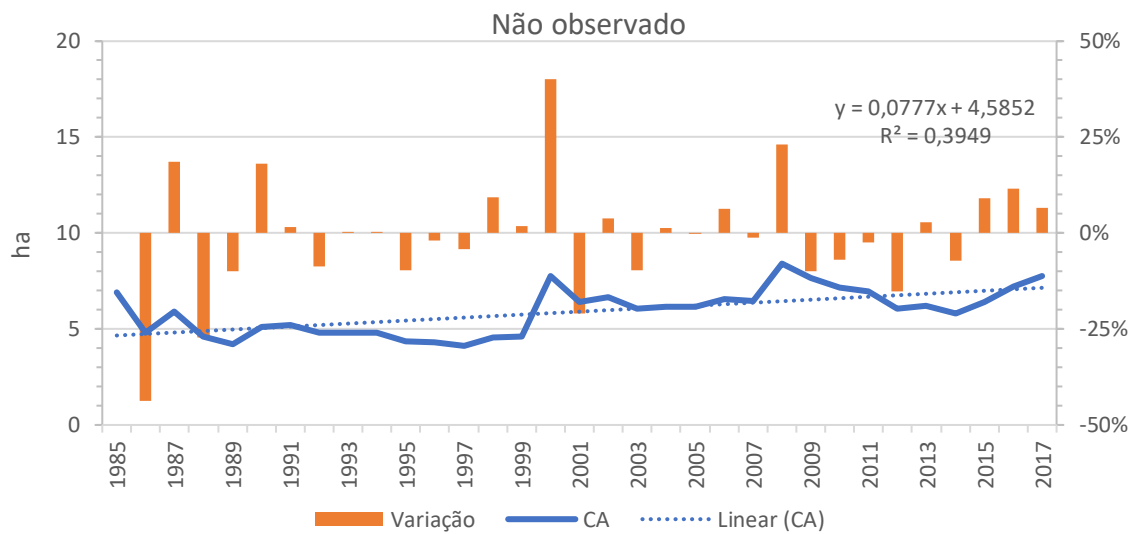


Gráfico 46. CA para área da classe *não observado* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

Identificamos valores baixos de MPS não alcançando 1 ha, com pequeno crescimento apenas no ano de 1999 (ca.13%; **Gráfico 47**), quando houve também o maior desvio padrão (**Gráfico 48**).

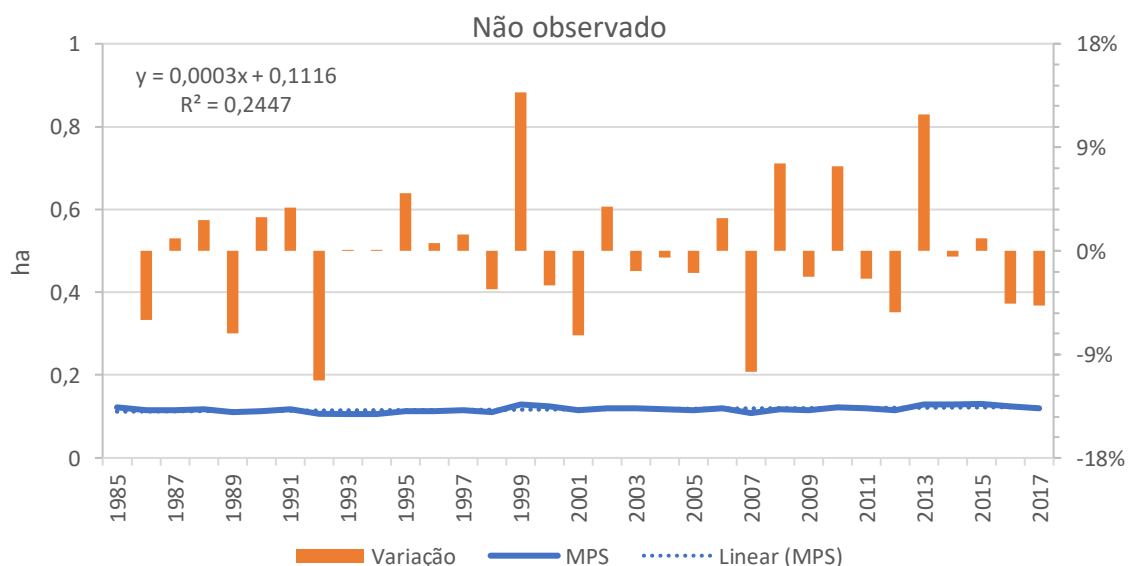


Gráfico 47. MPS para área da classe *não observado* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

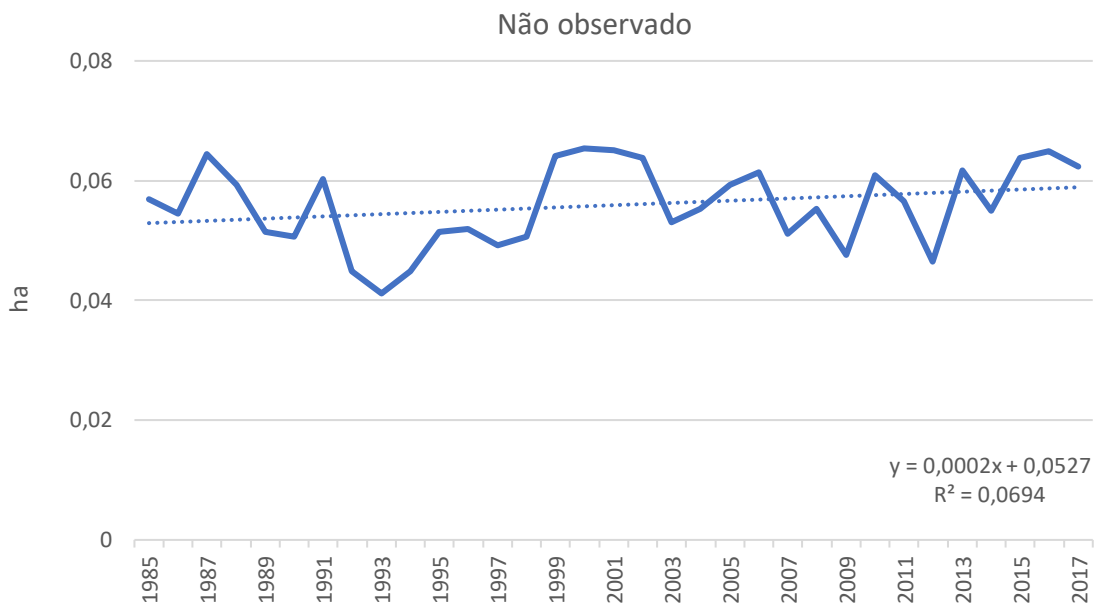


Gráfico 48. PSSD para área da classe *não observado* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.1.2. Métricas de borda

9.4.1.2.1. Floresta

Para a classe *floresta*, identificamos grande oscilação ao longo dos anos. A maior queda registrada ocorreu de 1987 a 1988, com *ca.* 5% de redução na borda total, até meados de 1993. Após esse período, há crescimento gradativo até meados de 2011, levando a uma tendência global de acréscimos médios de 40 km de bordas por ano. Há tendência de fragmentação pelo maior acréscimo no total de bordas ao longo da série histórica (**Gráfico 49**).

A borda média (MPE) oscilou entre 1985 e 2017, porém com menor amplitude. Houve tendência de ganhos de borda, em média entre 1.400 e 1.900 m (**Gráfico 50**).

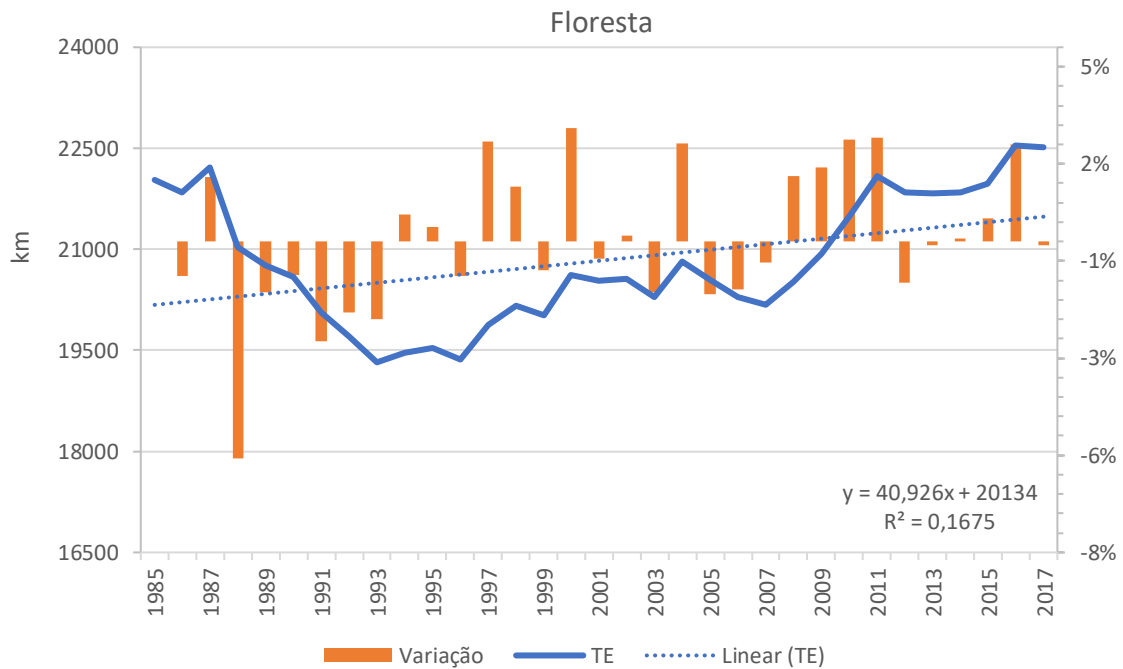


Gráfico 49. TE para borda da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

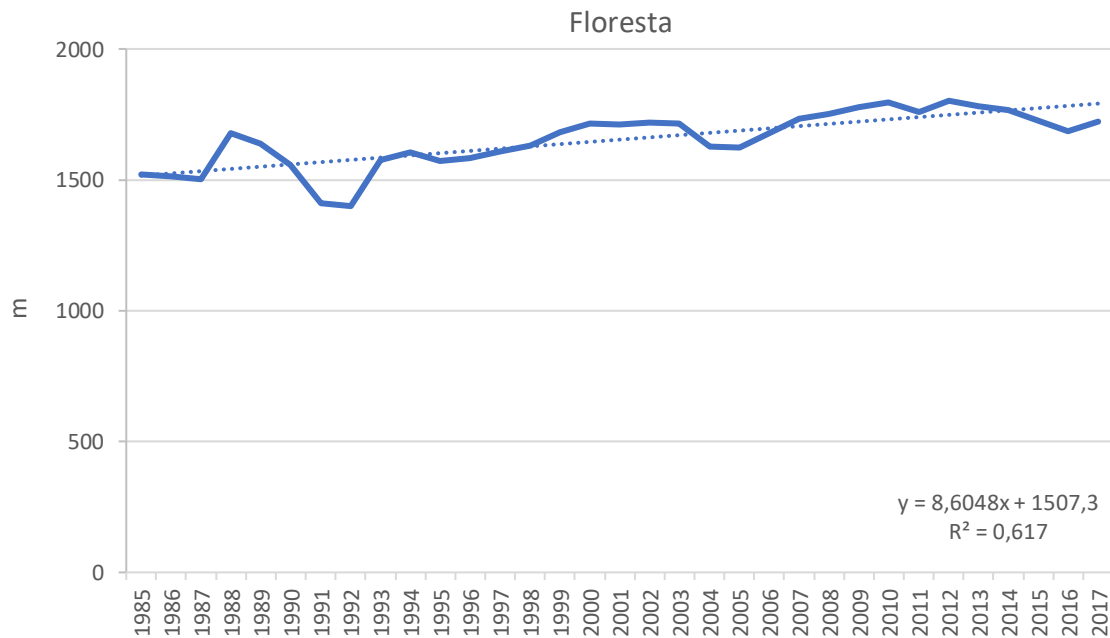


Gráfico 50. MPE para borda da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.1.3. Métricas de forma

9.4.1.3.1. Floresta

O índice de dimensão fractal média dos fragmentos (MFRAC^T) da classe *formação florestal* pouco variou. Os fragmentos apresentam formas relativamente irregulares e, portanto, suscetíveis ao efeito de borda, com mínimas diferenças entre anos (**Gráfico 51**).

A relação média entre o perímetro-área (MPAR) variou entre a maior medida, em 1992, os menores valores, entre 2001 e 2003, e o maior crescimento, registrado em 1991 e 2004. Esta relação foi baixa para o Alto Curso, portanto, maior o efeito de borda (**Gráfico 52**).

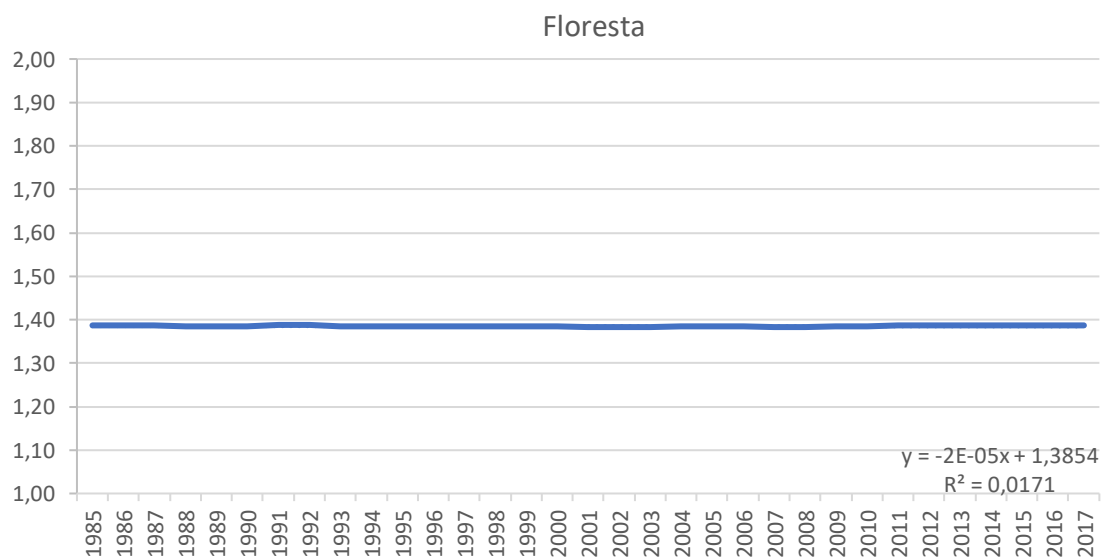


Gráfico 51. MFRAC^T para forma da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

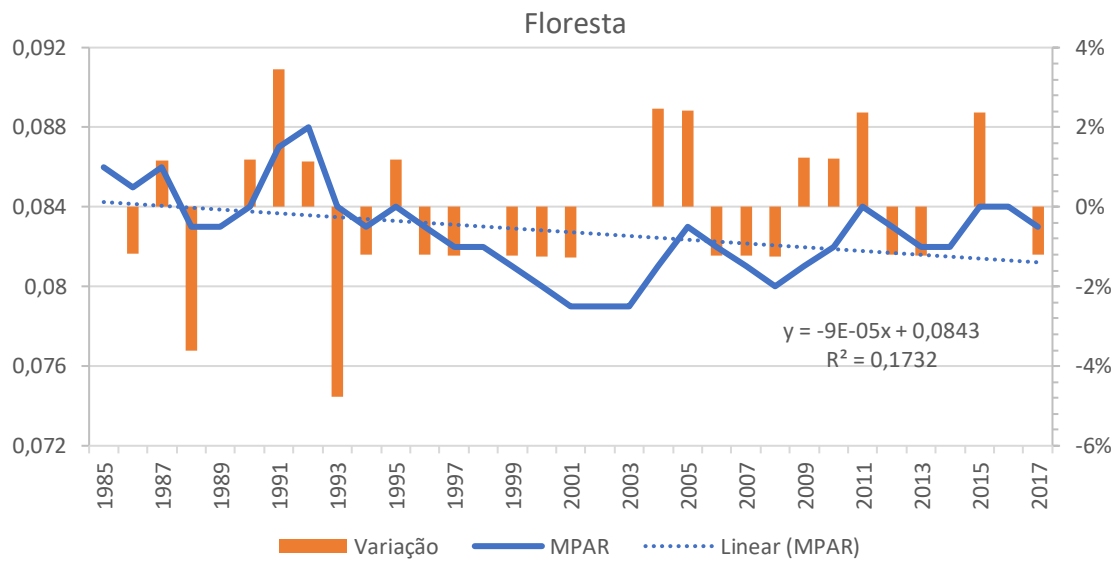


Gráfico 52. MPAR para forma da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Alto rio Doce do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.2. Médio rio Doce

9.4.2.1. Métricas de área

9.4.2.1.1. Agropecuária

Para a classe agropecuária do **fuso 23K** o número de fragmentos (NP) e área da classe (CA) variaram de forma divergente ao longo da série histórica (1985 a 2017). O NP demonstra diversas ascensões e declínios (**Gráfico 53**), enquanto a soma de todas as áreas das manchas apresenta três ciclos bem definidos: ciclo de queda, entre 1985 e 1993, um ciclo de estabilidade entre 1993 e 2011, e um ciclo de ascensão entre 2011 e 2016, seguida de uma queda em 2017. Globalmente, a tendência é de perdas médias de 181 ha por ano (**Gráfico 54**). Para o **fuso 24K**, o intervalo do número de fragmentos (NP) foi semelhante ao **fuso 23K**, com ca. 4000 e 6000 fragmentos e tendência de ganhos de ca. 30 fragmentos por ano (**Gráfico 55**). A área da classe (CA) possuiu ciclos de ganhos de área total entre 1980 e 1990 e entre 2007 e 2014, mas mostrou ciclos de perdas de área de 2000 até 2006 e 2015 até 2016 (**Gráfico 56**).

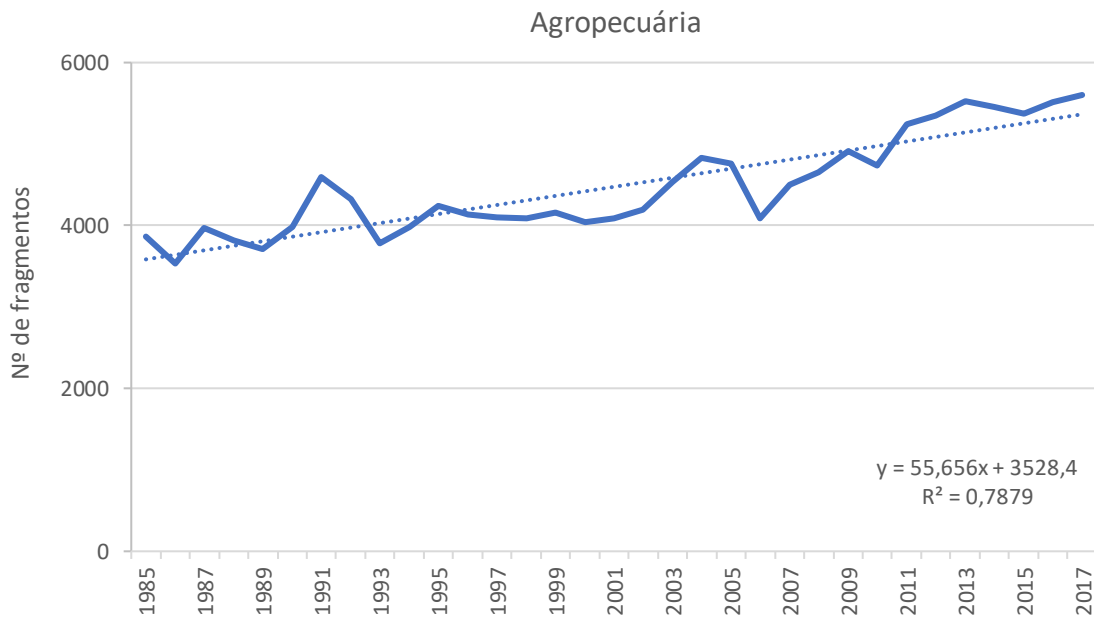


Gráfico 53. NP para área da classe *agropecuária* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

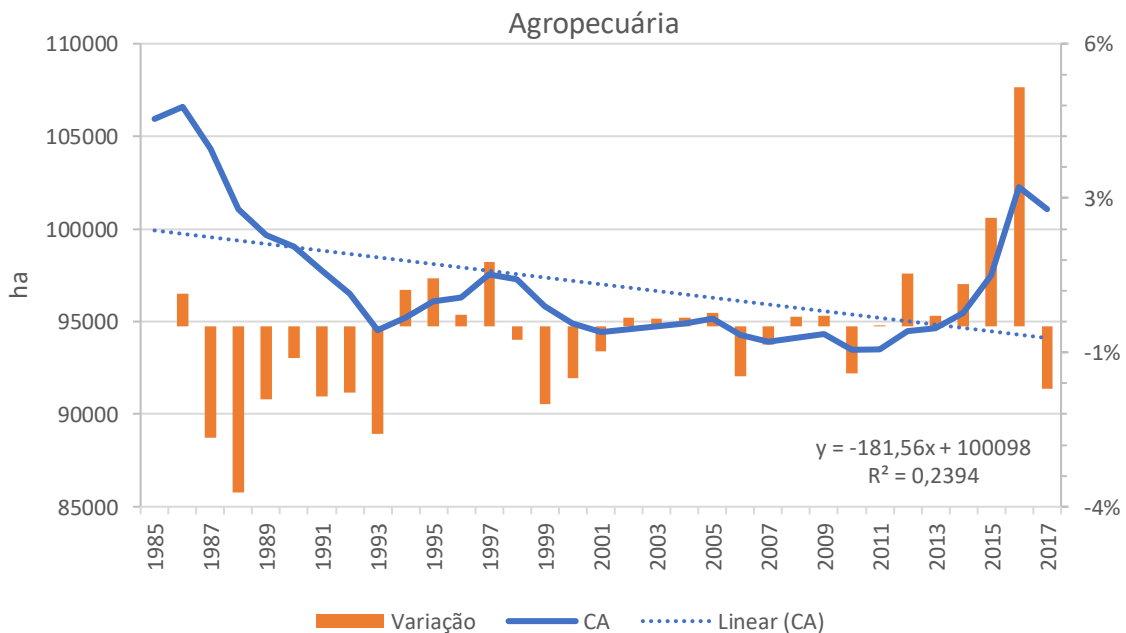


Gráfico 54. CA para área da classe *agropecuária* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

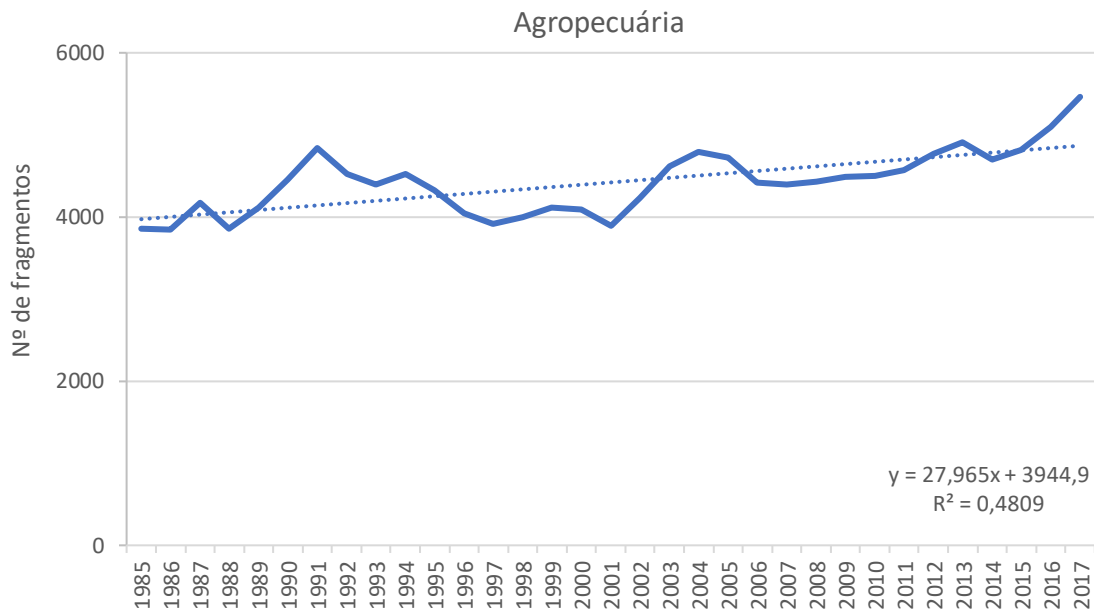


Gráfico 55. NP para área da classe *agropecuária* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

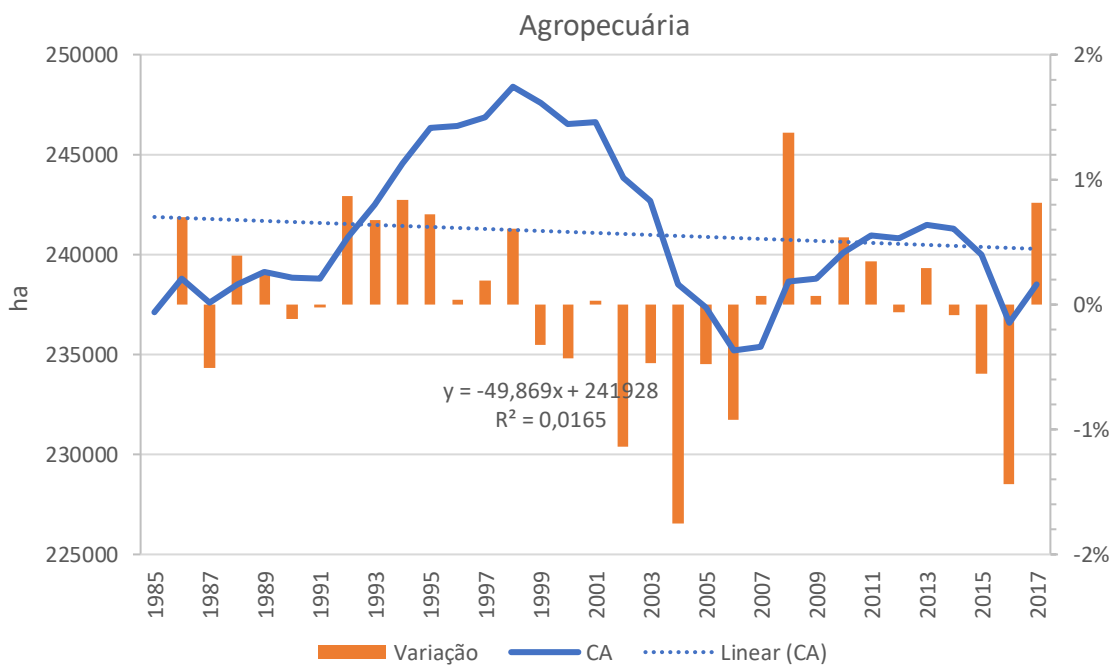


Gráfico 56. CA para área da classe *agropecuária* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

Para o **fuso 23K**, o tamanho das manchas tendeu a perdas que não chegam a 1 ha por ano (**Gráfico 57**). O maior ganho médio ocorreu em 2006 (13%), e a maior perda em 1991 (17%). Os maiores valores indicam fragmentos são pequenos ou grandes em relação à média; a maior dispersão foi em 1986 e a menor em 2016 (**Gráfico 58**).

A interpretação do MPS e PSSD para o **fuso 24K** é similar à do **fuso 23K**, pois houve tendência negativa ao longo da série histórica. Entretanto, o tamanho médio da mancha deste fuso é maior, atingindo máximos de ca. 60 ha (**Gráfico 59**). O maior desvio padrão foi observado em 2001 e há uma tendência de redução desta dispersão em relação à média em 7 ha por ano (**Gráfico 60**).

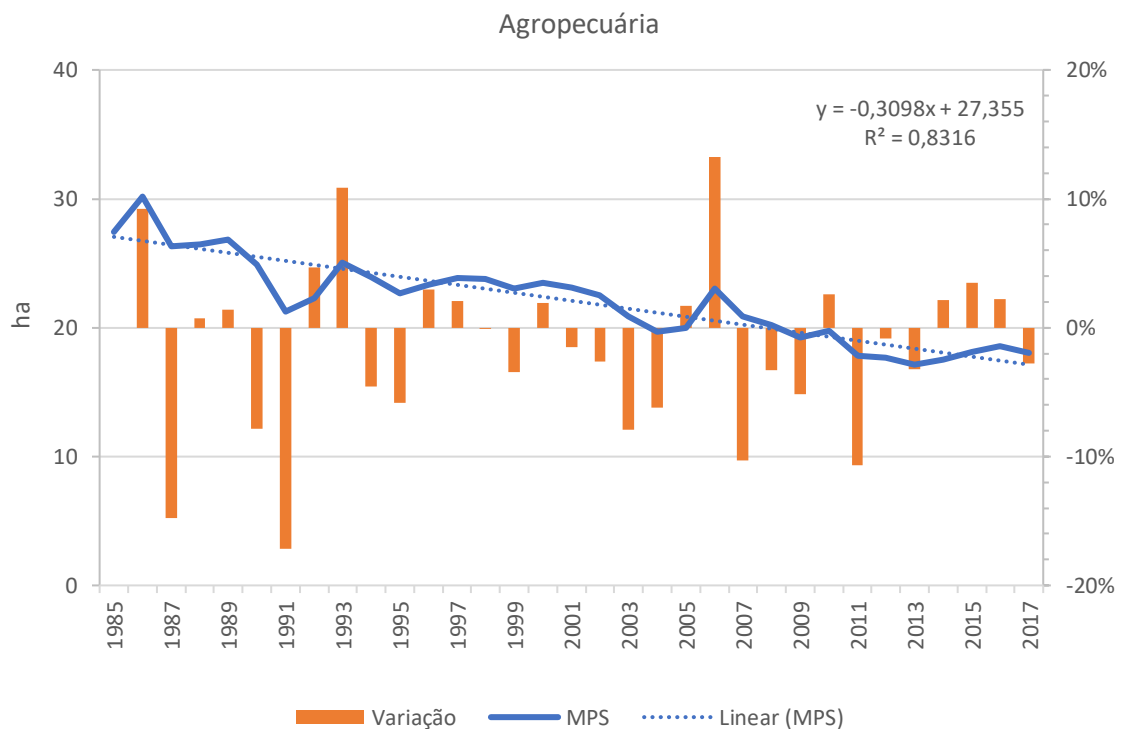


Gráfico 57. MPS para área da classe *agropecuária* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

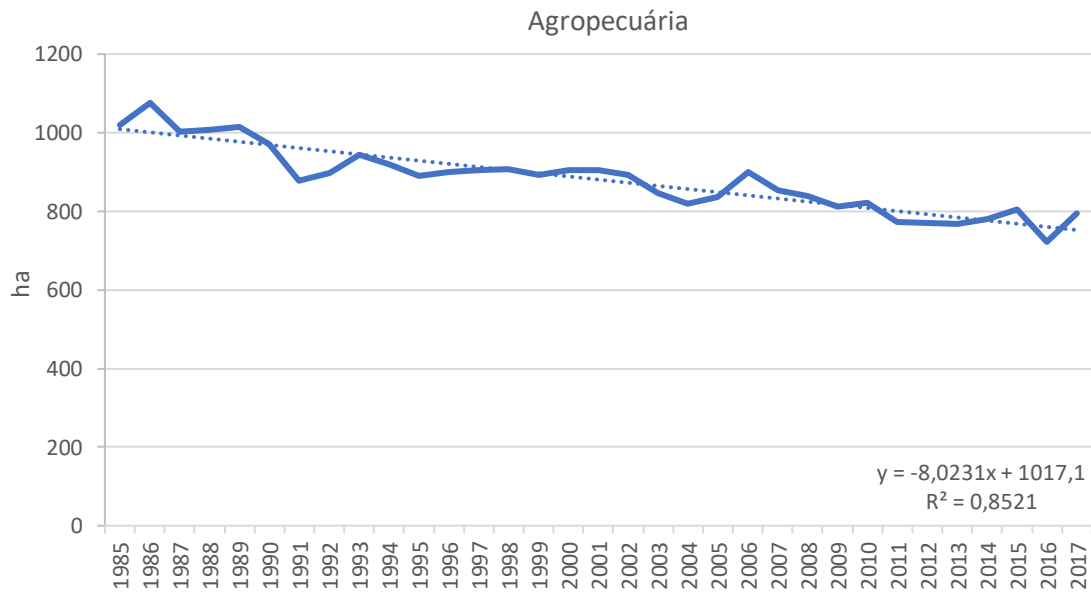


Gráfico 58. PSSD para área da classe *agropecuária* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

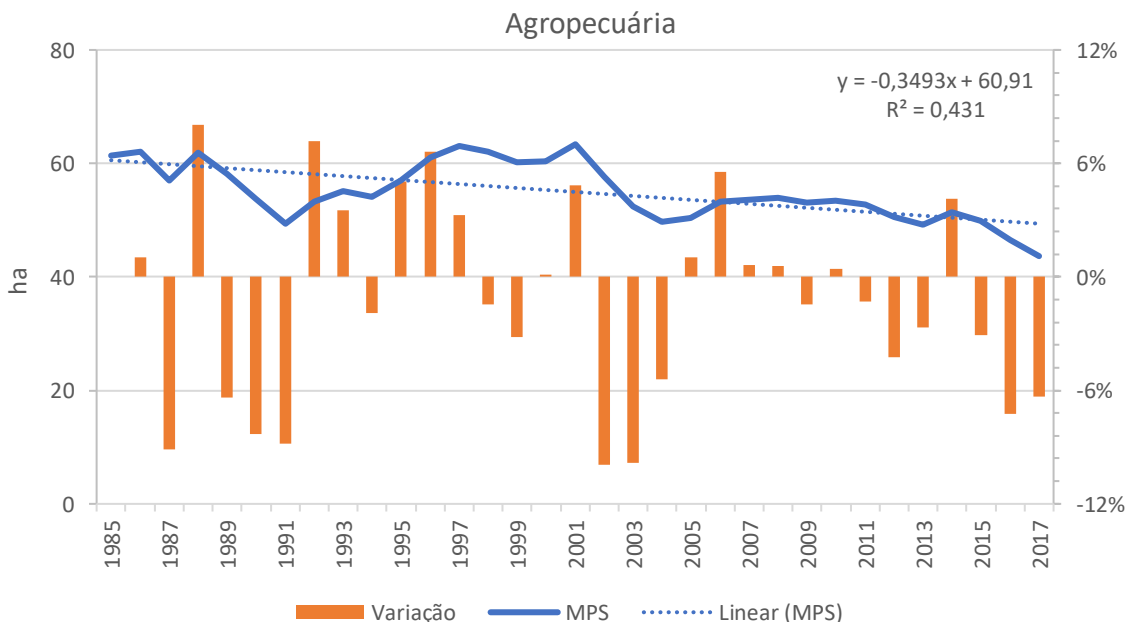


Gráfico 59. MPS para área da classe *agropecuária* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

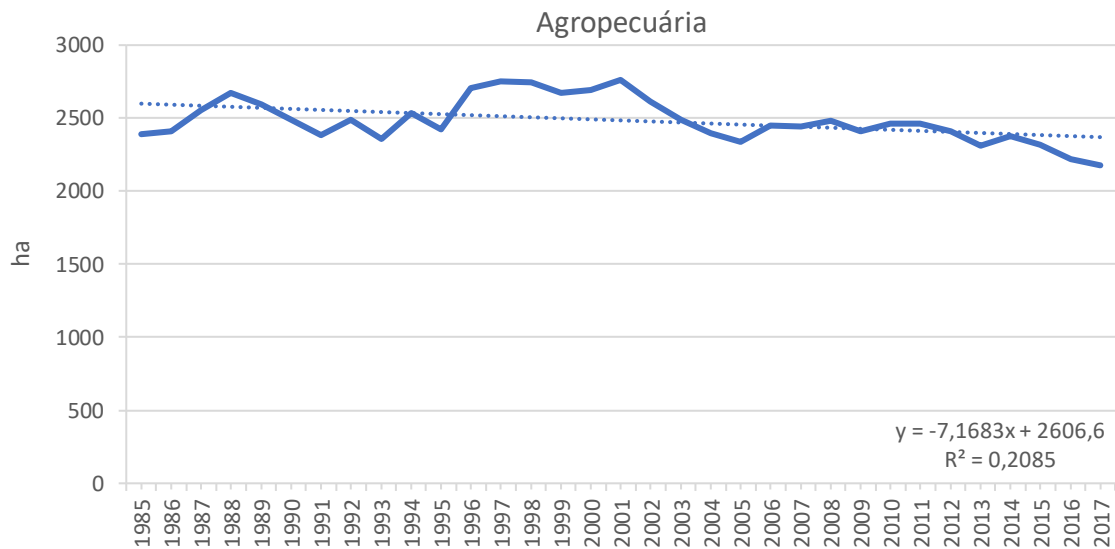


Gráfico 60. PSSD para área da classe *agropecuária* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.2.1.2. Área não vegetada

Para o **fuso 23K** a tendência geral foi de ganhos de 8 fragmentos por ano (**Gráfico 61**). Houve um ciclo de quedas entre 2004 e 2006, onde há uma perda de ca. 35%, mas a tendência global foi de ganhos, ca. 25 ha anuais (**Gráfico 62**).

Assim como no **fuso 23K**, o número de fragmentos (NP) para o **fuso 24K** também não seguiu tendência clara (**Gráfico 63**). Houve acréscimo de área, tendência média de ganhos de 75 ha por ano (**Gráfico 64**). As variações de tamanho (MPS) no **fuso 23K** foram crescentes entre 1986 e 1993, e decresce em 30% entre 1994 e 1995 (**Gráfico 65**). O PSSD não variou no tamanho médio (**Gráfico 66**). Para o **fuso 24K** as variações foram decrescentes e o PSSD obteve variação positiva mais considerável (**Gráfico 67**, **Gráfico 68**).

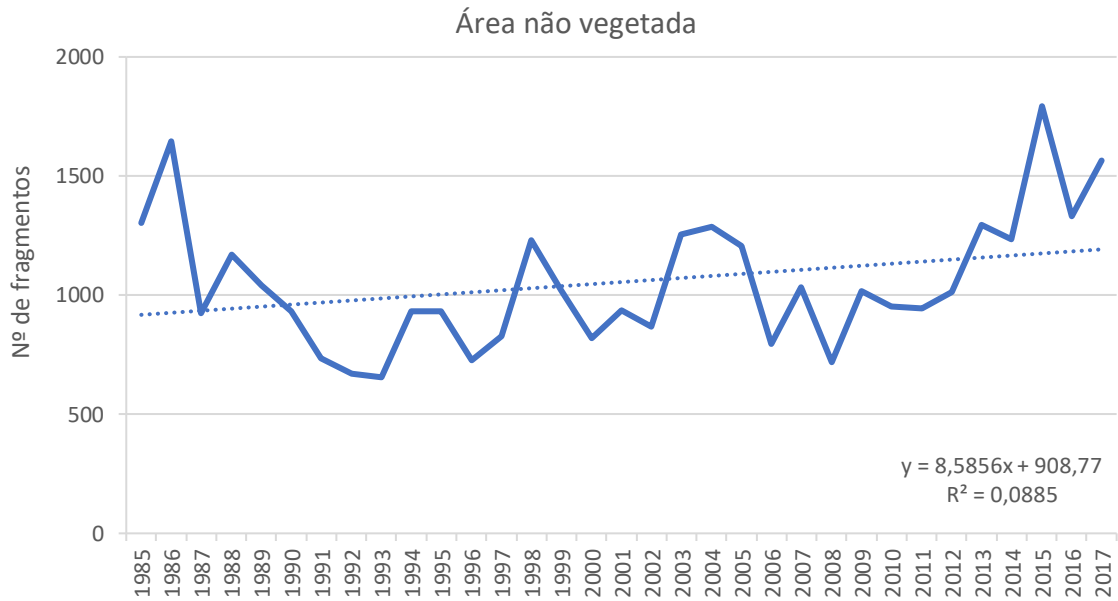


Gráfico 61. NP para área da classe *área não vegetada* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

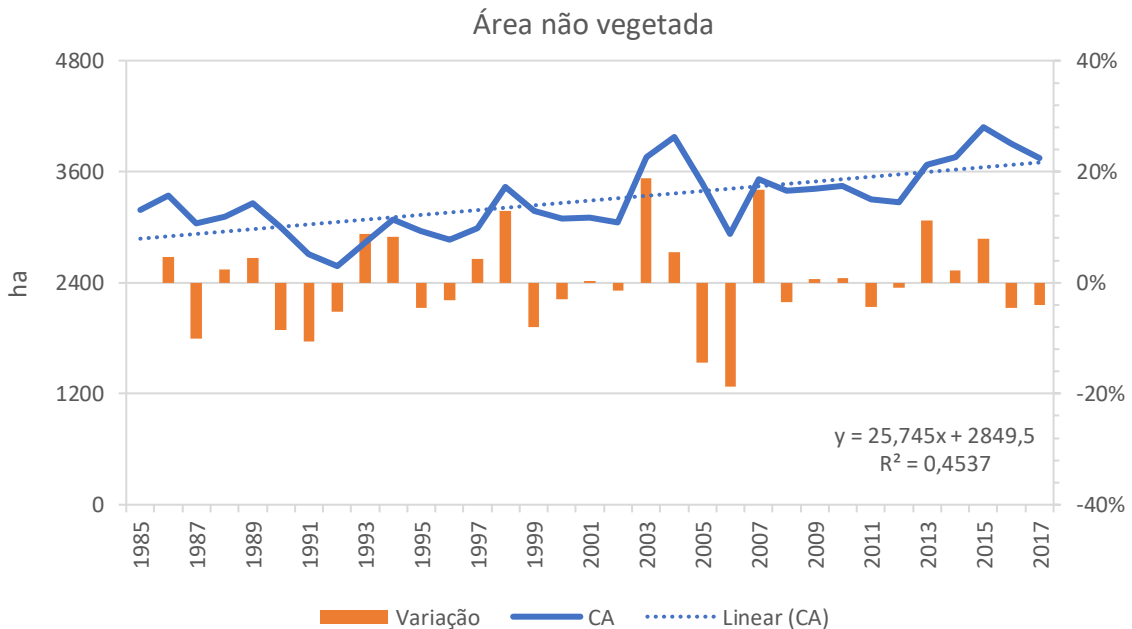


Gráfico 62. CA para área da classe *área não vegetada* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

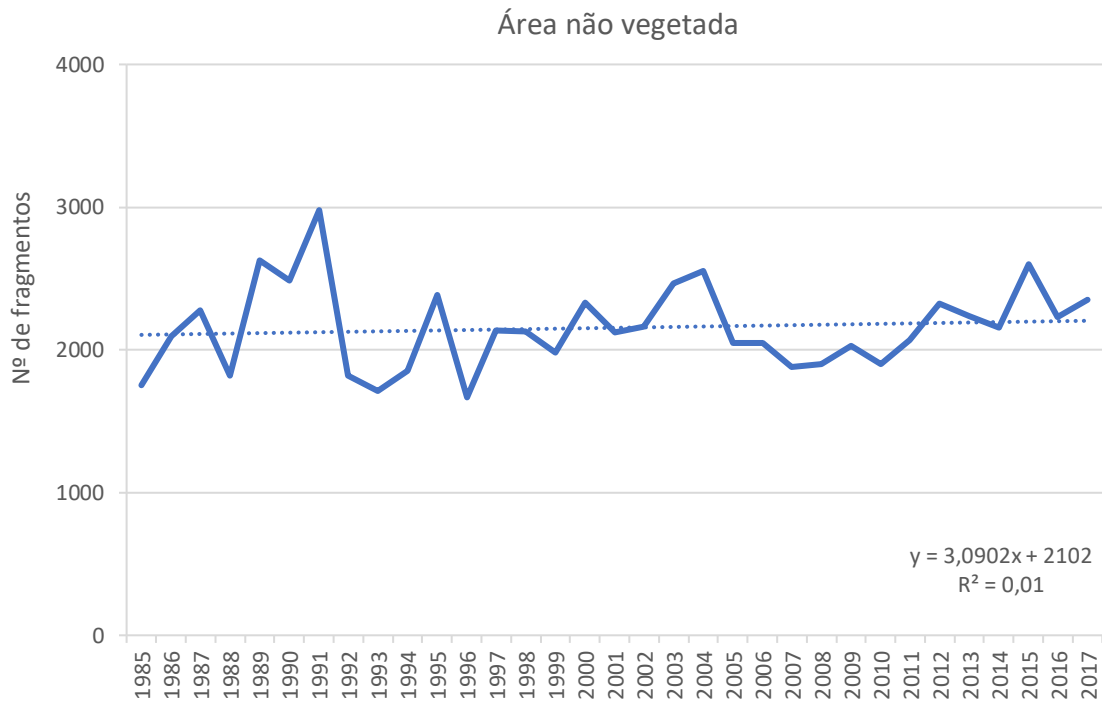


Gráfico 63. NP para área da classe *área não vegetada* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

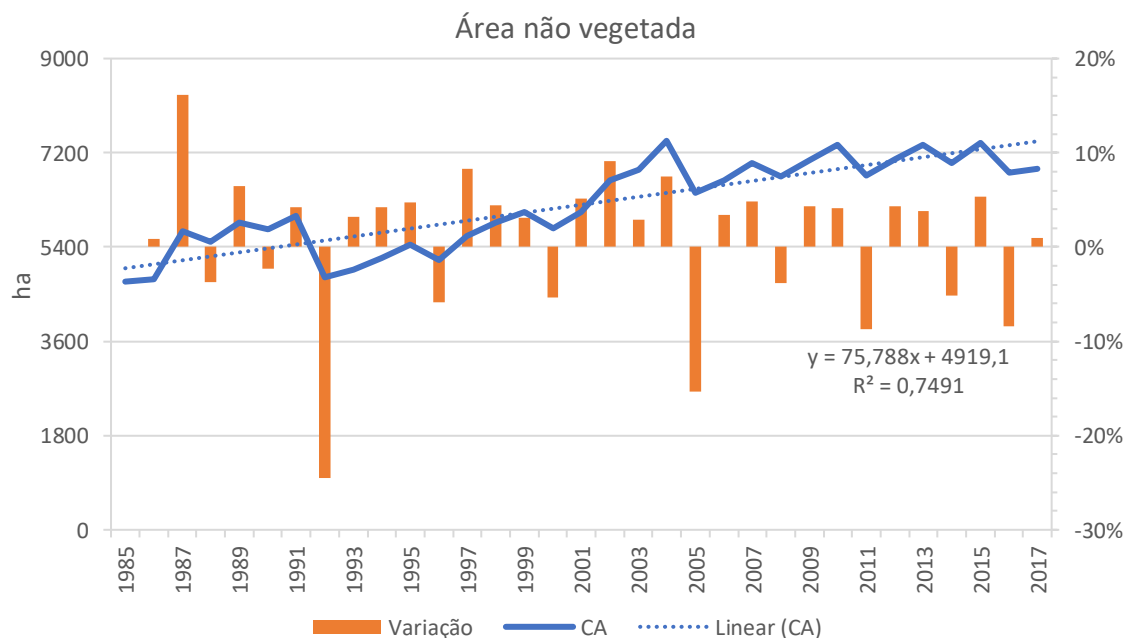


Gráfico 64. CA para área da classe *área não vegetada* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

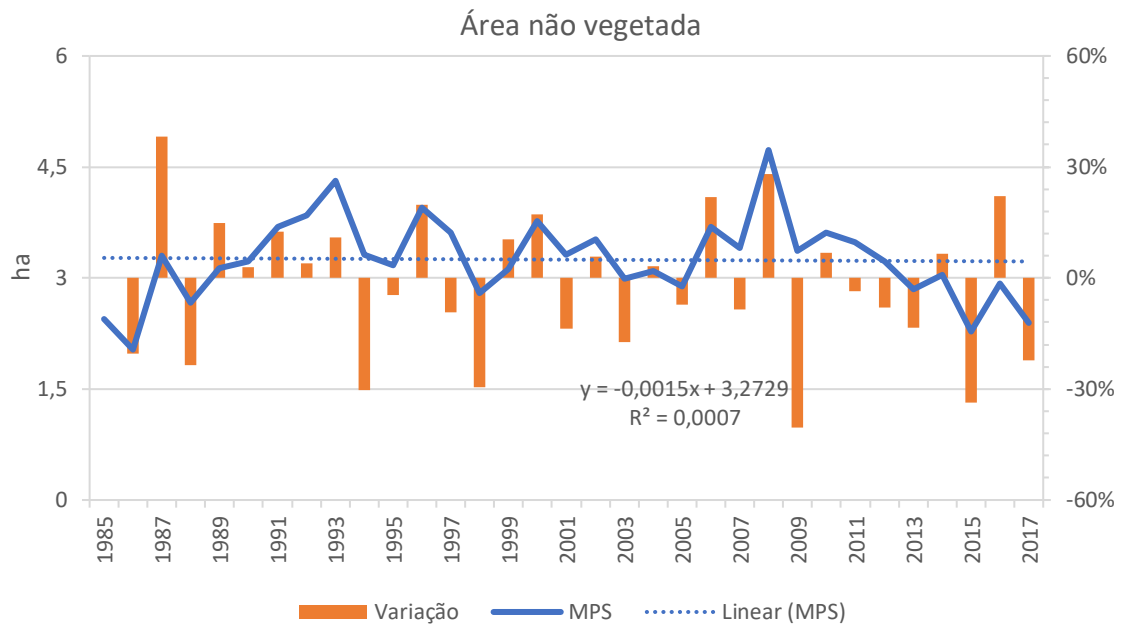


Gráfico 65. MPS para área da classe *área não vegetada* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

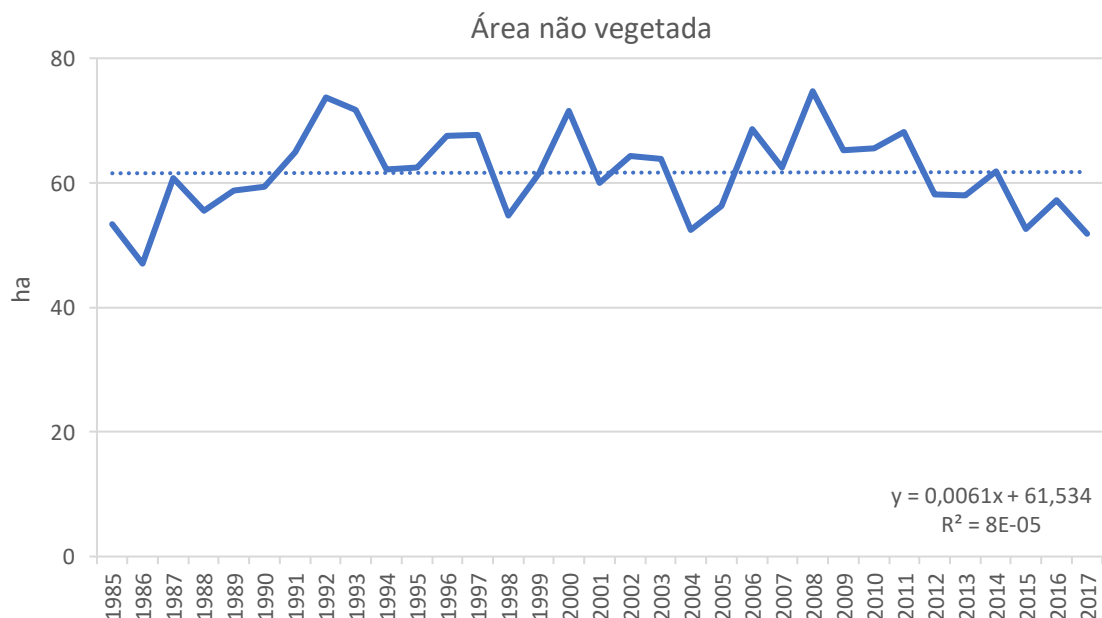


Gráfico 66. PSSD para área da classe *área não vegetada* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

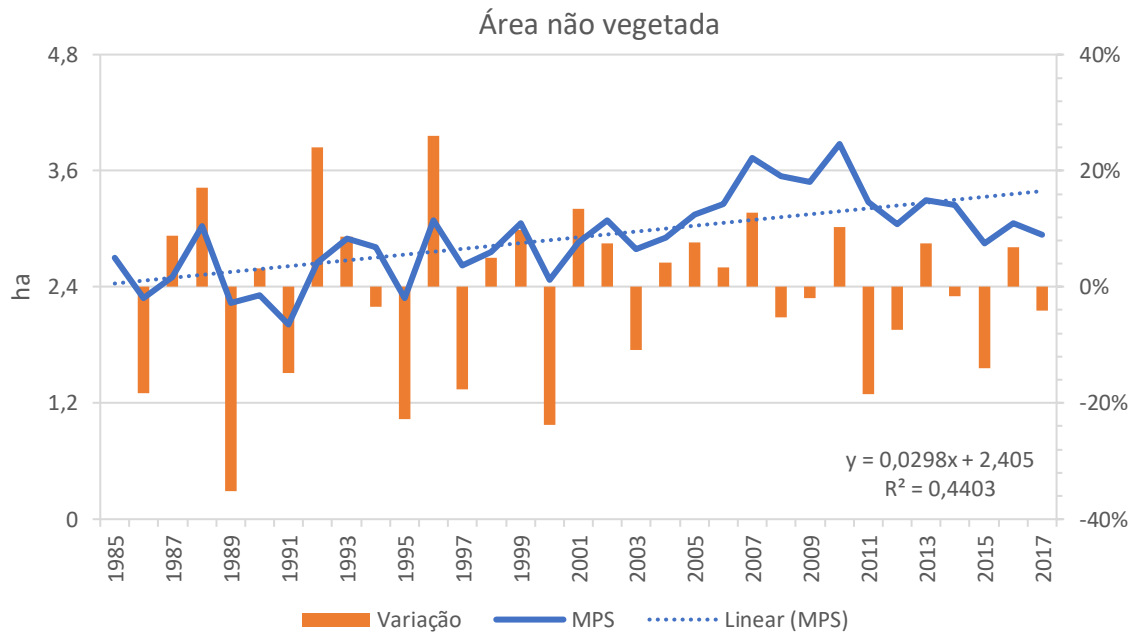


Gráfico 67. MPS para área da classe *área não vegetada* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

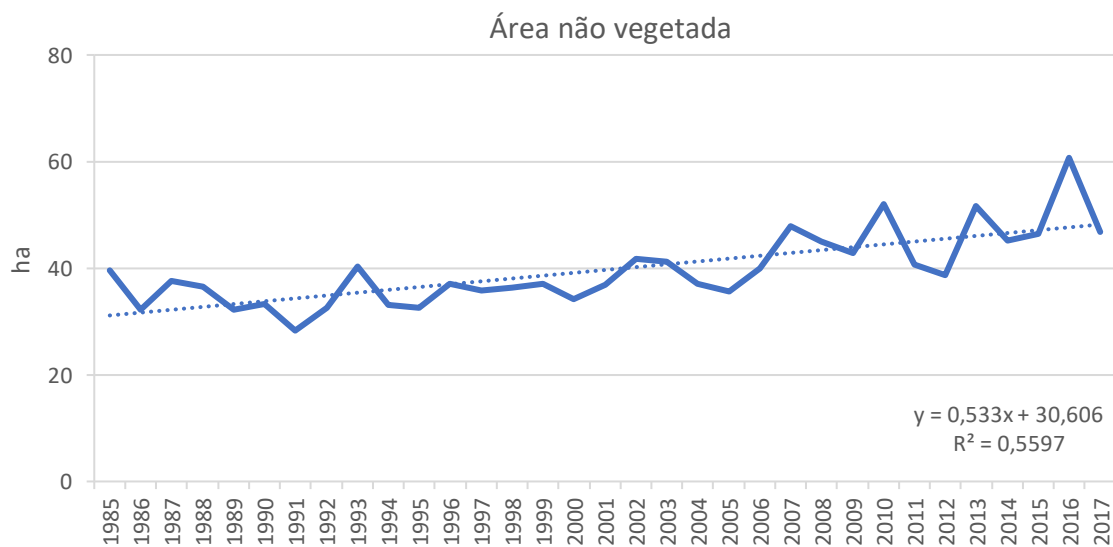


Gráfico 68. PSSD para área da classe *área não vegetada* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.2.1.3. Corpos d'água

Para a classe corpos d'água do **fuso 23K** o NP e CA variaram de forma divergente: enquanto o índice NP flutua constantemente (**Gráfico 69**), a soma das áreas das manchas apresentou dois ciclos, um de declínio entre 1985 e 2001, e outro de crescimento até 2012 (**Gráfico 70**). Para o **fuso 24K**, o NP também teve grandes variações, com um intervalo entre 200 e 450 fragmentos (**Gráfico 71**). CA apresentou tendência de ganho ca. 20 ha por ano (**Gráfico 72**).

O tamanho da mancha apresentou tendência de pequenas perdas, inferiores a 1 ha por ano (**Gráfico 73**) para o **fuso 23K**. O PSSD acompanha essa não uniformidade do MPS, com diversos declínios entre todos os anos analisados (**Gráfico 74**). A tendência do MPS foi negativa, com as maiores perdas em 2001 e 2013 de ca. 40% (**Gráfico 75**). A maior dispersão da média ocorreu em 1985 e a menor em 1998 (**Gráfico 76**).

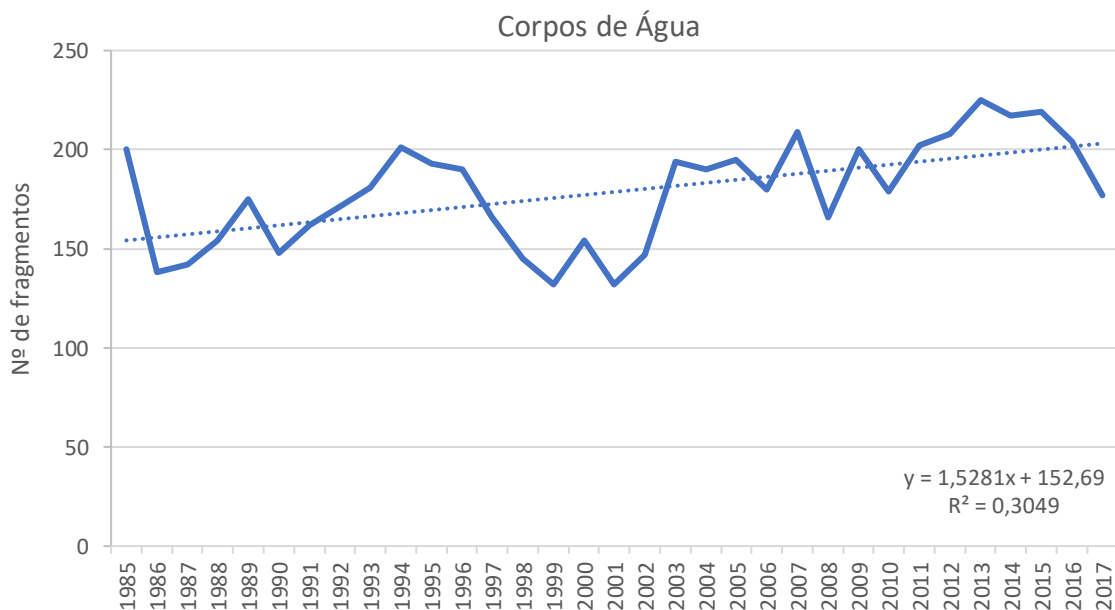


Gráfico 69. NP para área da classe *corpos d'água* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

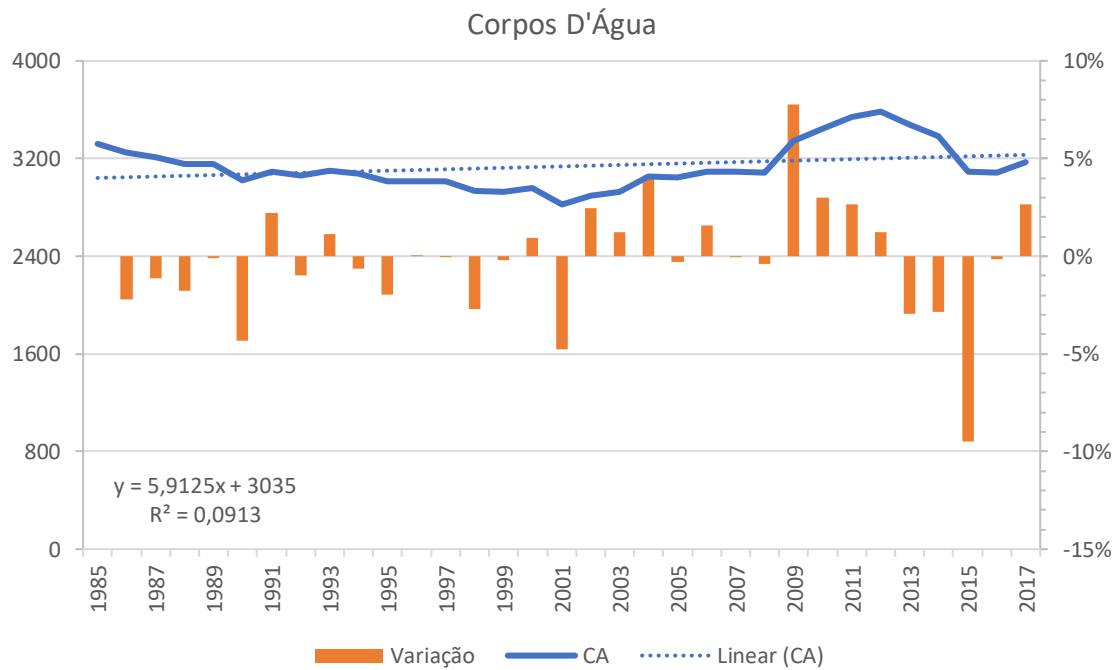


Gráfico 70. CA para área da classe *corpos d'água* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

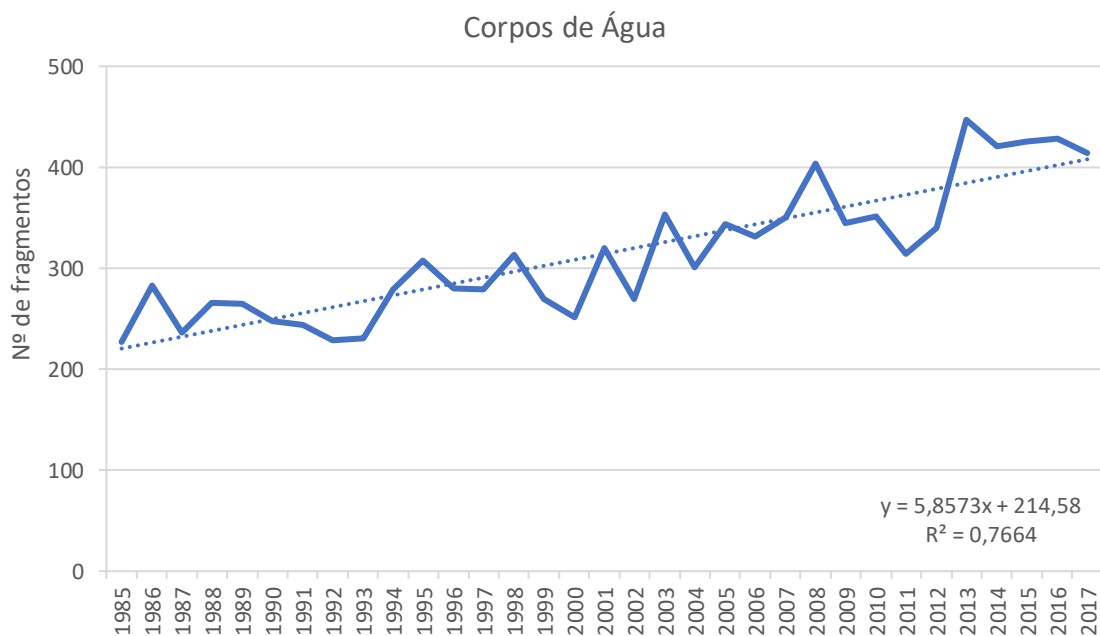


Gráfico 71. NP para área da classe *corpos d'água* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

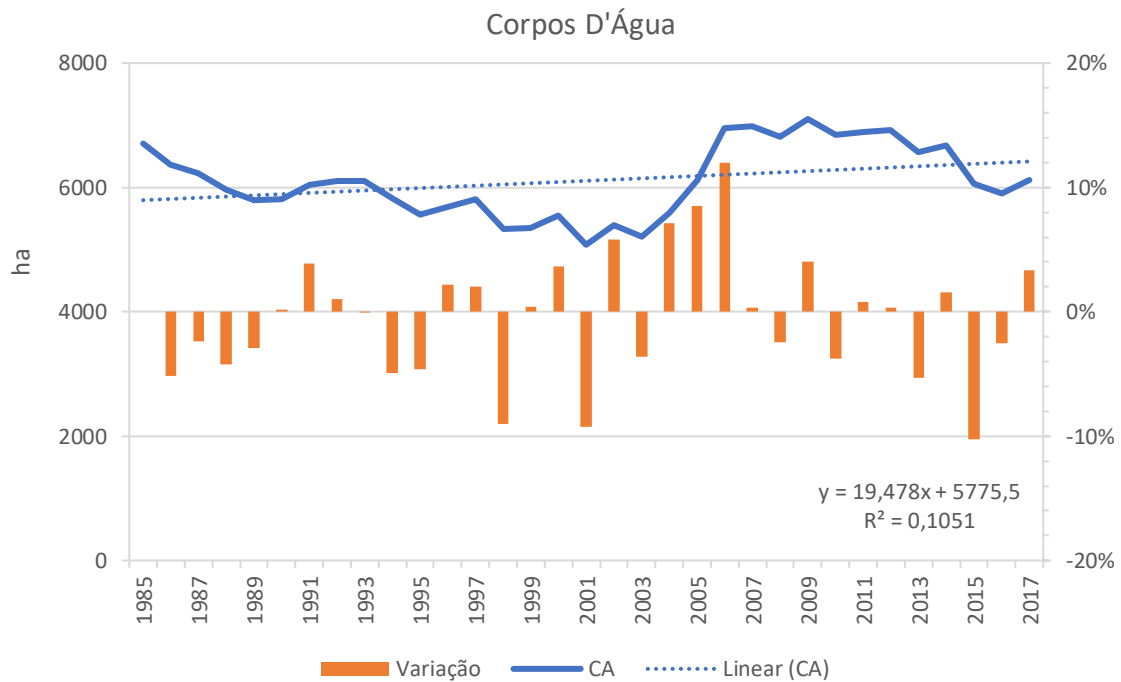


Gráfico 72. CA para área da classe *corpos d'água* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

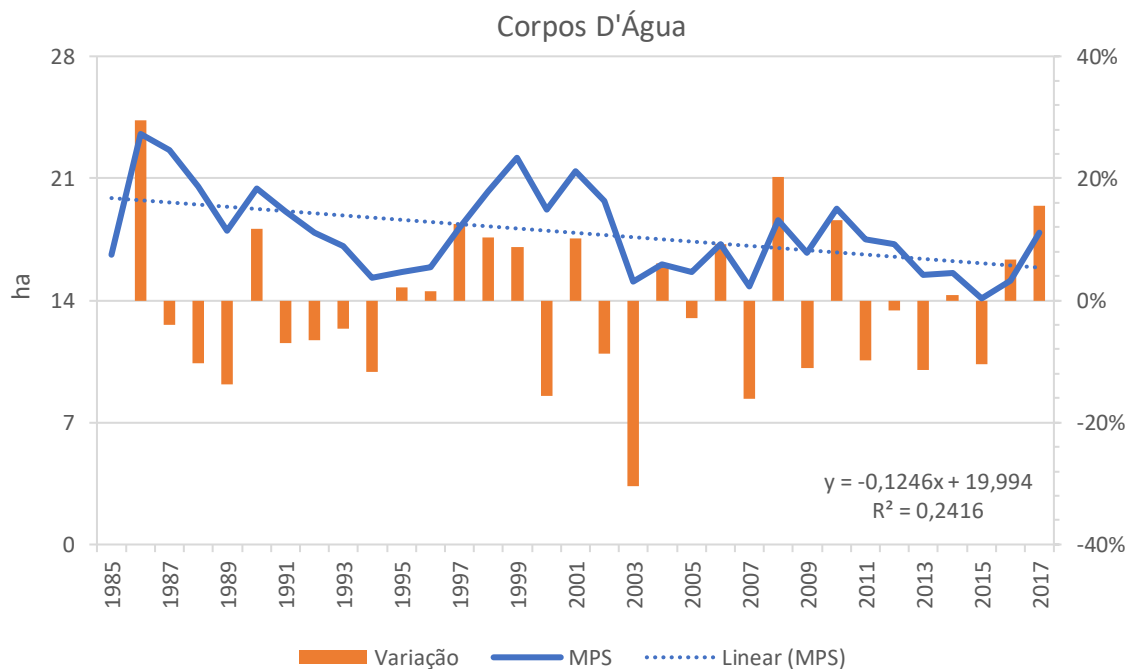


Gráfico 73. MPS para área da classe *corpos d'água* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

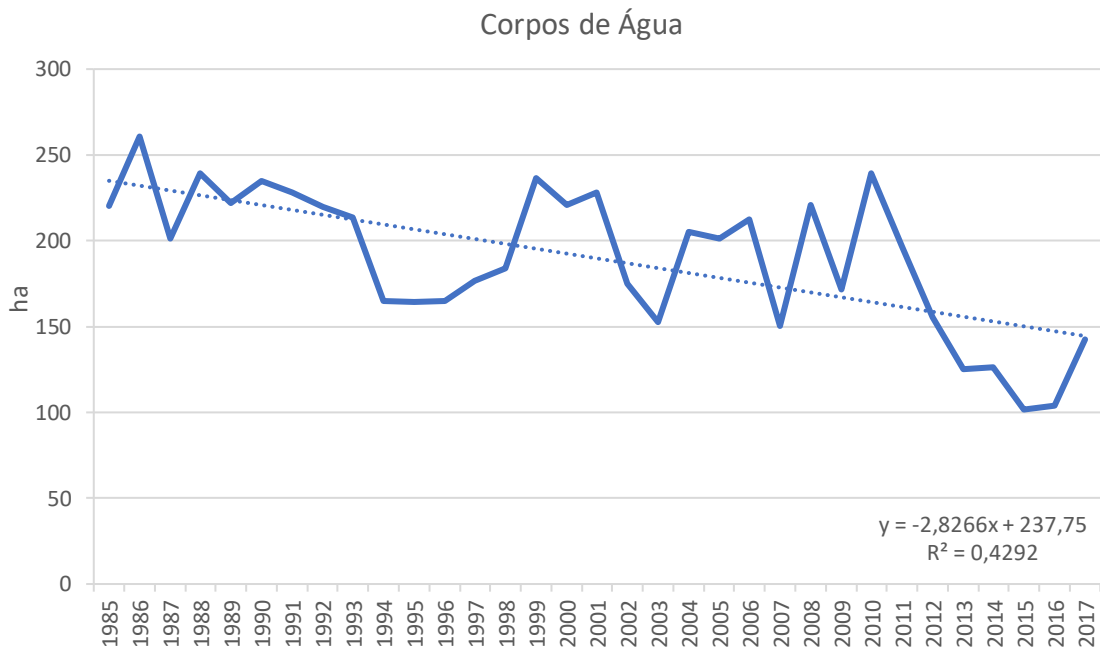


Gráfico 74. PSSD para área da classe *corpos d'água* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

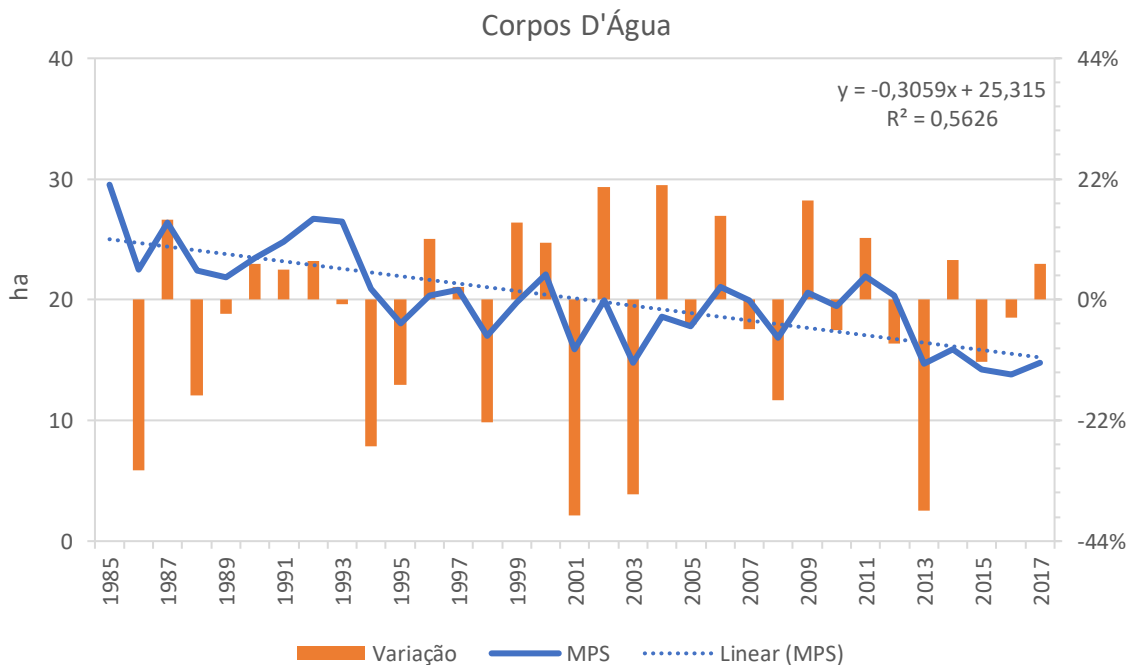


Gráfico 75. MPS para área da classe *corpos d'água* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

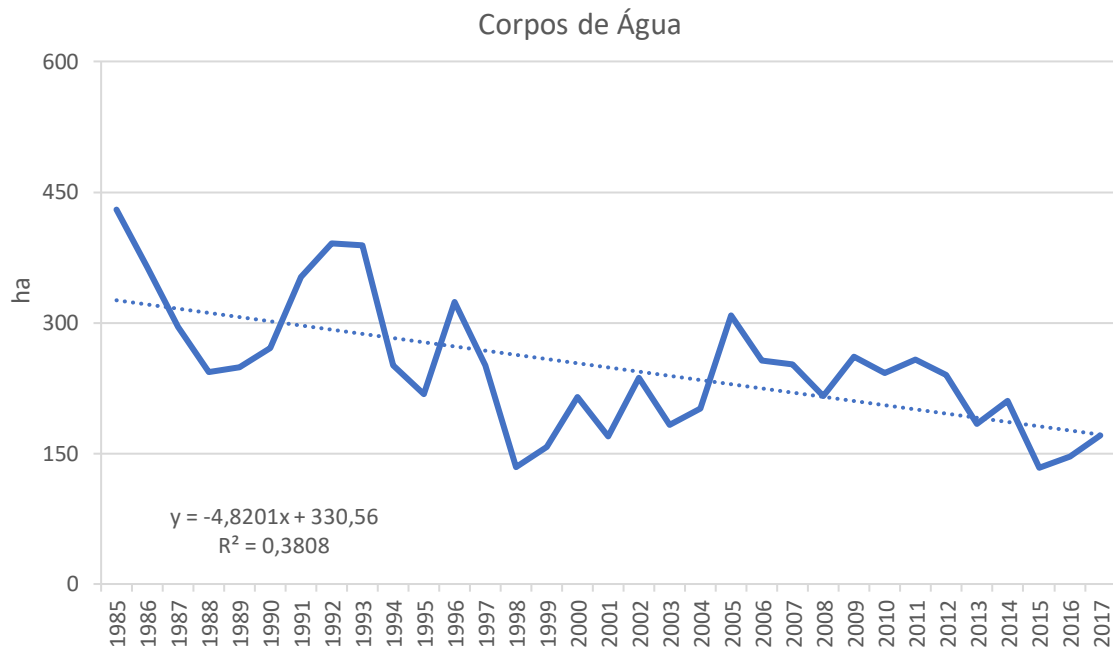


Gráfico 76. PSSD para área da classe *corpos d'água* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.2.1.4. Floresta

A classe florestal no **fuso 23K** mostrou tendência de diminuição de 8 ha no número de fragmentos, com as maiores perdas entre 1988 e 2009 (**Gráfico 77**). A área desta classe variou entre 45.000 a 60.000 ha (**Gráfico 78**). O número de fragmentos de floresta para o **fuso 24K** aumentou consideravelmente em 2016, sendo que, nos outros anos, este índice não ultrapassou 9.000 fragmentos (**Gráfico 79**). A área da classe *florestal* apresentou 3 ciclos de oscilação de sua área: 1985 - 1998 e 2007 – 2013 de ganhos, 1999 - 2006 e 2014 – 2016 de perdas (**Gráfico 80**).

Para o **fuso 23K**, o tamanho da mancha pouco variou. A maior variação aconteceu entre os anos 1985 a 1993, com aumento de 18% de MPS (**Gráfico 81**). O PSSD mostrou maior desvio no ano de 2012 e o menor em 2016 (**Gráfico 82**). Para o **fuso 24K**, o MPS apresentou quedas em 1990 (ca. 30%) e ganhos equivalentes (**Gráfico 83**). Os menores desvios da média ocorreram na década de 90 (**Gráfico 84**).

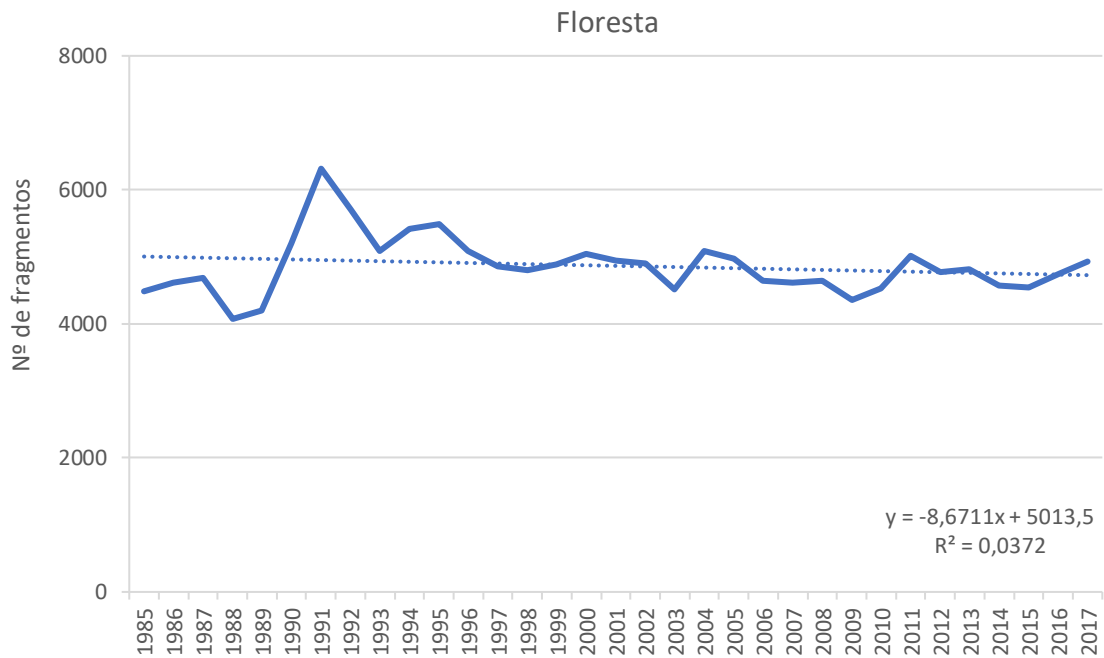


Gráfico 77. NP para área da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

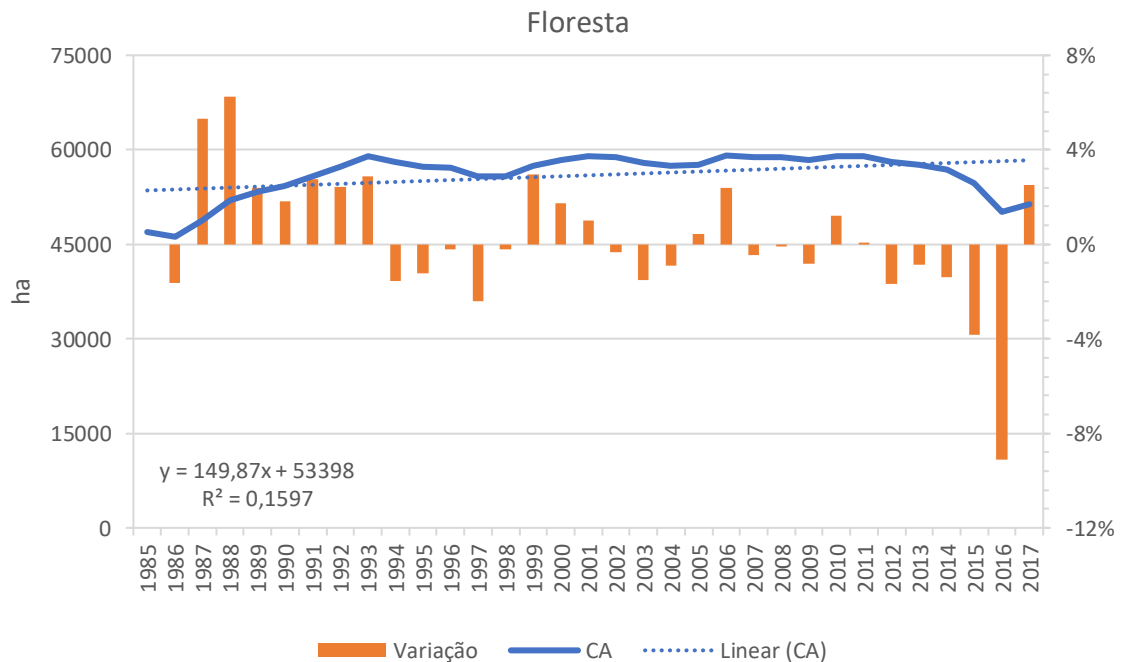


Gráfico 78. CA para área da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

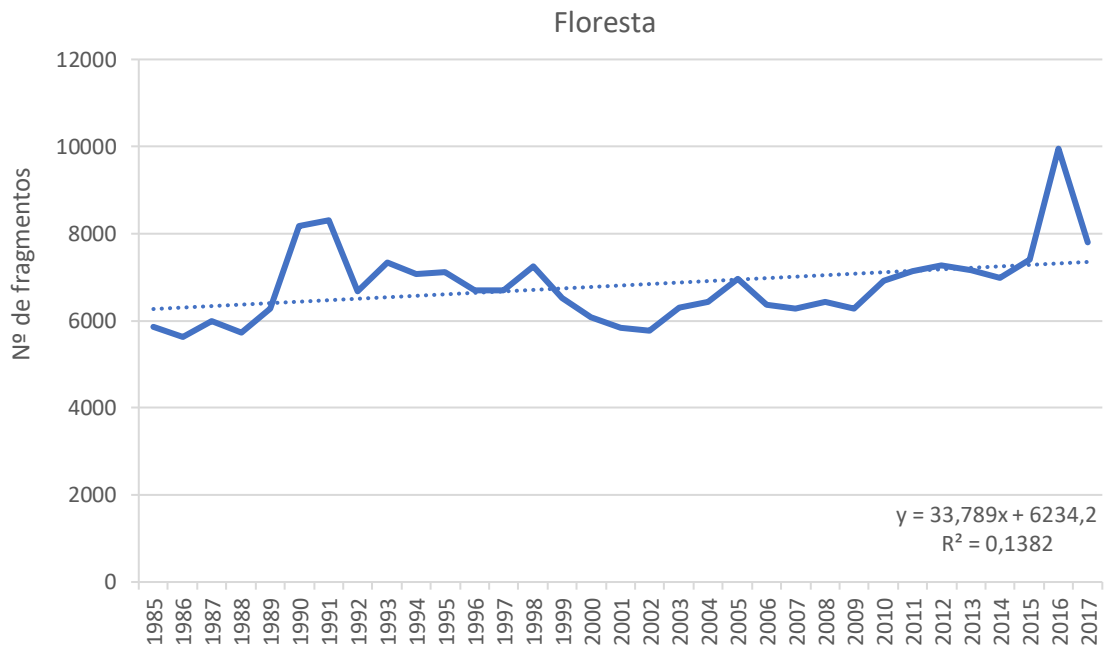


Gráfico 79. NP para área da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

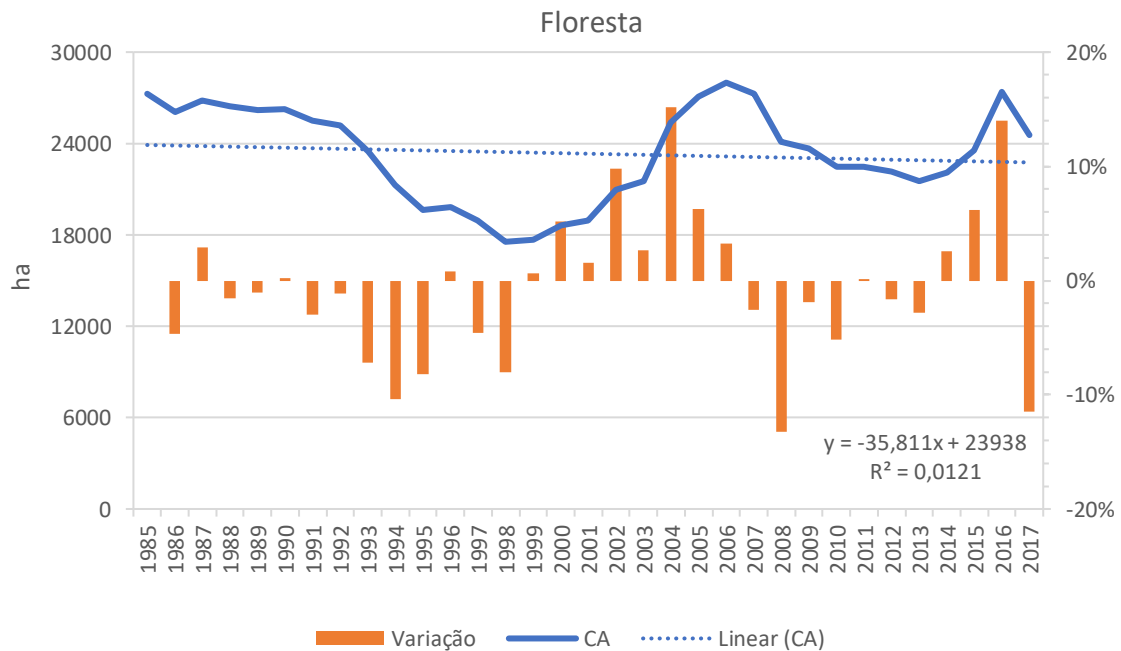


Gráfico 80. CA para área da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

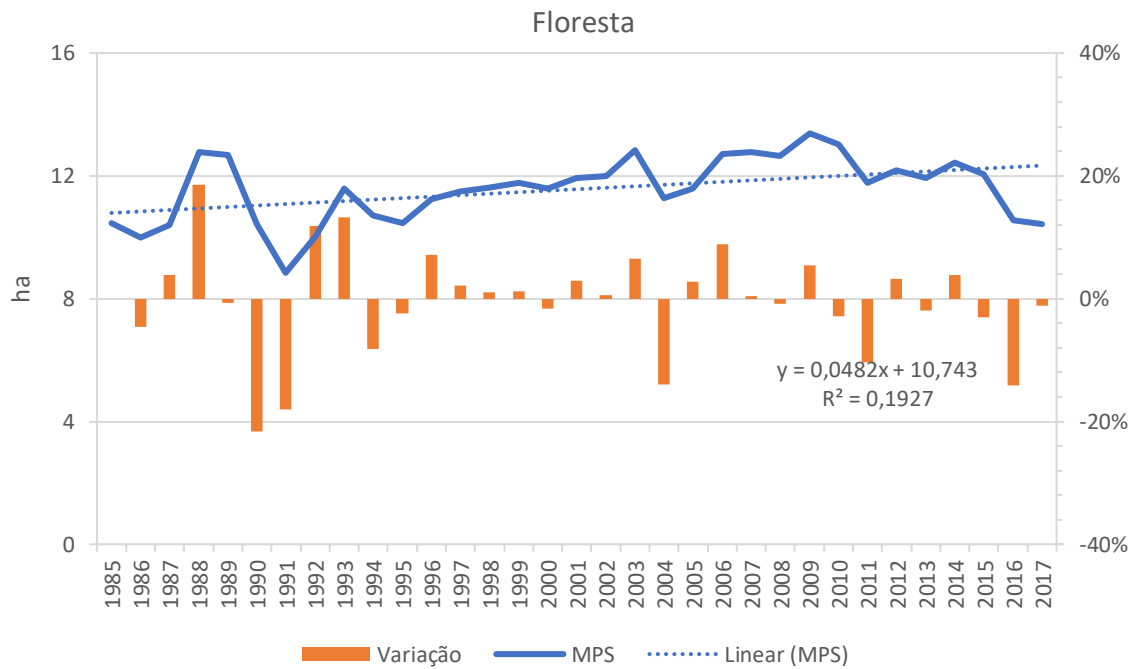


Gráfico 81. MPS para área da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

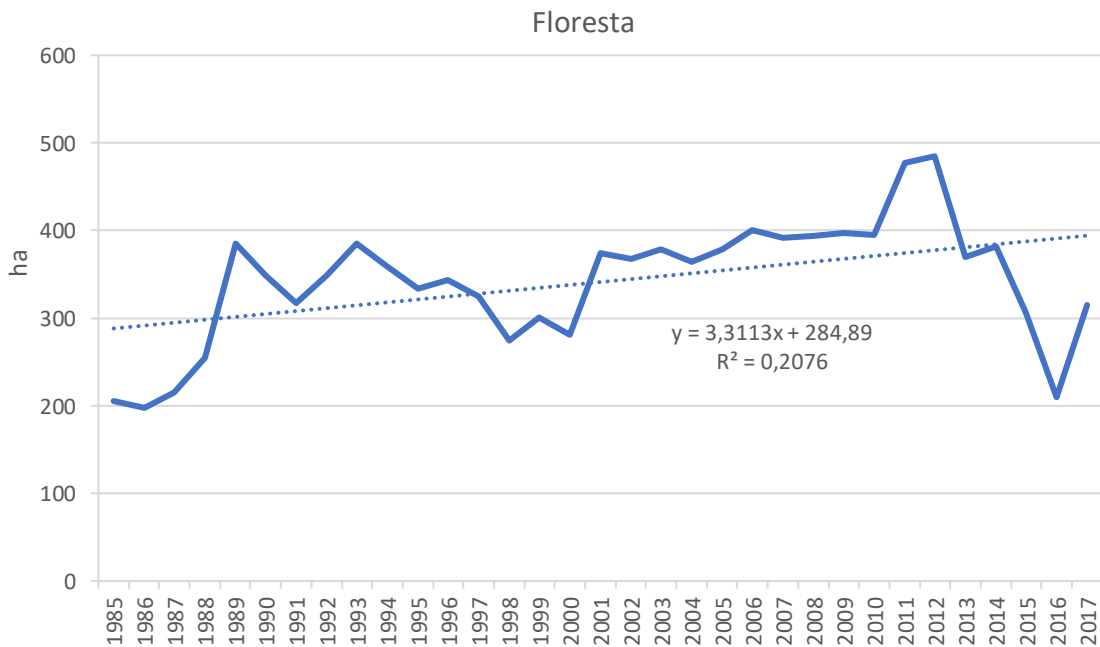


Gráfico 82. PSSD para área da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce/**fuso 23K** do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

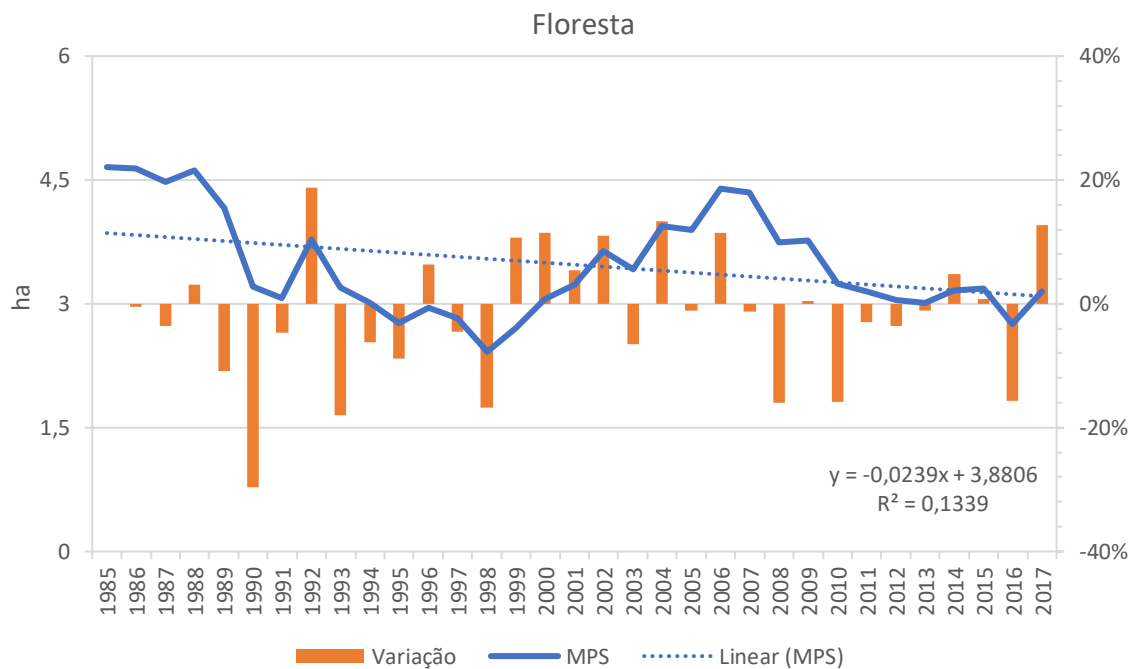


Gráfico 83. MPS para área da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

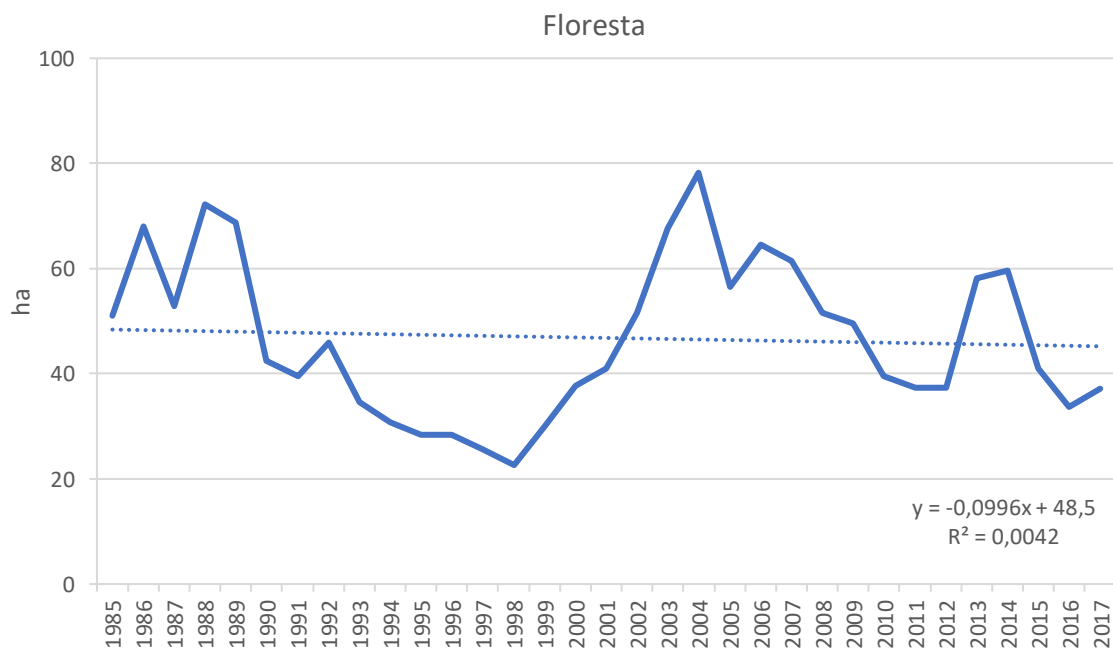


Gráfico 84. PSSD para área da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.2.1.5. Formação natural não florestal

No curso Médio, **fuso 23K**, para a classe de formação *natural não florestal*, só registramos valores de NP e CA para 1991, em área pequena, de 0,42 ha. Para o **fuso 24K**, o NP mostrou valores com elevado intervalo, entre 500 e 2000 fragmentos (**Gráfico 85**). A área para esta classe apresentou grandes variações, quedas de 1992 e 2004 (**Gráfico 86**). Valores de MPS e PSSD só foram encontrados para o ano de 1991 de acordo com o projeto MapBiomias, referente ao curso Médio, **fuso 23K**, para a classe de formação *natural não florestal*. Estes valores englobam 0,11 ha o tamanho médio da amostra e 0,04 ha de desvio padrão para este ano.

Os valores de MPS foram baixos na área do **fuso 24K** (ca. 0,6 - 0,9 ha). A maior variação foi percebida justamente no ano seguinte ao rompimento da barragem de Fundão, com perda de quase 40% de floresta *natural não florestal* (**Gráfico 87**). O PSSD apresentou variações entre 1 e 6 ha, sendo que o maior desvio ocorreu nos anos de 2001 e 2008, e os menores em 1992 e 1997 (**Gráfico 88**).

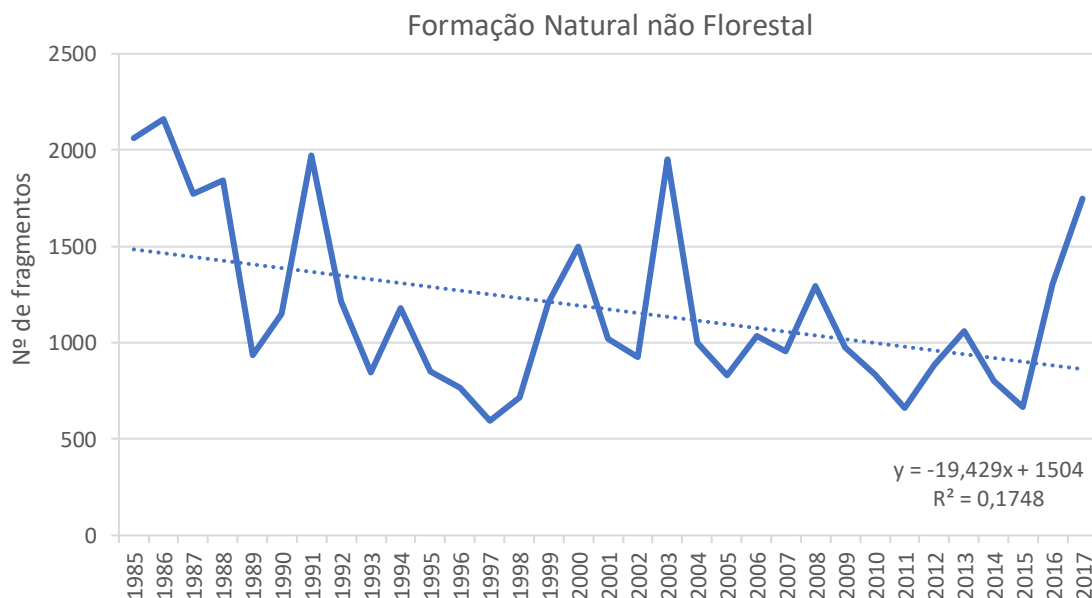


Gráfico 85. NP para área da classe formação *natural não florestal* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

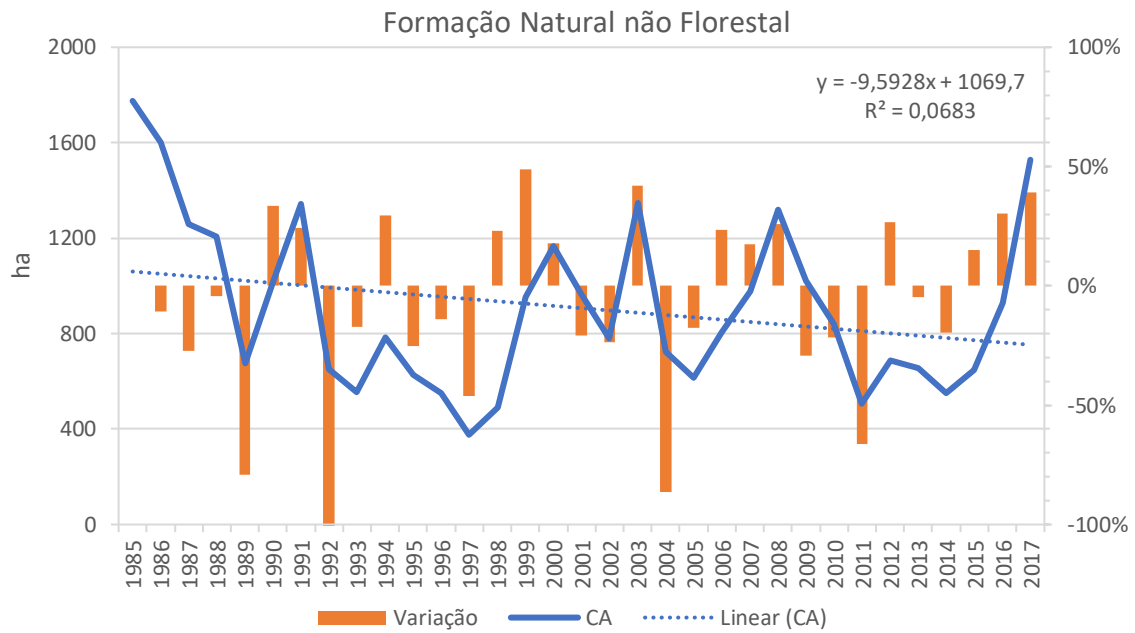


Gráfico 86. CA para área da classe formação *natural não florestal* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

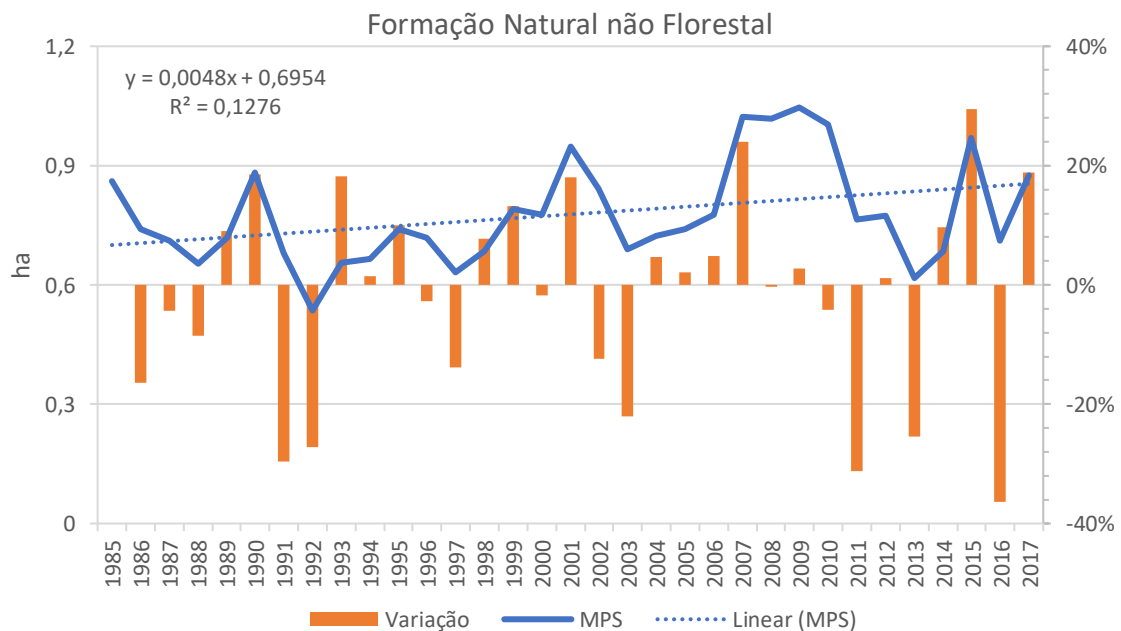


Gráfico 87. MPS para área da classe formação *natural não florestal* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

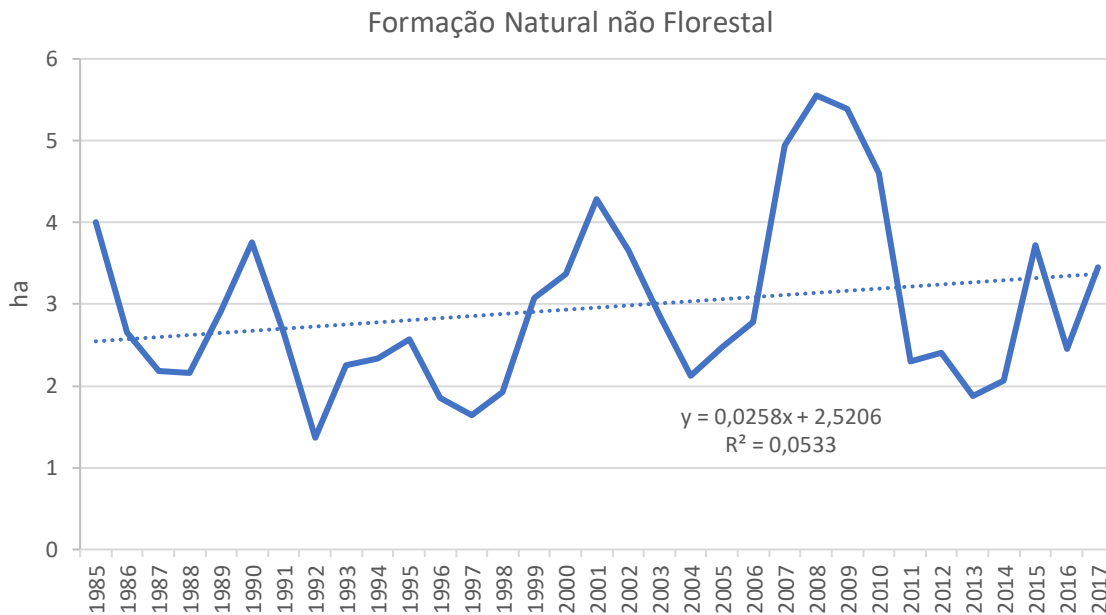


Gráfico 88. PSSD para área da classe formação *natural não florestal* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.2.1.6. Não observado

O maior número de fragmentos *não observados* para o **fuso 23K** do Médio curso foram os picos verificados em 1986, 1987, 2004, 2012 e 2014, e o menor NP *não observado* ocorreu nos anos de 1989 e 1992 (**Gráfico 89**).

Os anos de 1986 e 2012 foram os anos com maiores frações de áreas *não observadas* (**Gráfico 90**). Para o **fuso 24K**, o número de fragmentos *não observados* foi levemente superior ao **fuso 23K**, onde o maior número de fragmentos não observadas (N = 28) se deu em 2016 (**Gráfico 91**), mas inferiores a 1 ha (**Gráfico 92**). O tamanho médio do fragmento da classe para o **fuso 23K** foi uniforme entre 0,1 e 0,2 ha (**Gráfico 93**), com o maior desvio padrão em 1995 e uma menor dispersão da média em 2013 (**Gráfico 94**). O comportamento tanto do MPS quanto para o PSSD da mesma classe para o **fuso 24K**, foi semelhante. Entretanto, o maior desvio foi identificado em 2014 e o menor em 1998 (**Gráfico 95**, **Gráfico 96**).



Gráfico 89. NP para área da classe *não observado* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

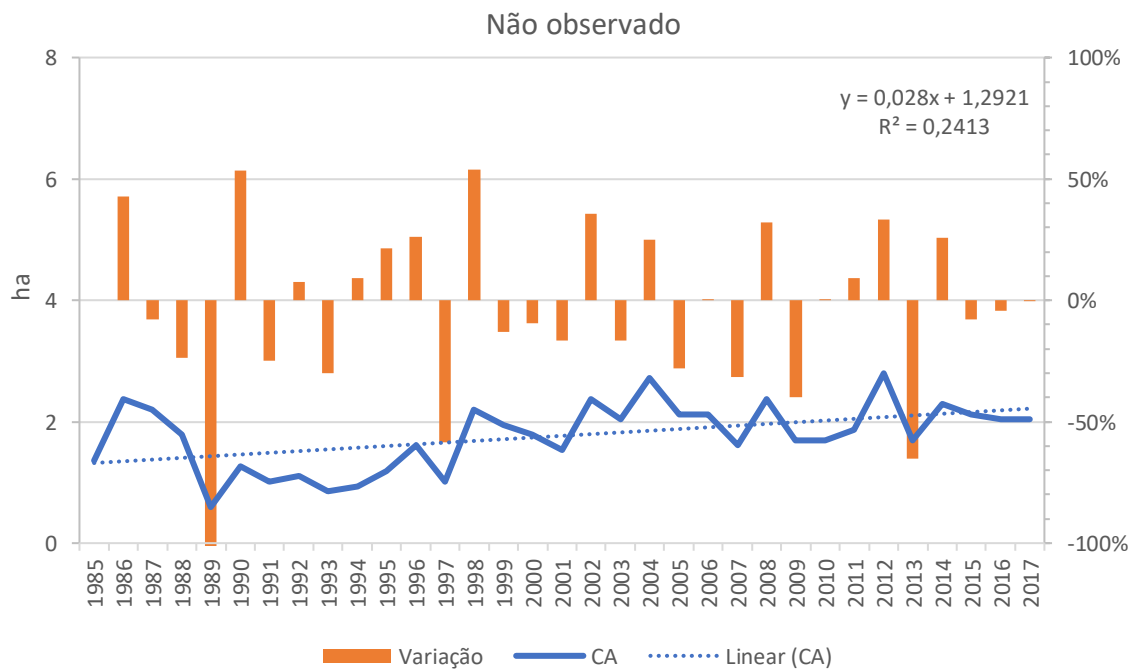


Gráfico 90. CA para área da classe *não observado* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

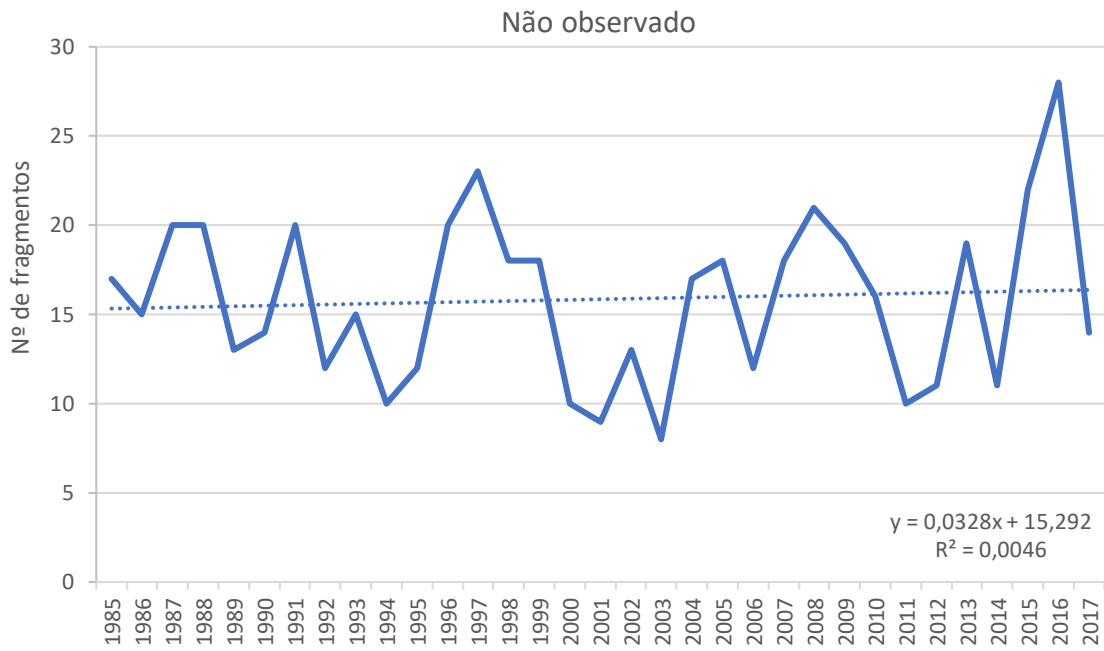


Gráfico 91. NP para área da classe *não observado* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

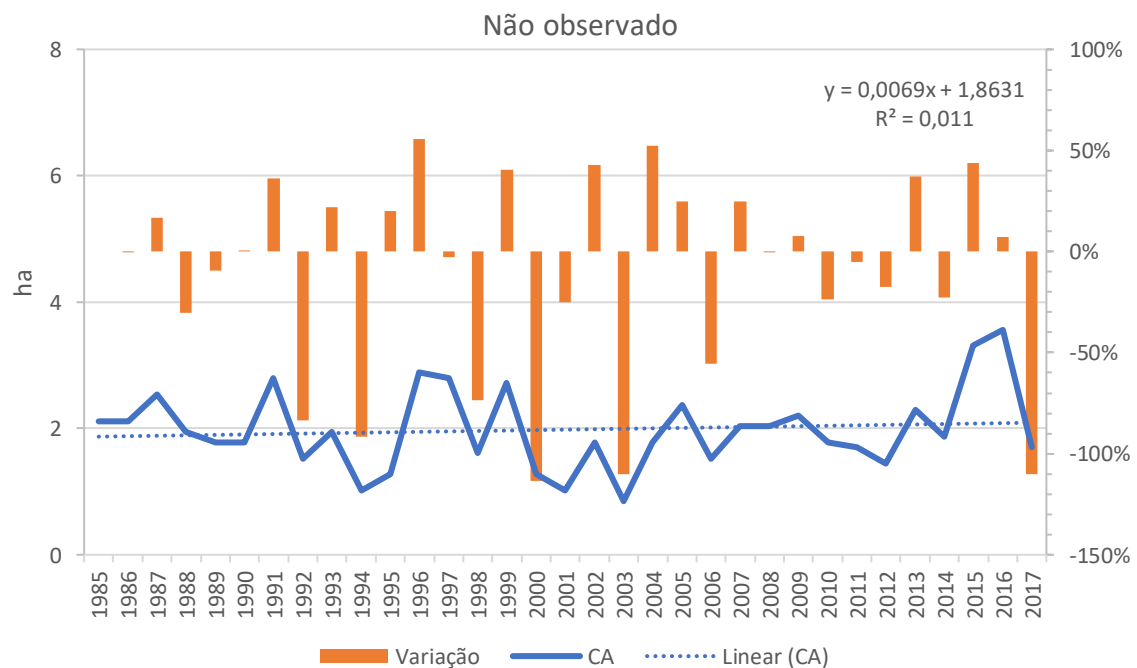


Gráfico 92. CA para área da classe *não observado* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

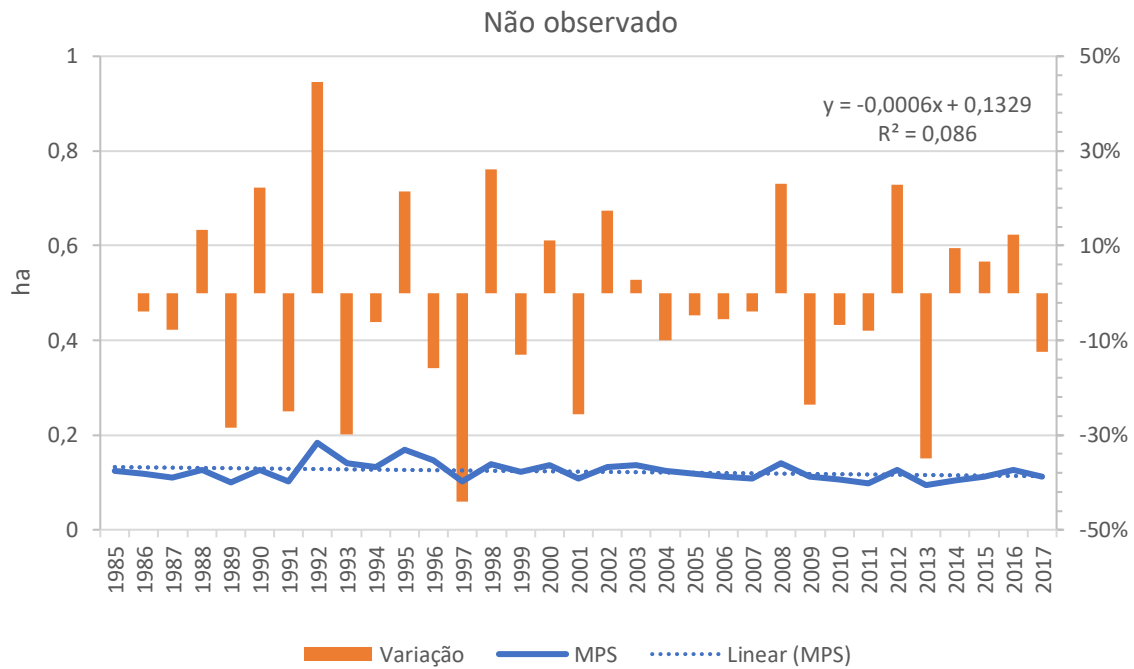


Gráfico 93. MPS para área da classe *não observado* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

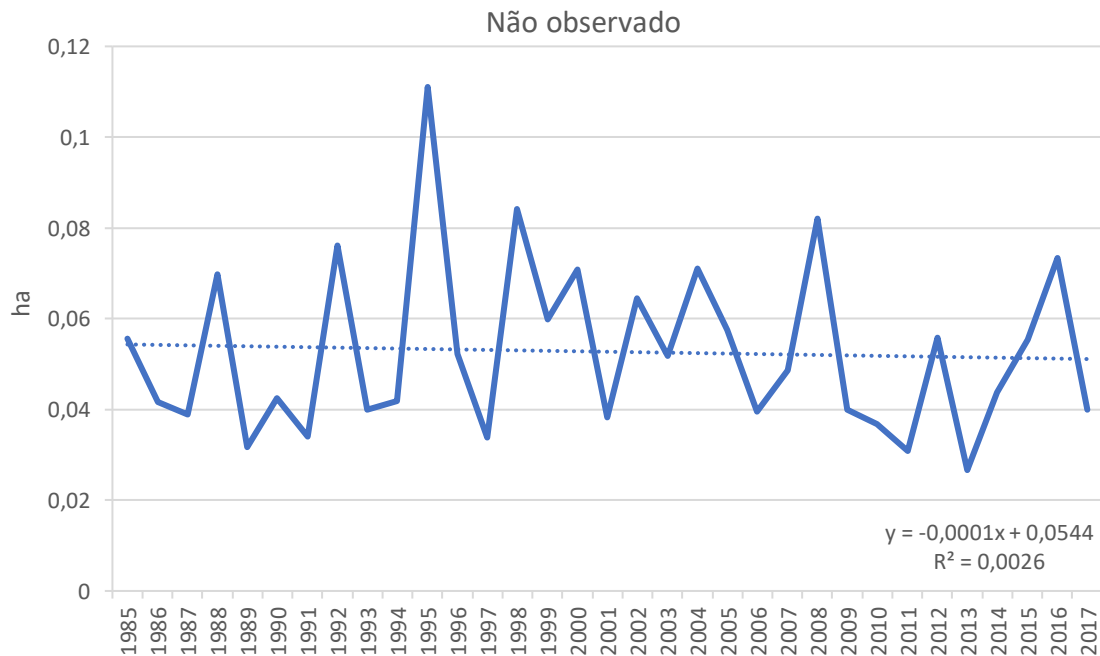


Gráfico 94. PSSD para área da classe *não observado* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

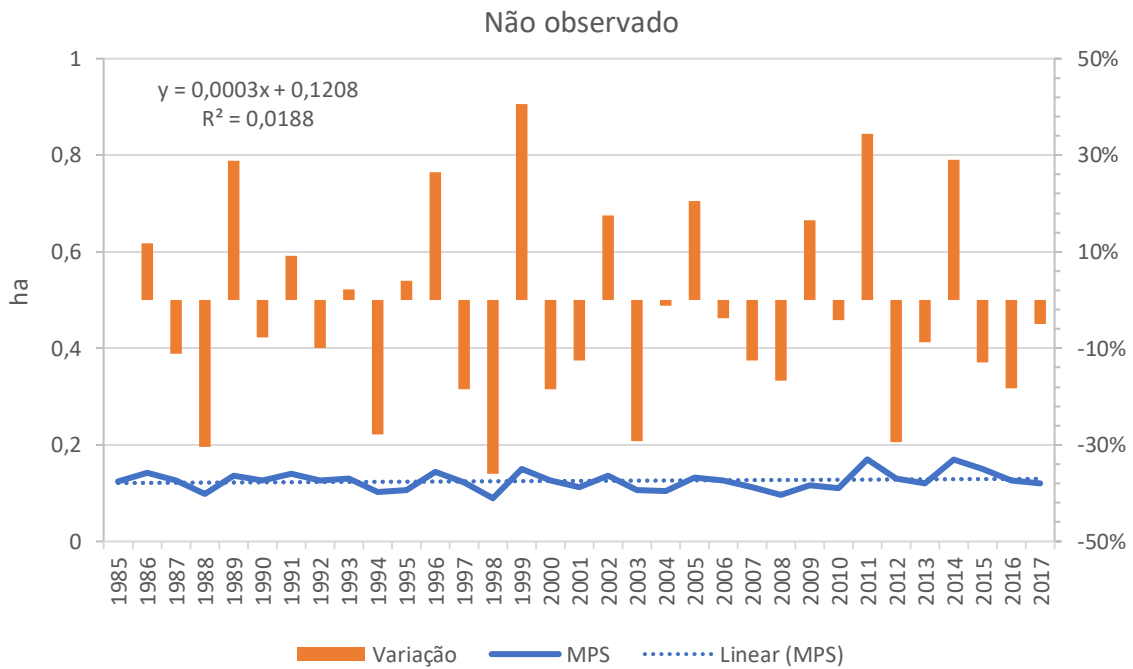


Gráfico 95. MPS para área da classe *não observado* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.



Gráfico 96. PSSD para área da classe *não observado* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.2.2. Métricas de borda

9.4.2.2.1. Floresta

No Médio Curso do rio Doce, no **fuso 23K**, houve mais acréscimos que decréscimos no total de bordas, isto é, houve fragmentação da paisagem, levando a uma maior irregularidade na forma das manchas que se tornam mais susceptíveis ao efeito de borda (**Gráfico 97**). A tendência foi de incremento de 7 m por ano (**Gráfico 98**). Os aumentos mais relevantes de TE no **fuso 24K** ocorreram em 2004 e 2016, 12% e 19%, respectivamente (**Gráfico 99**). De forma análoga ao ocorrido no **fuso 23K**, a borda média diminuiu a um ritmo pequeno (3 m por ano) ao longo da série histórica para o **fuso 24K** (**Gráfico 100**).

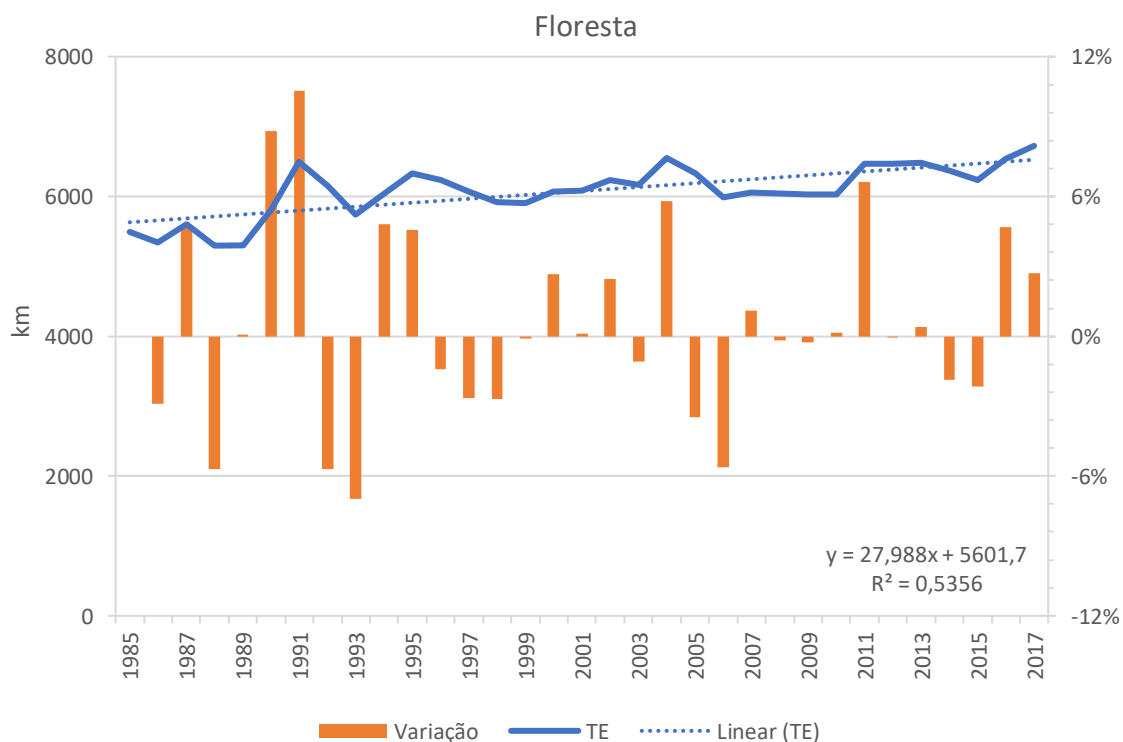


Gráfico 97. TE para Borda da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

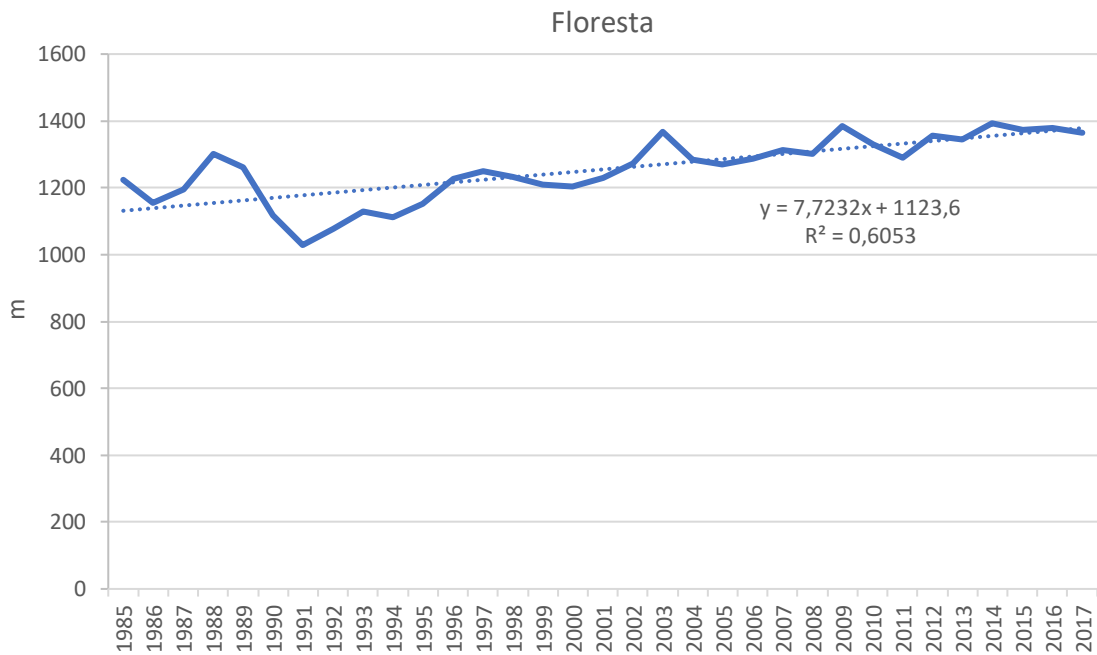


Gráfico 98. MPE para Borda da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

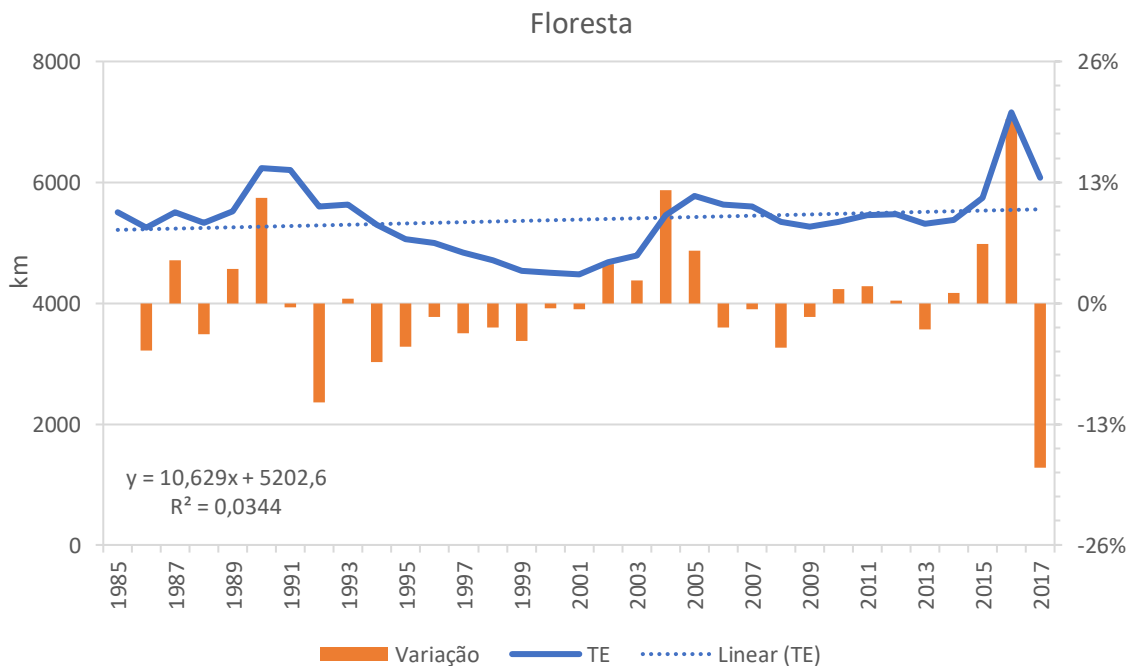


Gráfico 99. TE para Borda da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

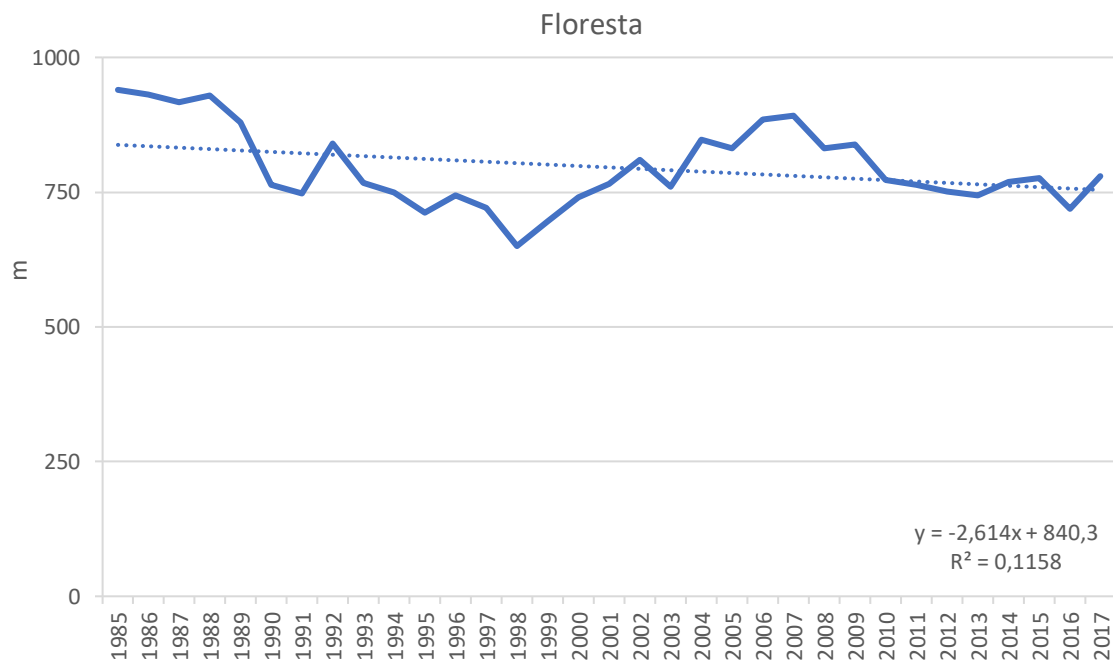


Gráfico 100. MPE para Borda da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.2.3. Métricas de forma

9.4.2.3.1. Floresta

O MFRAC_T no **fuso 23K** e no **fuso 24K** para a classe *florestal* pouco variou, com tendência de fragmentos mais irregulares ao longo da série histórica (**Gráfico 101**, **Gráfico 102**).

A relação perímetro-área (MPAR) no **fuso 23K** não corrobora com o índice MFRAC_T, pois há tendência à uma forma mais simétrica, por mais fragmentada que o MFRAC_T possa ter apontado (**Gráfico 103**), ao contrário do que foi observado no **fuso 24K** (**Gráfico 104**).

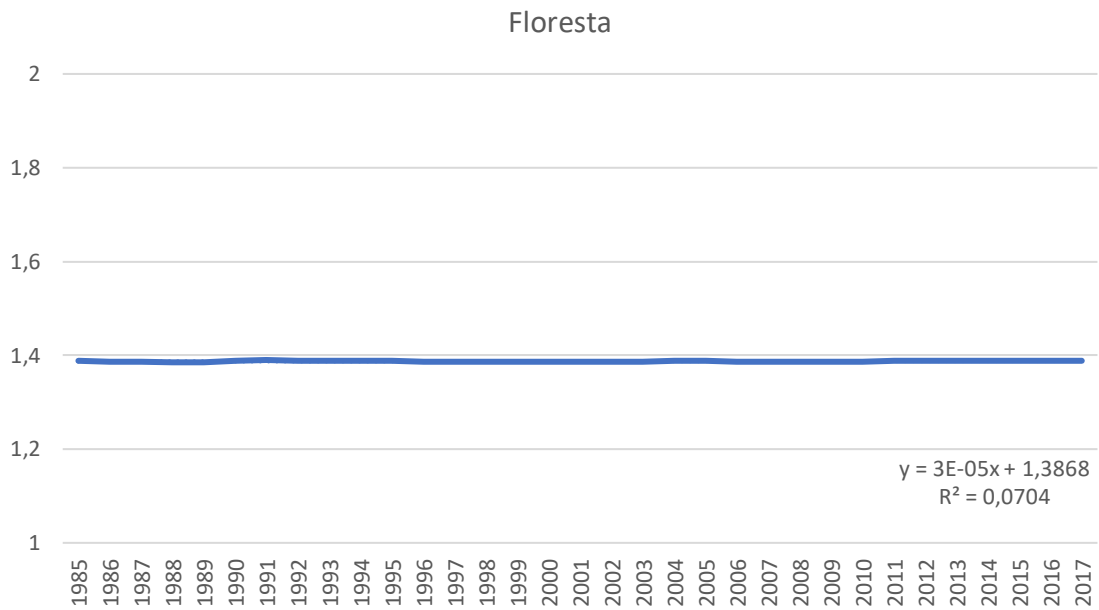


Gráfico 101. MFRACT para classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

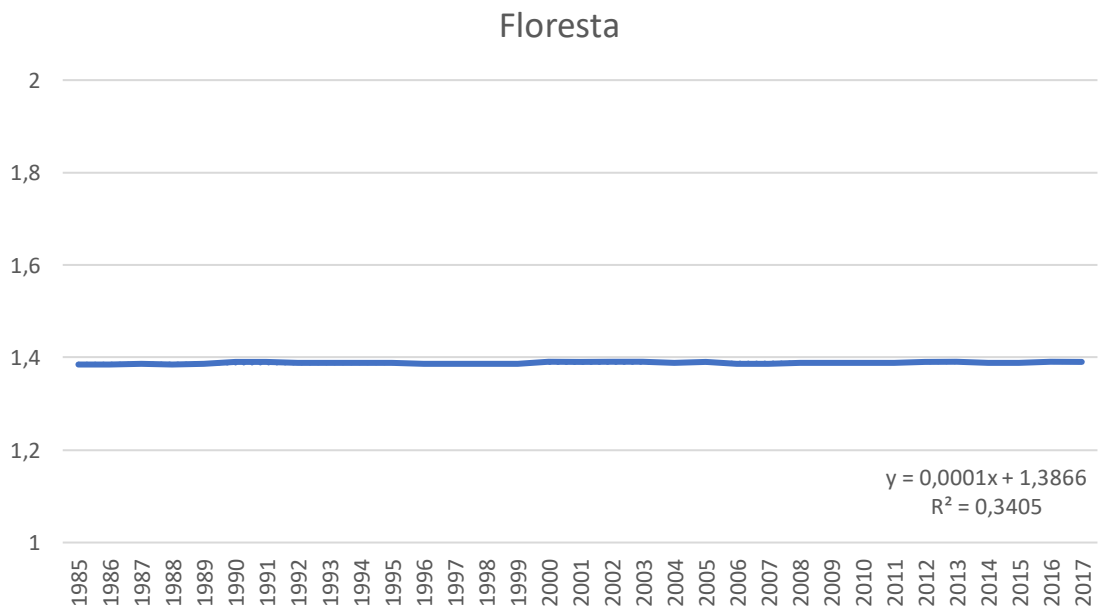


Gráfico 102. MFRACT para classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

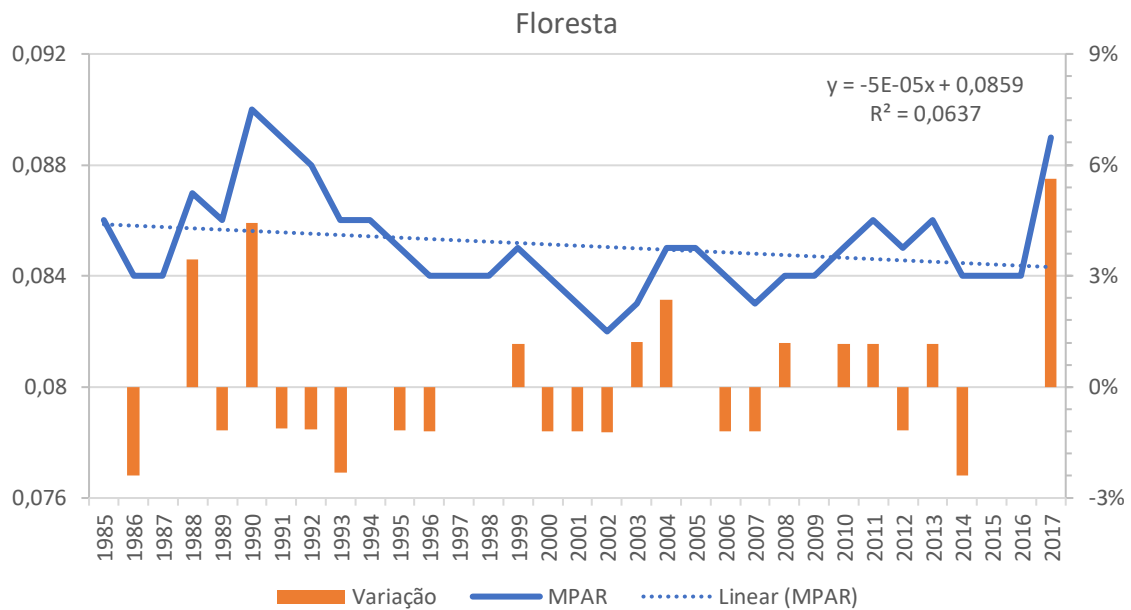


Gráfico 103. MPAR para classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 23K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

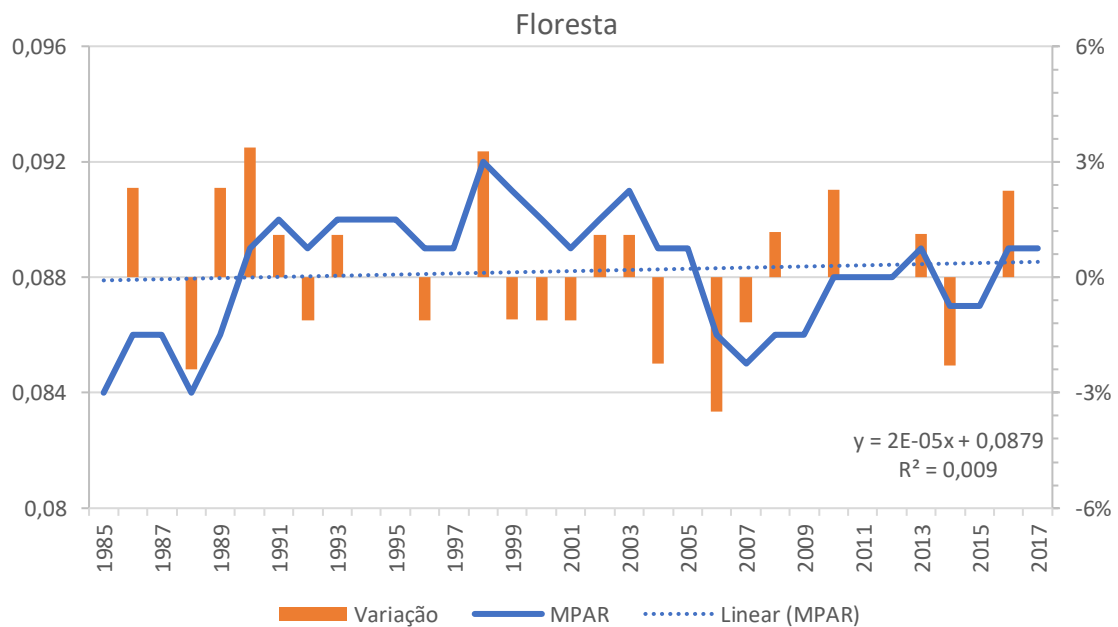


Gráfico 104. MPAR para classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Médio rio Doce, **fuso 24K**, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.3. Baixo rio Doce

9.4.3.1. Métricas de área

9.4.3.1.1. Agropecuária

O número de fragmentos (NP) desta classe cresceu, em média, 75 fragmentos por ano (**Gráfico 105**). Houve tendência de perdas de ca. 470 ha por ano de manchas de agropecuária (**Gráfico 106**). A variação do MPS também seguiu esse padrão, com tendência de perdas de ca. 0,21 ha (**Gráfico 107**). O maior valor de MPS (29 ha) e o maior desvio do tamanho médio (PSSD) ocorreram em 1999 (**Gráfico 108**).

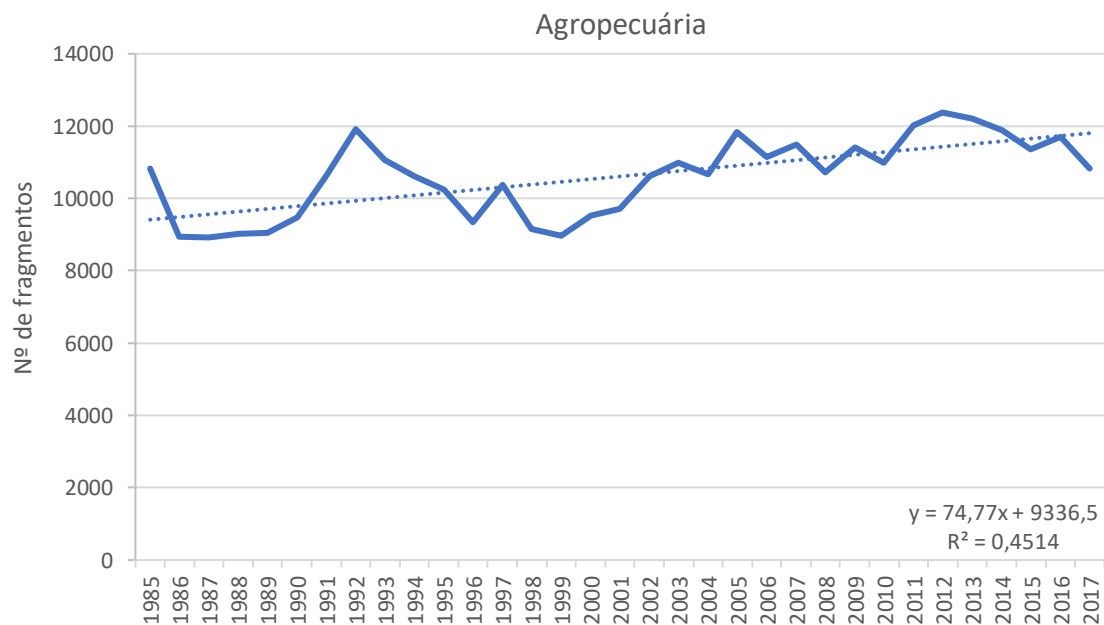


Gráfico 105. NP para área da classe *agropecuária* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

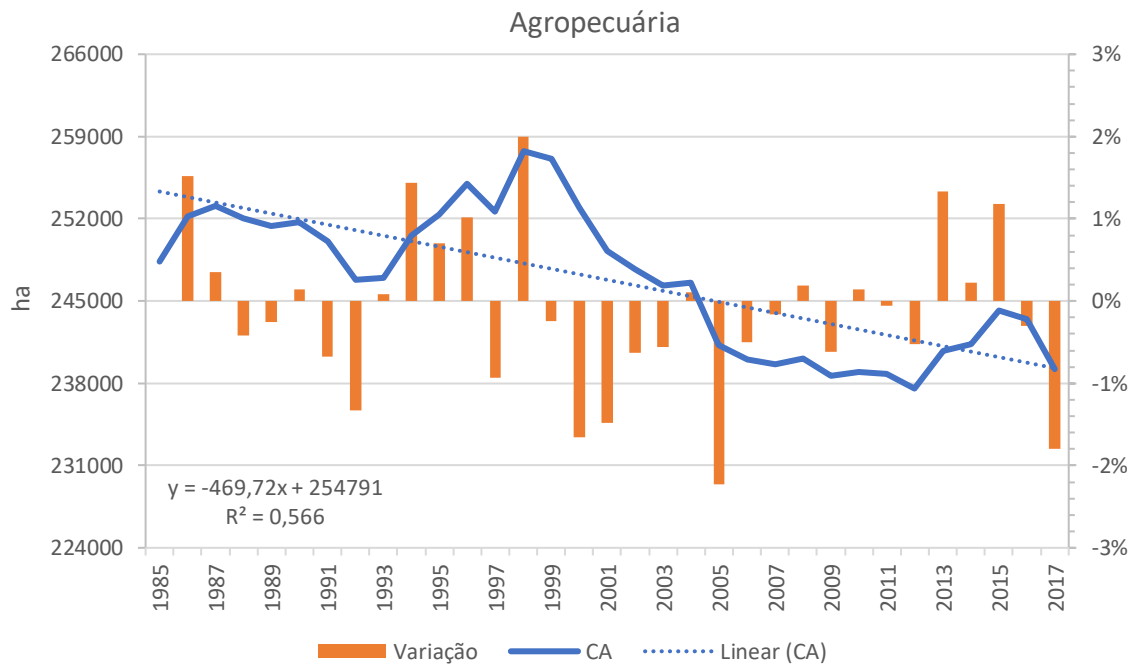


Gráfico 106. CA para área da classe *agropecuária* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

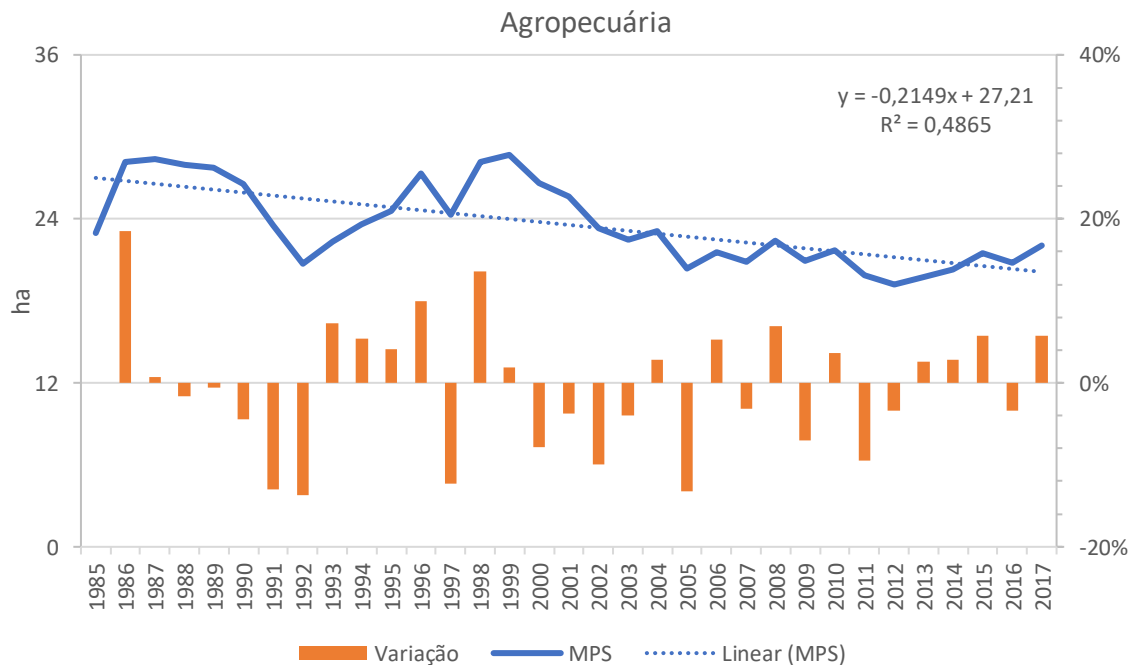


Gráfico 107. MPS para área da classe *agropecuária* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

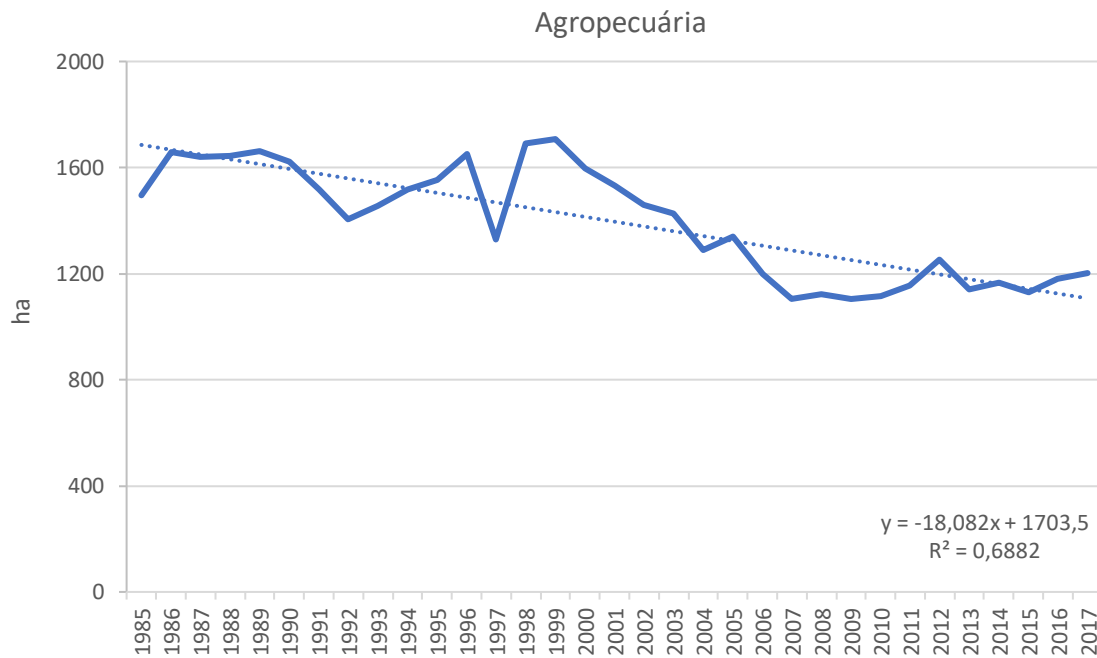


Gráfico 108. PSSD para área da classe *agropecuária* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.3.1.2. Área não vegetada

Esta classe mostrou pequena variação positiva ao longo dos anos (60 ha por ano; **Gráfico 109**). As únicas variações acentuadas ocorreram em 2003, com acentuado aumento da área seguido de perda igualmente intensa no ano seguinte (**Gráfico 110**). O tamanho médio da mancha (MPS) mostrou ganhos de 1994 até 2003 e perdas de 2010 a 2016 (**Gráfico 111**). PSSD variou intensamente, principalmente em 2010, de 15 a 25 ha (**Gráfico 112**).

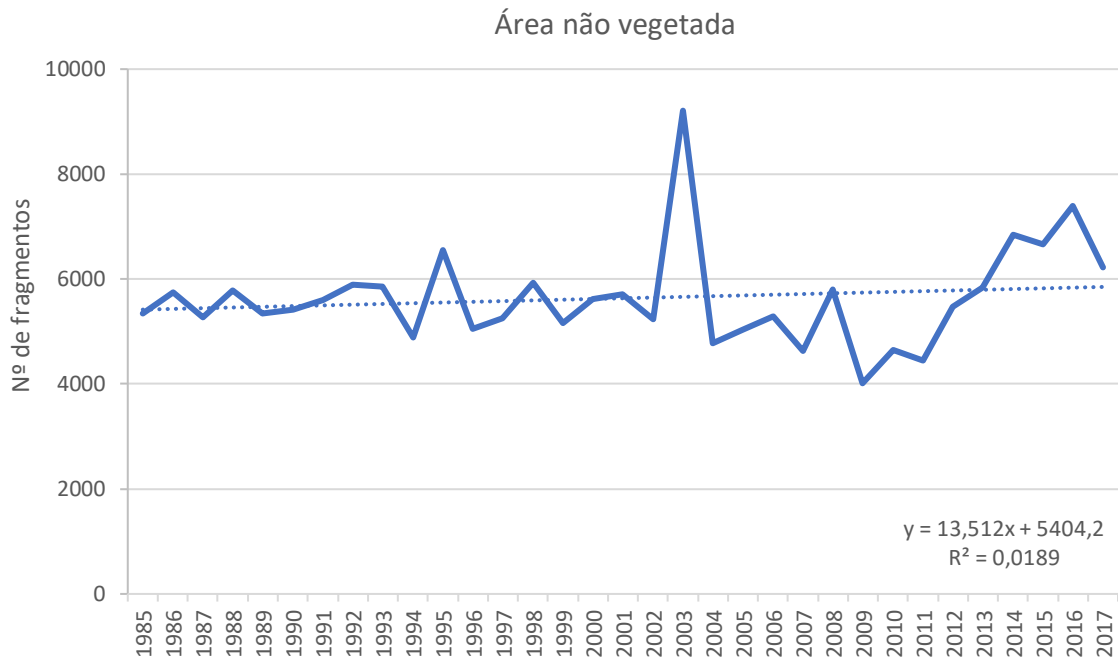


Gráfico 109. NP para área da classe *área não vegetada* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

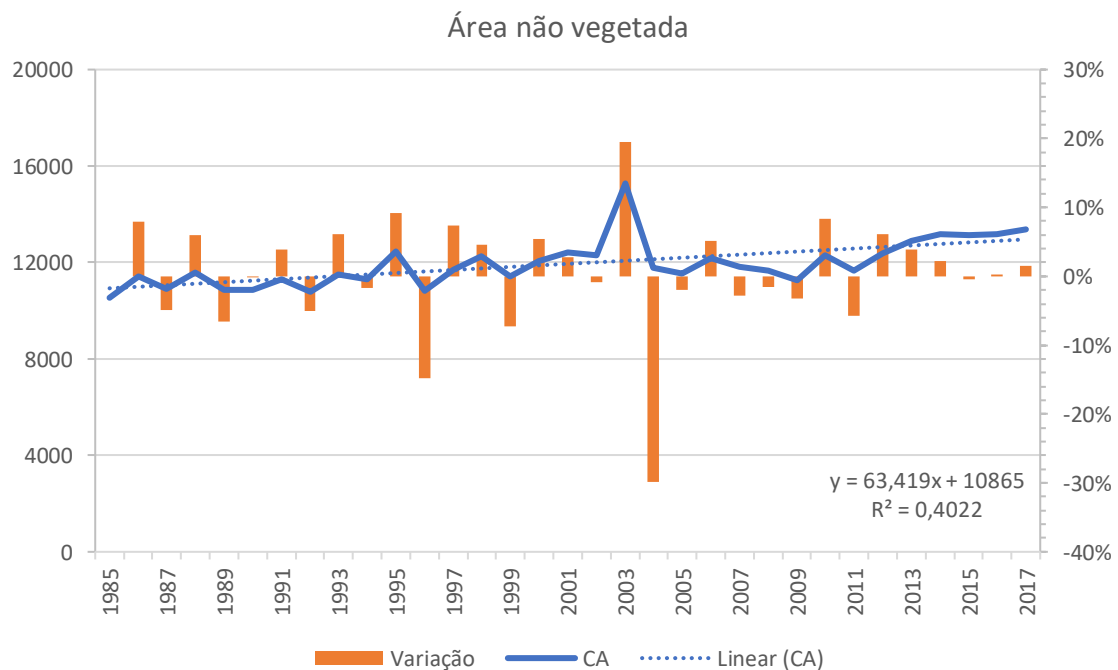


Gráfico 110. CA para área da classe *área não vegetada* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

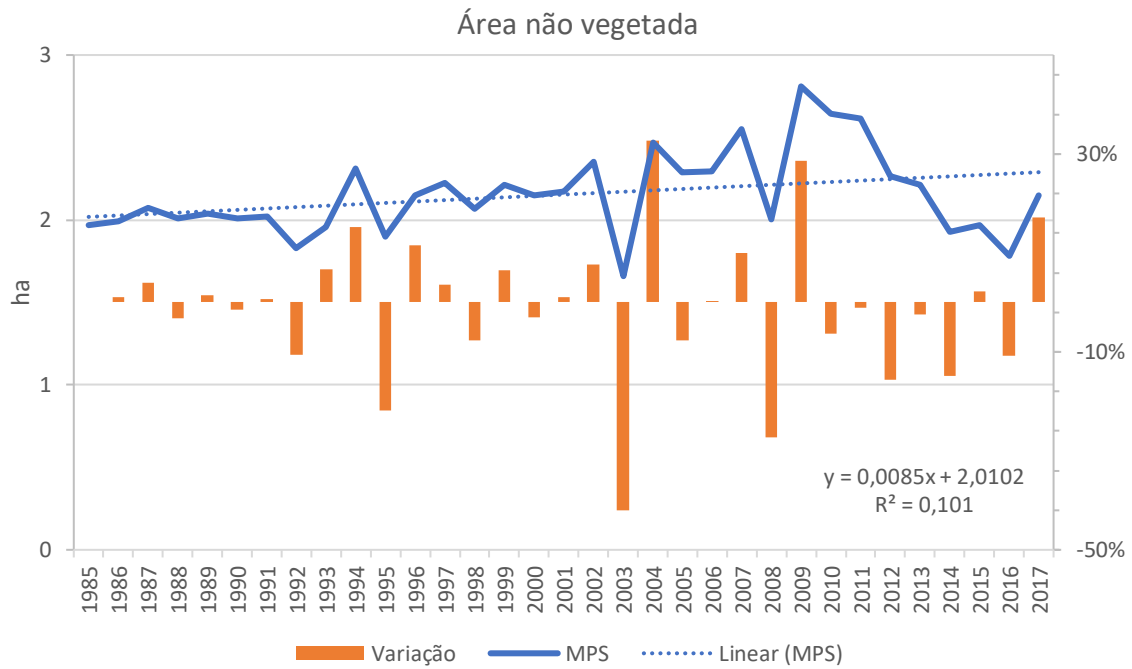


Gráfico 111. MPS para área da classe *área não vegetada* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

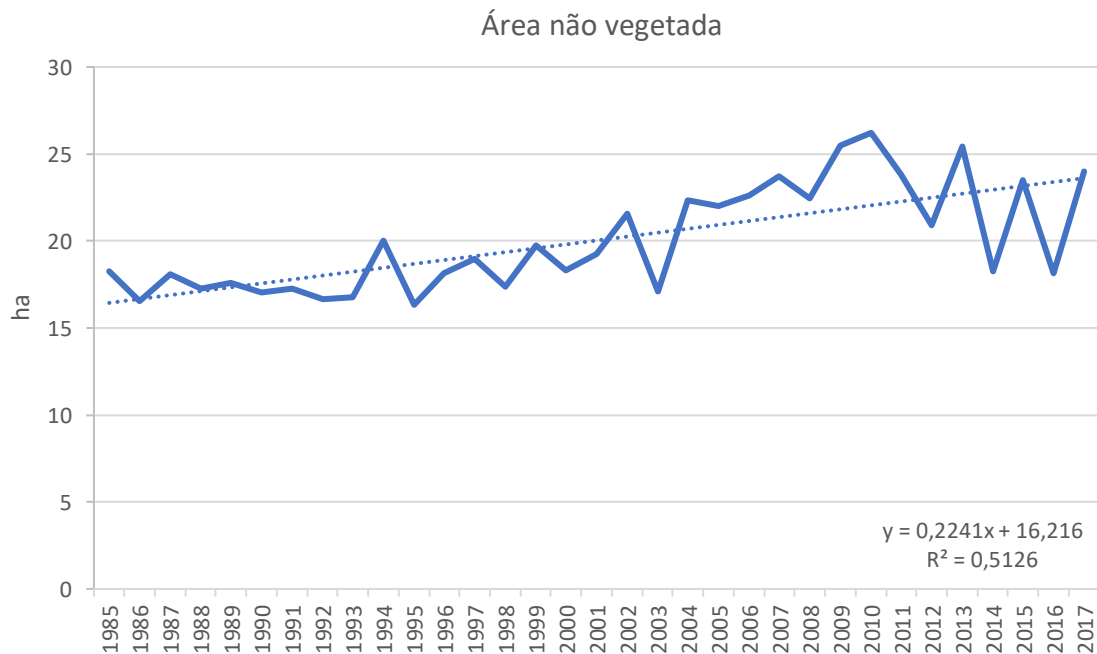


Gráfico 112. PSSD para área da classe *área não vegetada* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.3.1.3. Corpos d'água

O NP para a classe corpos d'água variou globalmente de forma positiva (**Gráfico 113**). A maior perda foi identificada em 2015, (ca. 6% da área; **Gráfico 114**). MPS e PSSD variaram de forma semelhante (**Gráfico 115**, **Gráfico 116**).

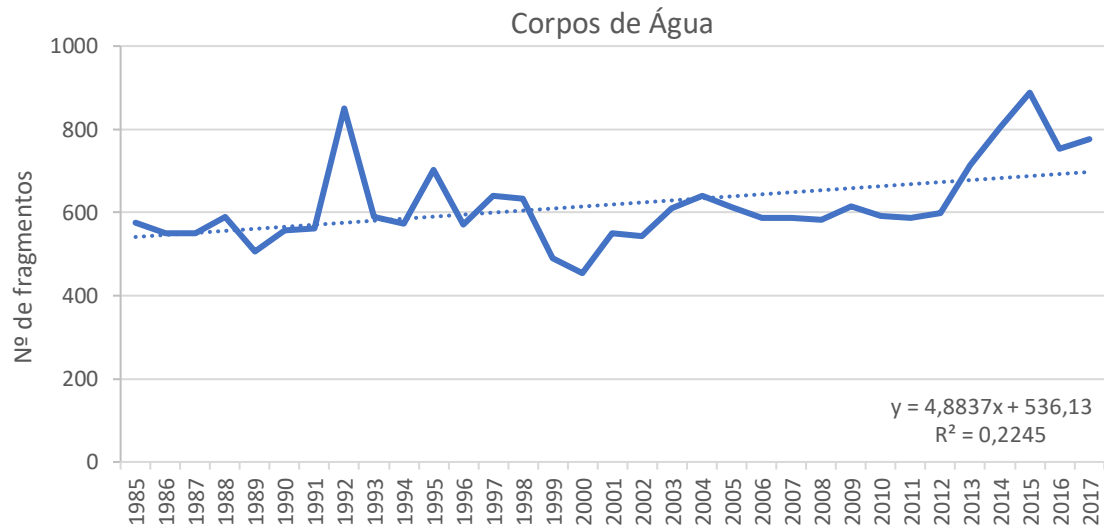


Gráfico 113. NP para área da classe *corpos d'água* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

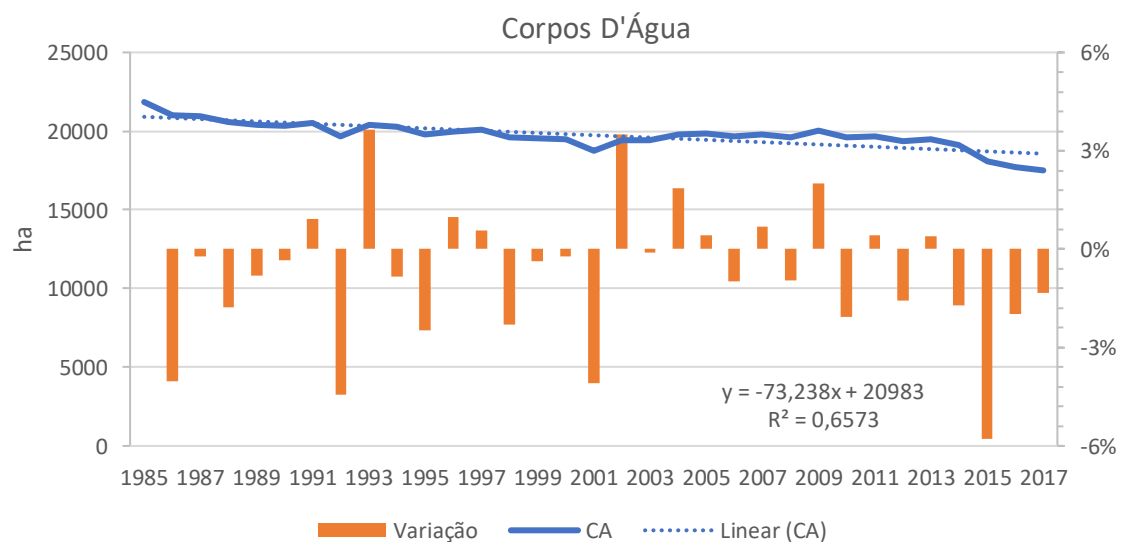


Gráfico 114. CA para área da classe *corpos d'água* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

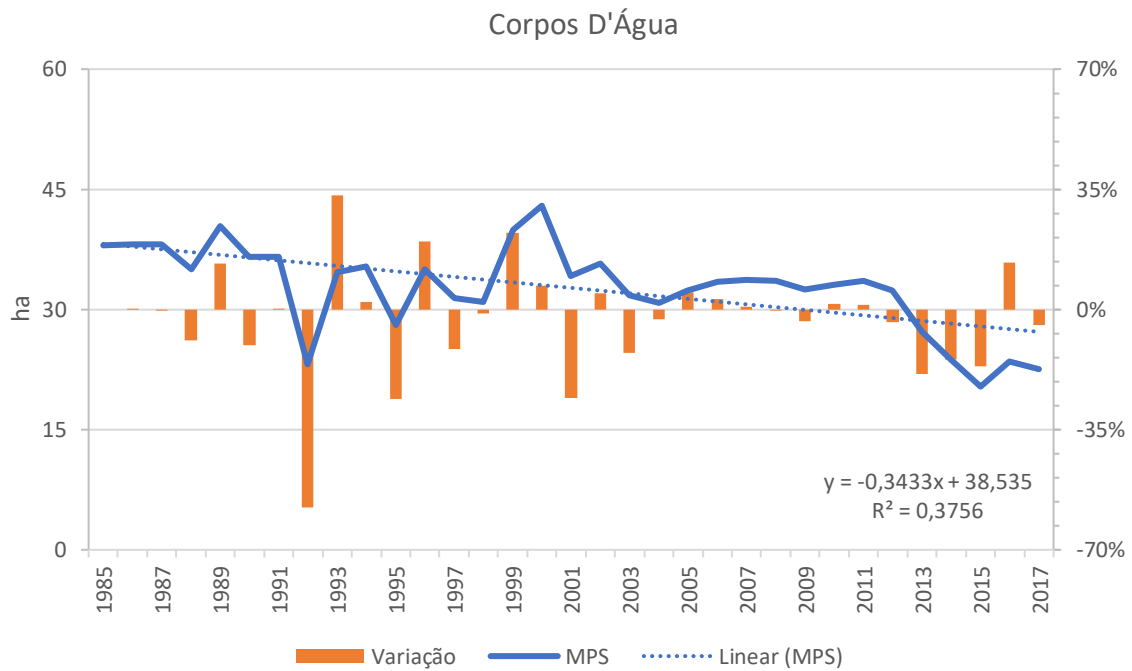


Gráfico 115. MPS para área da classe *corpos d'água* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

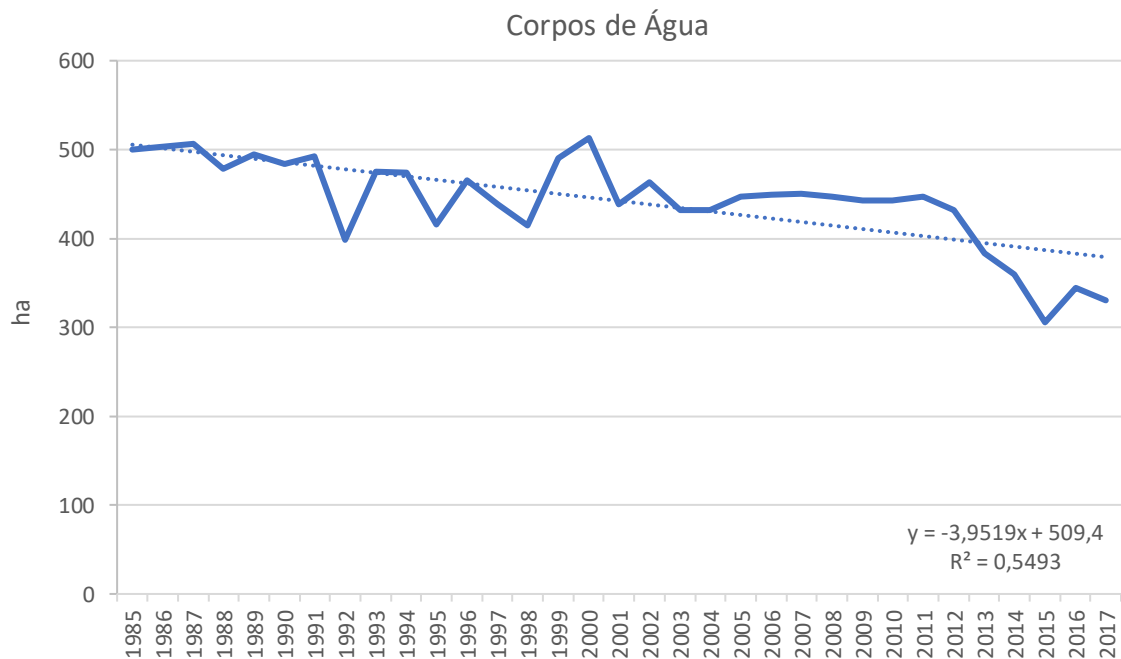


Gráfico 116. PSSD para área da classe *corpos d'água* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.3.1.4. Floresta

O número de fragmentos variou entre 10.000 e 13.000 para a classe *florestal* no Baixo rio Doce, mas a tendência global foi de perdas de 9 fragmentos por ano (**Gráfico 117**). O índice CA apresentou tendência de ganhos de área de 464 ha por ano (**Gráfico 118**), com pequena variação no tamanho de manchas (**Gráfico 119**) e PSSD (**Gráfico 120**).

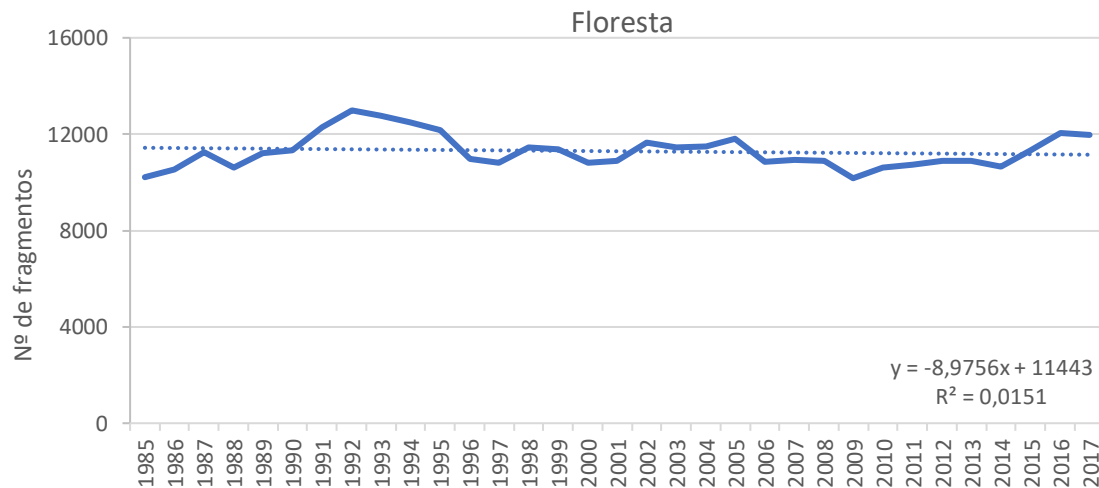


Gráfico 117. NP para área da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

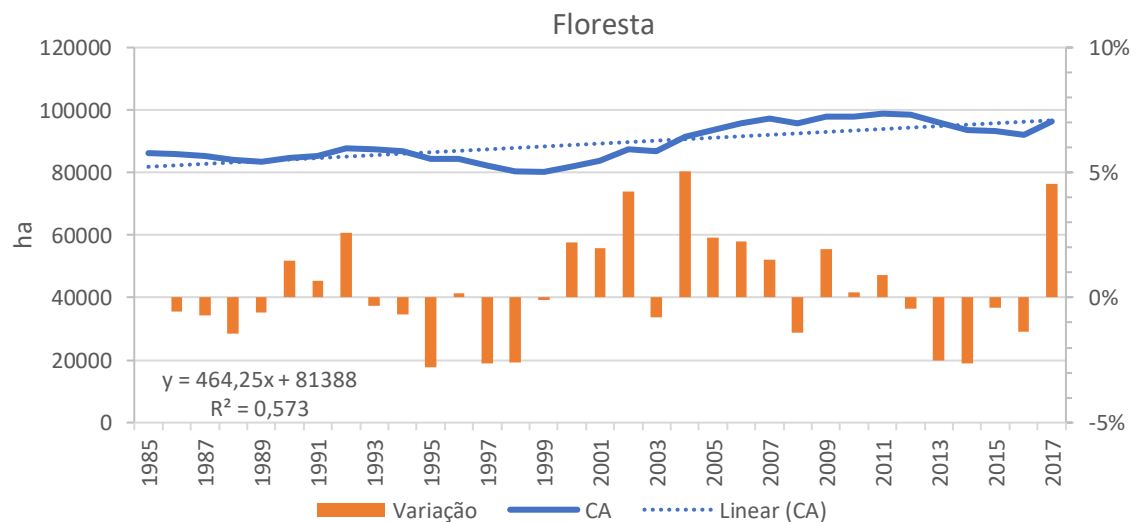


Gráfico 118. CA para área da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

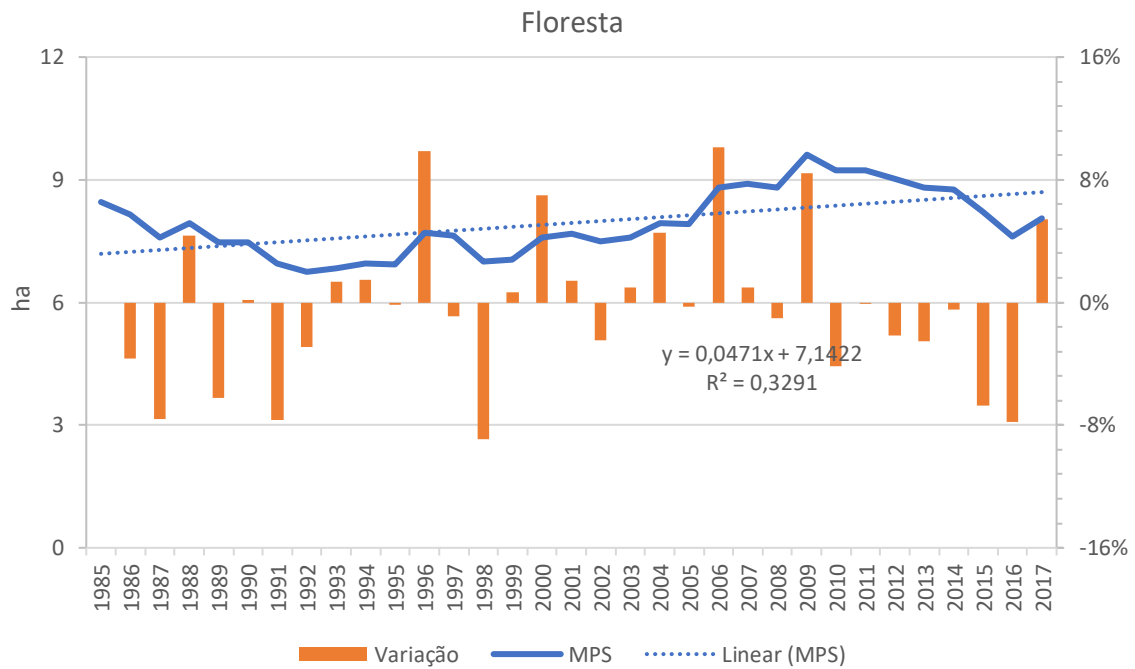


Gráfico 119. MPS para área da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

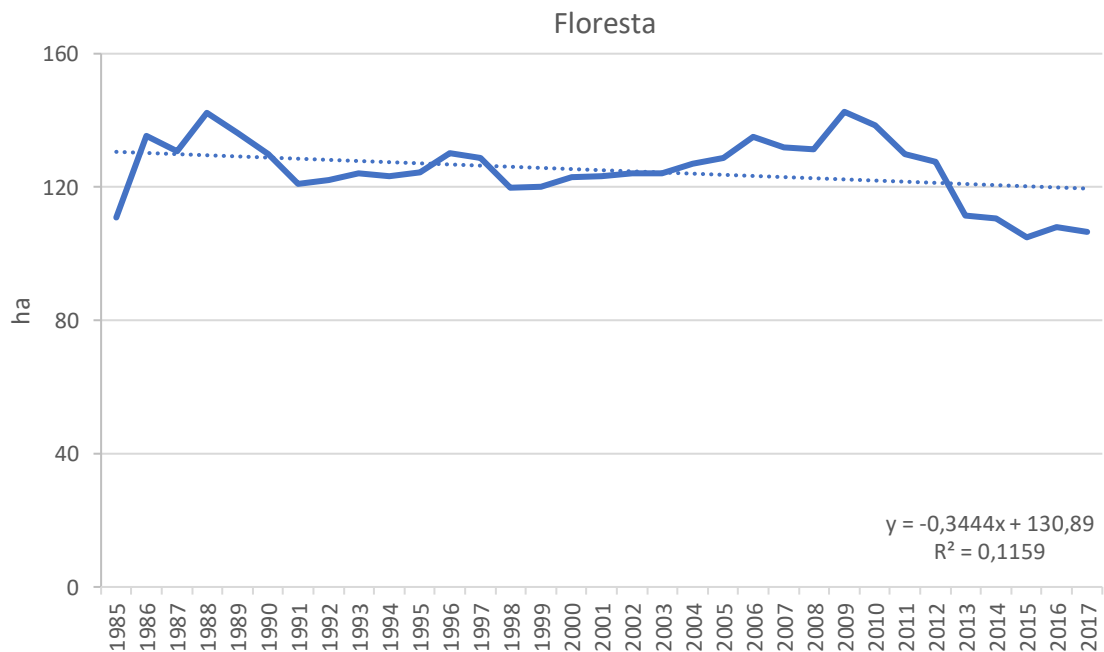


Gráfico 120. PSSD para área da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.3.1.5. Formação natural não florestal

A variação do número de fragmentos foi elevada tendendo ao declínio de ca. 100 ha por ano (**Gráfico 121**). A área de cobertura desta classe variou entre 5.000 e 12.000 ha, com declínios próximos a 100% em 1992 e 2004 e aumentos de 30% de 2015 a 2016 (**Gráfico 122**).

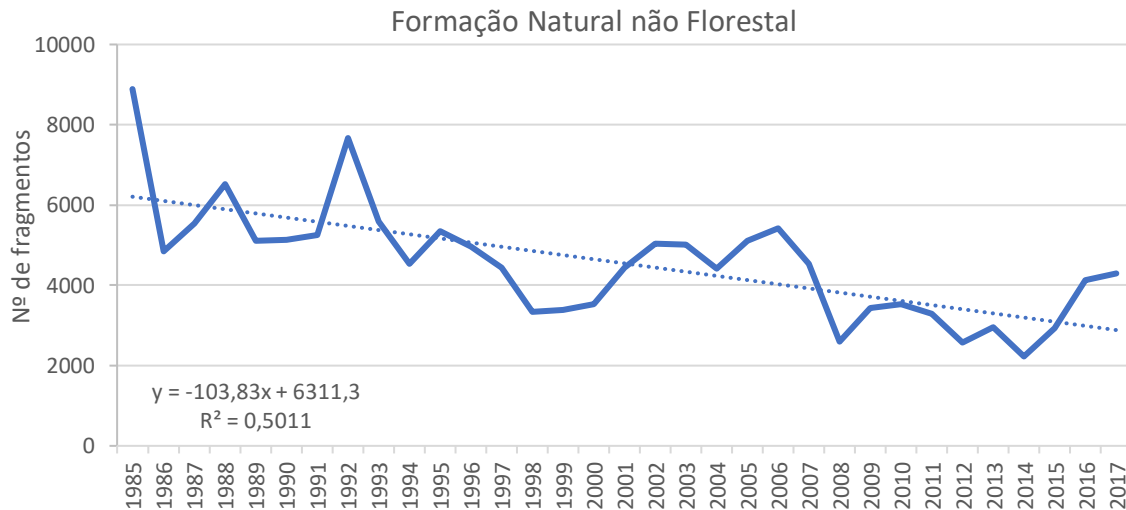


Gráfico 121. NP para área da classe *natural não florestal* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

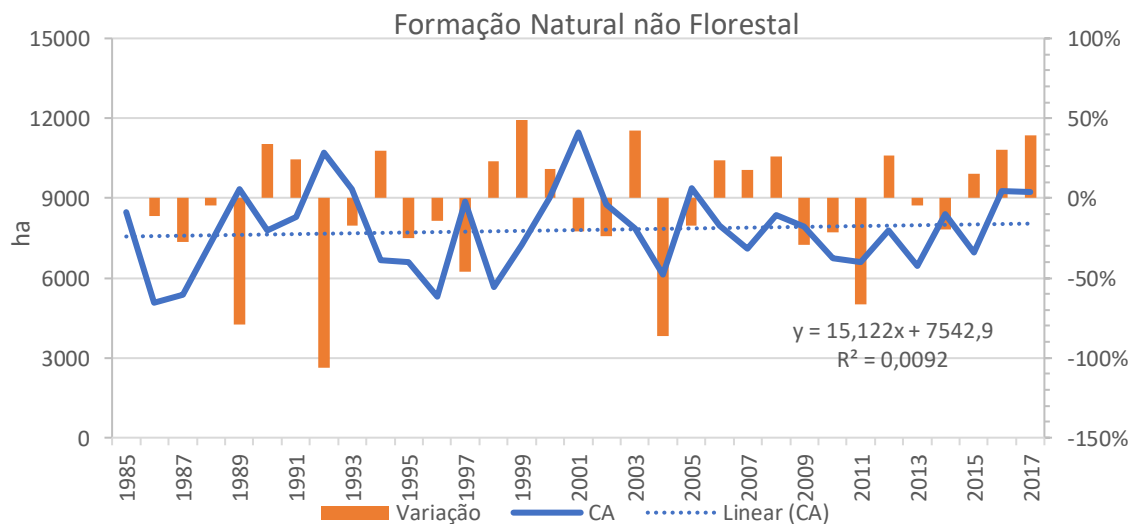


Gráfico 122. CA para área da classe *natural não florestal* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

O MPS mostrou tênue tendência de ganhos de 460 m² por ano (**Gráfico 123**), com maiores desvios entre 2008 e 2014 (**Gráfico 124**).

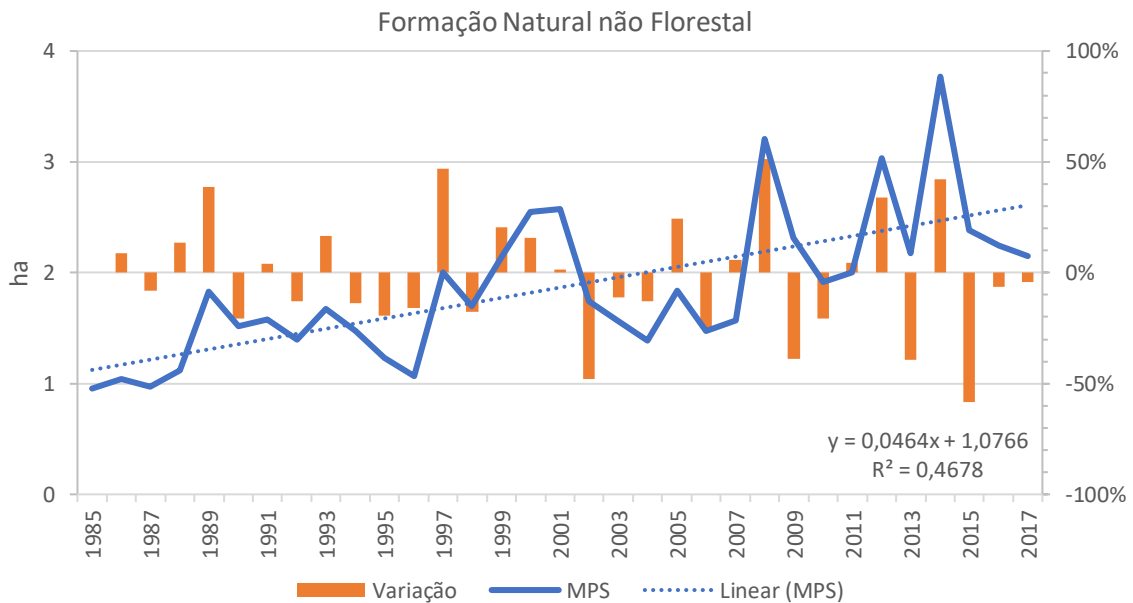


Gráfico 123. MPS para área da classe *natural não florestal* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

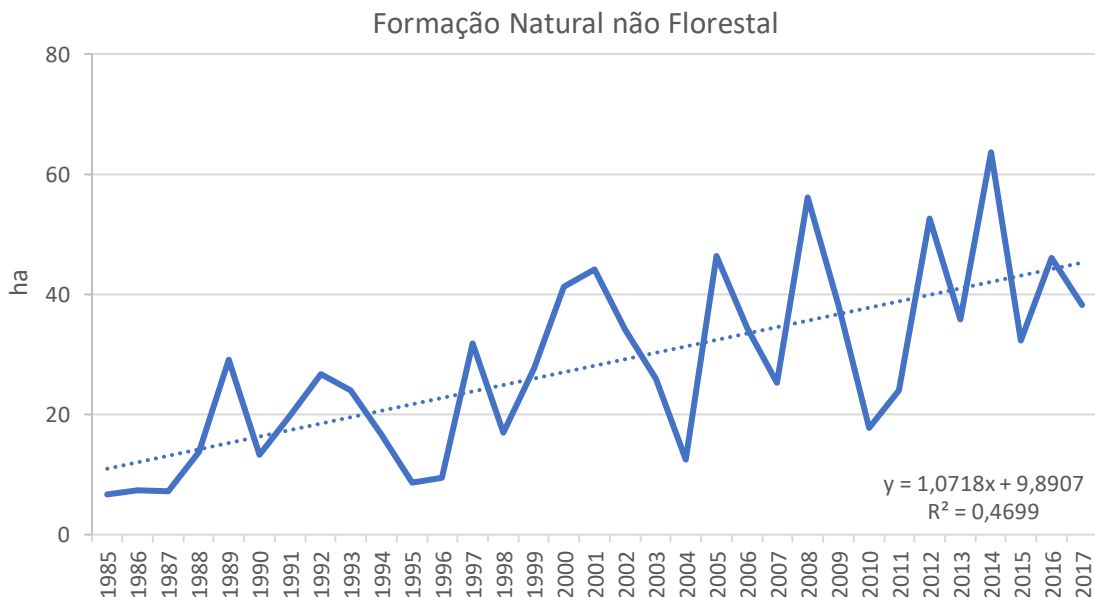


Gráfico 124. PSSD para área da classe *natural não florestal* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.3.1.6. Não observado

O maior número de fragmentos *não observados* no Baixo rio Doce ocorreu entre 1999 e 2003 (**Gráfico 125**), este último o ano com a maior área (**Gráfico 126**).

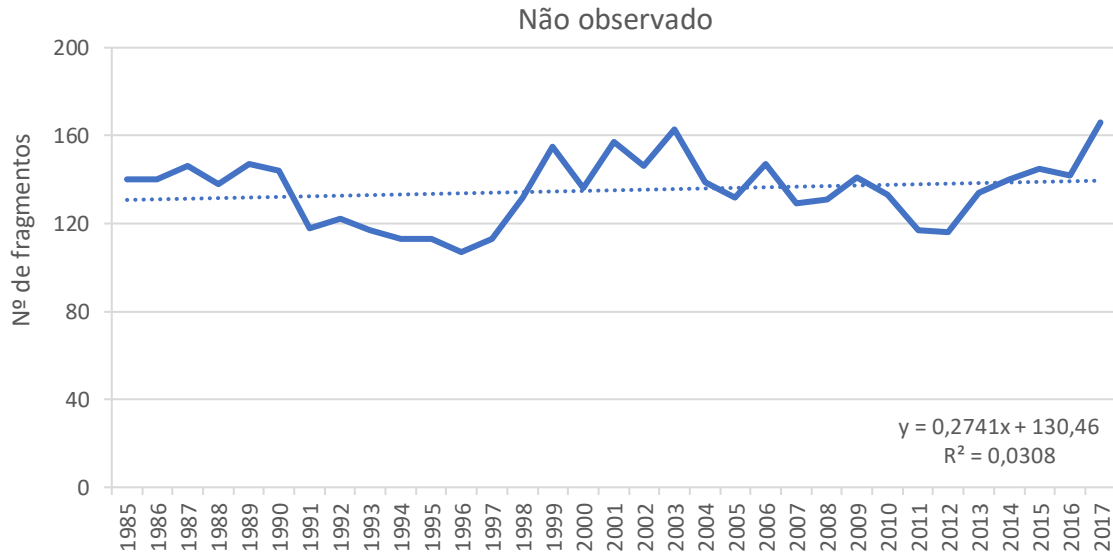


Gráfico 125. NP para área da classe *não observado* não florestal entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

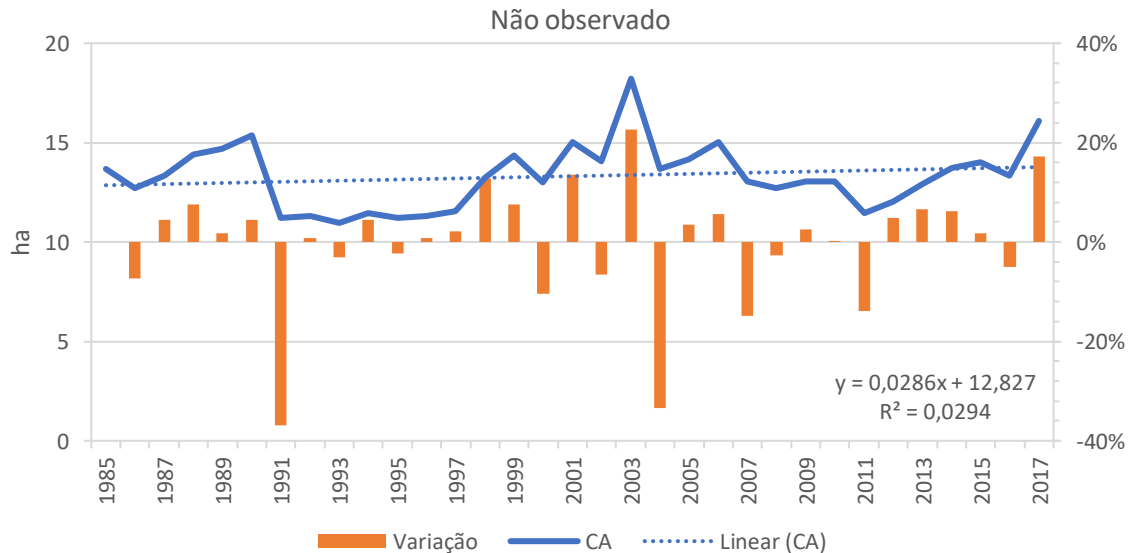


Gráfico 126. CA para área da classe *não observado* não florestal entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

O tamanho médio dos fragmentos variou pouco (**Gráfico 127**), assim como o desvio padrão em torno da média para a classe (**Gráfico 128**).

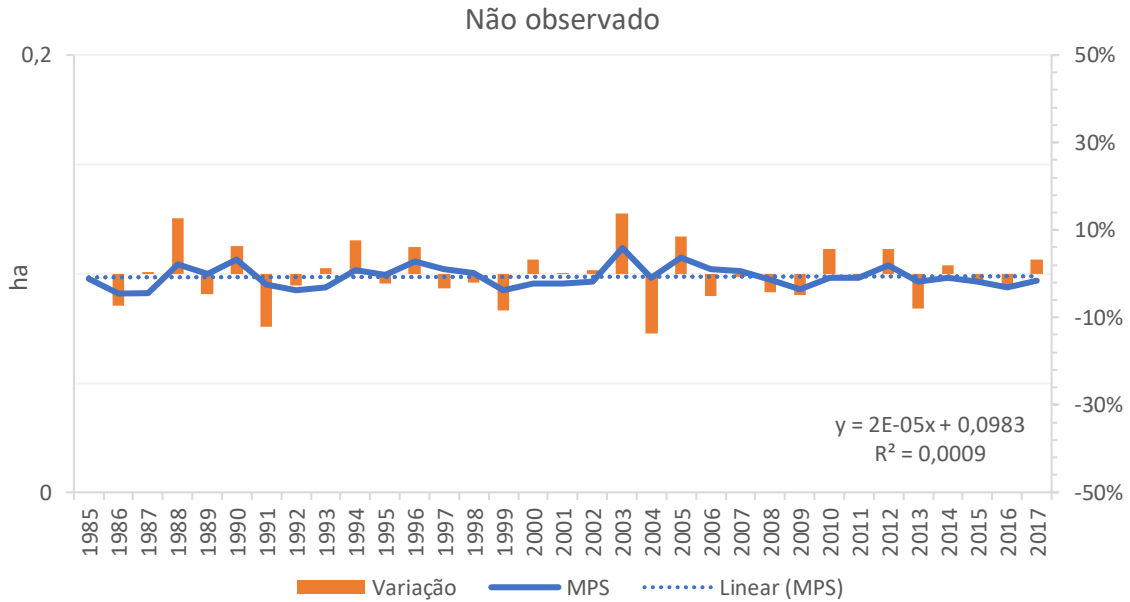


Gráfico 127. MPS para área da classe *não observado* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

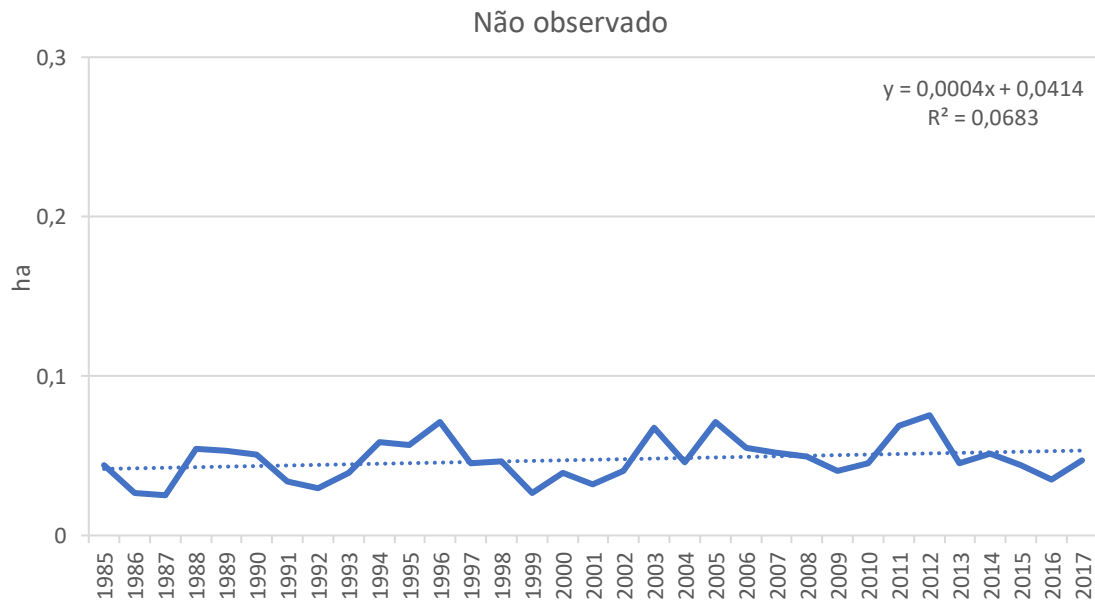


Gráfico 128. PSSD para área da classe *não observado* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.3.2. Métricas de borda

9.4.3.2.1. Floresta

O perímetro de todas as bordas para a classe de floresta variou pouco no trecho do Baixo rio Doce, entre 12.000 e 15.000 km, com ciclo de aumento entre 1985 e 1992, e entre 1999 e 2017, ca. 65 km por ano. Há uma grande fragilidade desse ambiente à fragmentação e maior irregularidade do formato das manchas modificando a dinâmica do ambiente (**Gráfico 129**). A tendência global do tamanho médio das bordas dos fragmentos foi de aumento de ca. 6 m /ano (**Gráfico 130**).

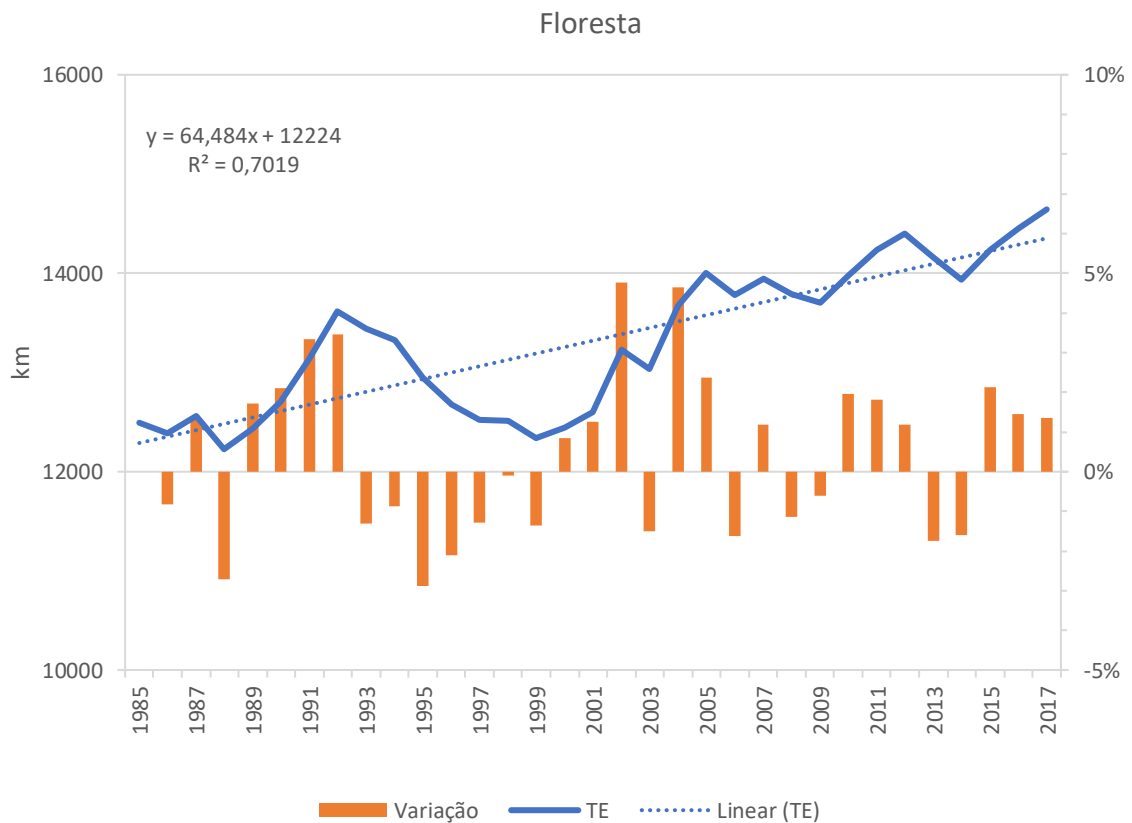


Gráfico 129. TE para Borda da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

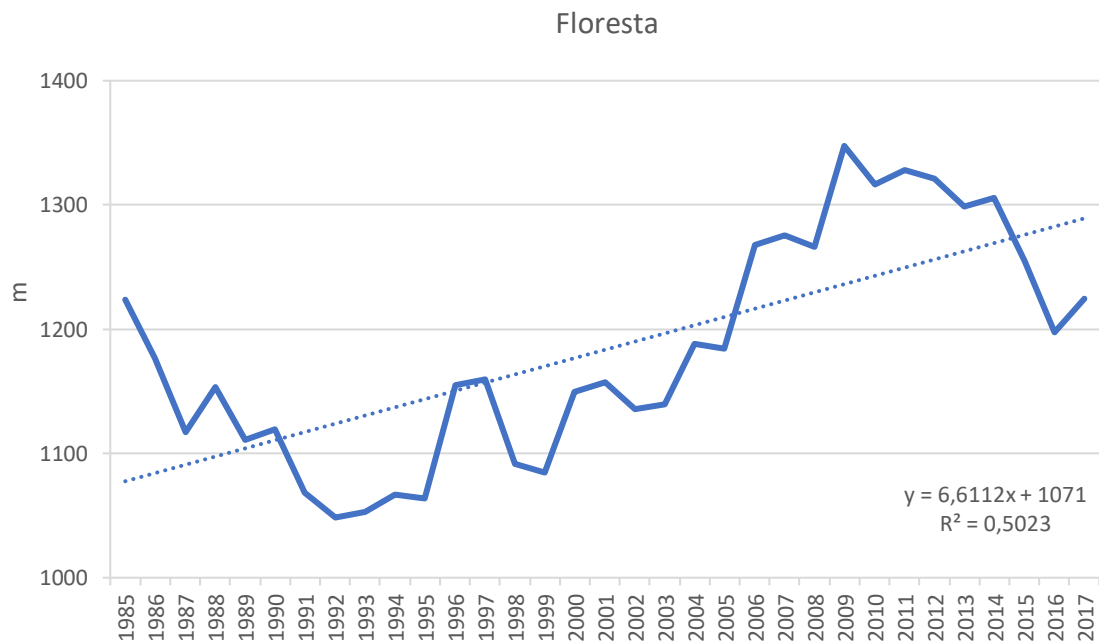


Gráfico 130. MPE para Borda da classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.3.3. Métricas de forma

9.4.3.3.1. Floresta

O índice fractal médio se aproximou de 1 (**Gráfico 131**), isto é, descrevendo menores perímetros, fragmentos menos complexos e, conseqüentemente, ocupando menores áreas. A razão perímetro - área (MPAR) foi pouco variável com ligeira tendência a queda (**Gráfico 132**).

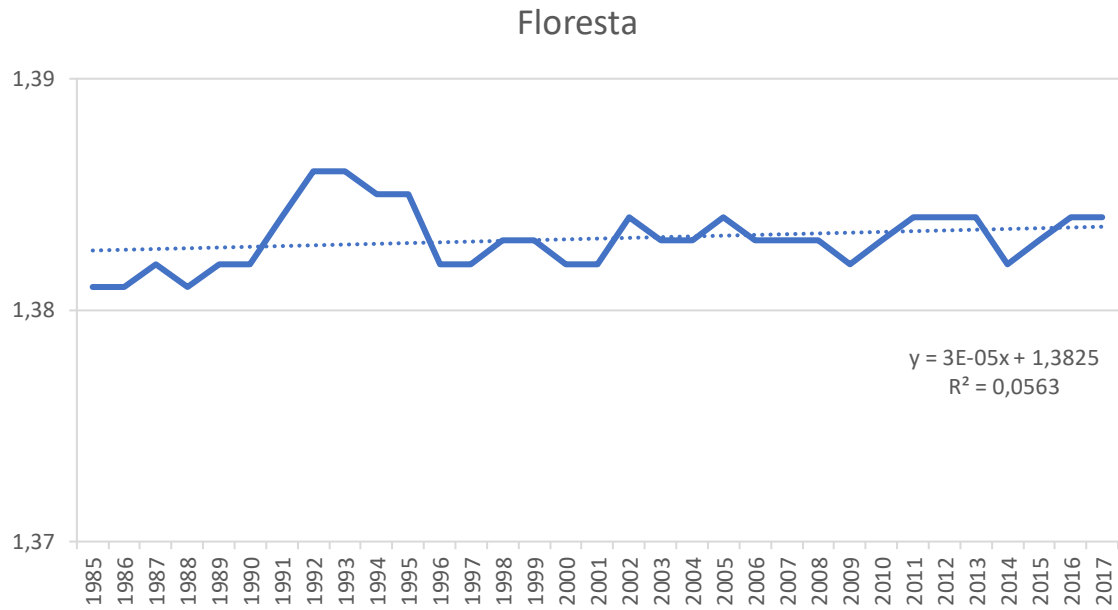


Gráfico 131. MFRACT para classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

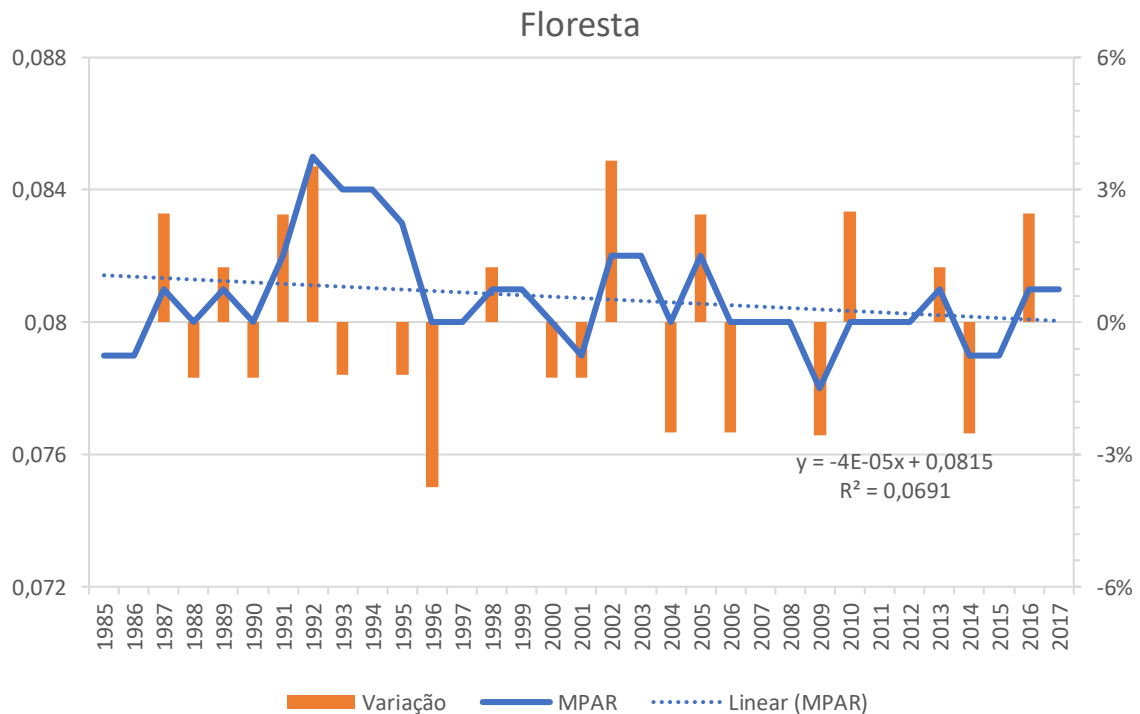


Gráfico 132. MPAR para classe *floresta* entre 1985 e 2017, no trecho do Baixo rio Doce, do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Linha pontilhada sinaliza a tendência linear.

9.4.4. Avaliação dos habitats naturais (florestas e corpos d'água) antes e depois do desastre

Identificamos diferenças significativas apenas para a classe *Corpos D'Água*, do ano de 2014 para 2015 e de 2015 para 2016 (**Quadro 20**). Apesar das maiores alterações de cobertura para a classe *Floresta* terem ocorrido entre 2015 e 2016, essas variações não foram significativas (**Quadro 20**). Para as outras classes, as maiores variações de cobertura não ocorreram próximo ao ano do rompimento da barragem de Fundão, nem após o ocorrido (**Quadro 21**; resultados completos, ano a ano no **APÊNDICE 9**). As maiores perdas de área em *Corpos D'Água* aconteceram no ano de 2015, para todos os cursos. Para a classe *Floresta*, neste mesmo ano, houve grandes perdas no Alto Curso e, em 2016, no Médio Curso do **fuso 23**.

Quadro 20. Teste de Friedman sobre a variação da área (CA) nos anos de 2015 e 2016 do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. Resultados em vermelho sinalizam variações significativas.

Anos	Corpos D'Água				Floresta			
	Média	DP	Alteração média	p	Média	DP	Alteração média	p
2014	88995135	69846545			965900212	834779153		
2015	83587311	66442577	-6,1%	0,046	947896850	804955165	-1,9%	0,317
2015	83587311	66442577			947896850	804955165		
2016	81908225	65094858	-2,0%	0,046	932168912	781927010	-1,7%	0,317

Quadro 21. Síntese da métrica da área para as classes de cobertura e uso do solo do estudo de Avaliação Ecológica Rápida da Fauna e Flora Terrestre na Bacia do Rio Doce, MG/ES. * diferenças significativas.

Classes	Trecho rio Doce	Bloco Amostral	Área (CA)							Tamanho Médio (MPS)	
			Taxa tendência (ha/ano)	Maior perda		Maior ganho		Variação (%) pós rompimento		Tamanho médio (ha)	Taxa tendência (ha/ano)
				Ano	Variação (%)	Ano	Variação (%)	2016	2017		
Agropecuária	Alto	BA4	-400	1997	-2	2015; 16	2	2	-2	18	-0,1177
	Médio 23K	BA3	-180	1988	-3	2016	5	5	-1	22	-0,3098
	Médio 24K	BA2	-50	2004	-2	2008	1	-1	1	55	-0,3493
	Baixo	BA1	-470	2005	-2	1998	2	0	-2	23	-0,2149
Área não vegetada	Alto	BA4	115	1995	-8	2015	8	-2	-4	4	0,0195
	Médio 23K	BA3	25	2006	-19	2003	20	-5	-4	3	-0,0015
	Médio 24K	BA2	75	1992	-24	1987	16	-8	1	3	0,0298
	Baixo	BA1	63	2004	-30	2003	20	0	1	2	0,0085
Corpos D'Água	Alto	BA4	-4	1990; 2015*	-5; -3	2005	3	-3	-1	9	0,0246
	Médio 23K	BA3	6	2015*	-10	2009	8	0	3	18	0,1246
	Médio 24K	BA2	20	2015*	-10	2006	11	-3	3	20	-0,3059
	Baixo	BA1	-73	2015*	-6	1993; 2004	3	-3	-1	32	-0,3433
Floresta	Alto	BA4	287	2015	-3	1997	3	-2	2	16	0,0743
	Médio 23K	BA3	150	2016	-9	1988	6	-9	3	11	0,0482
	Médio 24K	BA2	-36	2008	-13	2004	15	14	-10	3,5	-0,0239
	Baixo	BA1	464	95; 97; 98 e 2014	-3	2004	5	-1	5	8	0,0471
Natural não florestal	Alto	BA4	-2	1986	-75	2017	45	-32	45	2	0,0426
	Médio 24K	BA2	-10	1992	-106	1999	49	30	39	8	0,0048
	Baixo	BA1	15	1992	-106	1999	49	30	39	2	0,464

Tendência/ variação negativa
 Tendência/ variação positiva
 Anos próximos ao rompimento

9.5. Conclusão e recomendações

O uso do solo variou na **Área de Estudo** em número de fragmentos e tamanho das áreas ao longo do tempo (**Quadro 21**). A paisagem da **Área de Estudo** é dominada por áreas de agricultura desde o início dos dados avaliados. A segunda classe de cobertura do solo mais importante foi a de *florestas*; as demais classes apresentam variação praticamente nula na paisagem para o período amostrado. No mapeamento de usos e cobertura feito para a reconstrução das condições da linha de base para as *ottobacias* consideradas nesta análise é evidente o mesmo padrão de manchas de fragmentos de florestas encontrados para toda a **BHrD**.

A tendência do número de fragmentos ao longo da série histórica para a **Área de Estudo** foi de perdas no **fuso 23K** (BA4 e BA3) e ganhos a partir do **fuso 24K** (BA2 e BA1). No primeiro, a cobertura florestal tendeu a diminuição assim como o número de fragmentos. Apenas no BA1, onde houve tendência à acréscimos de área com o aumento no número de fragmentos. O aumento das áreas de fragmentos, em ambos os fusos dentro da **Área de Estudo** possivelmente se formaram a partir da recomposição da vegetação, pois não houve aumento de pastagem ao longo da série histórica.

De modo geral, a razão perímetro/área foi baixa (ca. 0,08), mas a tendência geral foi de ganhos no total de bordas (TE) ao longo da série histórica, e ganhos gerando áreas cada vez mais irregulares. Evidentemente, os maiores fragmentos sofrem menos em média, com o crescente de efeitos de borda na **Área de Estudo** (MFRACT próximo de 1; ROCHA et al., 2004; SANTOS et al., 2017). Em um próximo estágio do estudo recomendamos que a quantificação de todos os parâmetros seja particionada em classes de tamanho de fragmentos, pois a pequena flutuação de valores destacada pelos atuais resultados, se estratificados podem captar alterações em outros níveis da paisagem e estas podem ser indicadoras para a fauna e flora presentes na **Área de Estudo**. Adicionalmente, medidas de isolamento de fragmentos também podem ajudar no entendimento da suscetibilidade da paisagem à movimentação das espécies registradas, mesmo considerando que a maior parte de toda a **BHrD** é altamente fragmentada desde a intensificação do processo de uso e ocupação humana e industrial da região, em duas ondas principais, na década de 1930 e depois dos anos de 1960 (COELHO, 2009).

As áreas terrestres que foram mais afetadas diretamente pelo rompimento da barragem de Fundão, estiveram restritas a montante do reservatório da U.H.E. Candonga, e

consistiam, principalmente, de pastagens (34%), remanescentes secundários de Mata Atlântica (22%), e ecossistemas aquáticos, incluindo o próprio reservatório Usina. Pouco menos de 1/3 da área total (29%) era composta de ecossistemas naturais, especialmente campo sujo e floresta densa (GOLDER ASSOCIATES, 2016). Além do ambiente aquático dos três principais rios tributários do rio Doce atingidos pelo derramamento do rejeito, as principais perdas são de áreas de APP entorno desses rios (ca. 865 ha; CARMO et al., 2017).

As classes *corpos d'água* de todos os cursos do rio Doce e *floresta*, do Alto e Médio curso **fuso 23K**, foram as únicas que apresentaram perdas de área que puderam ser associadas ao ano de 2015, mas apenas as primeiras foram perdas significativas de um ano para o outro. No entanto, essas perdas de cobertura de ambientes aquáticos em 2015 e subsequentemente não parecem estar ligadas ao rompimento da barragem, mas sim ao grande período de estiagem que o sudeste do Brasil vivenciou de 2014 até 2017, amplamente divulgado na mídia impressa e com origem possivelmente no oceano Índico (RODRIGUES et al., 2019).

Por fim, o comportamento das métricas da ecologia de paisagem avaliadas, com dados de longo período, demonstrou que a bacia do rio Doce convive em um contexto de pressões de diversos agentes que potencialmente atuam de forma cumulativa e sinérgica aos possíveis impactos decorrentes do desastre ambiental em Mariana, MG. Para as métricas avaliadas, escala de tempo e espaço consideradas não é possível, no momento, ligar diretamente qualquer alteração dos índices quantitativos associados ao uso e cobertura do solo ao rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, MG.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCORDI, I. A. Pesquisa e conservação de aves em áreas úmidas. In: VON MATTER, S. et al. (Eds.). . **Ornitologia e Conservação: Ciência Aplicada, Técnicas de Pesquisa e Levantamento**. 1a. ed. Rio de Janeiro, RJ: Technical Books Editora, 2010. p. 191–218.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Plano Integrado de recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Doce**. Brasília, DF: [s.n.]. Disponível em: <www.ana.gov.br>. Acesso em: 21 fev. 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Encarte Especial sobre a Bacia do Rio Doce Rompimento da Barragem em Mariana/MG**. Brasília - DF: Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos, 2016.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Bacias Hidrográficas Ottocodificada**. Disponível em: <http://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/e4f86bece83c44e28501924a19c5a586_0>. Acesso em: 25 set. 2019a.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Agência Nacional de Águas. <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>, 2019b.
- AGUIAR, A. T. E. et al. Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas. **Boletim IAC**, v. 200, p. 452, 2014.
- BERTONI, J.; NETO, F. L. **Conservação do solo**. 3ª. ed. São Paulo, SP: Livroceres, 1990.
- BRAY, J. R.; CURTIS, J. T. An ordination of the upland forest community of southern Wisconsin. **Ecological Monographs**, v. 27, n. 4, p. 325, out. 1957.
- CABACINHA, C. D.; CASTRO, S. S.; GONÇALVES, D. A. Análise da estrutura da paisagem da alta bacia do Rio Araguaia na savana brasileira. **Floresta**, v. 40, n. 4, 2010.
- CARMO, F. F. DO et al. Fundão tailings dam failures: the environment tragedy of the largest technological disaster of Brazilian mining in global context. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 15, n. 3, p. 145–151, jul. 2017.
- CARNEIRO, L. R. D. A. et al. Limitations to the use of species-distribution models for environmental-impact assessments in the Amazon. **PLoS ONE**, v. 11, n. 1, p. 1–17, 2016.
- CFBIO. **Resolução nº 301, de 8 de dezembro de 2012**Brasil, 2012.
- COELHO, A. L. N. Bacia hidrográfica do Rio Doce(MG/ES):uma análise socioambiental integrada. **Revista Geografares**, v. 7, p. 131–146, 2009.
- COELHO, M. R. et al. Solos: tipos, suas funções no ambiente, como se formam e sua relação com o crescimento das plantas. In: MOREIRA, FM S; CARES, JE; ZANETTI, R.; STUMER, S. (Ed.). . **O Ecossistema Solo**. [s.l.] Ed. UFLA, 2013. p. 49.
- COLWELL, R. K. **EstimateS: statistical estimation of species richness and shared species from samples**Version 9.1, 2016. Disponível em: <<http://viceroy.eeb.uconn.edu/EstimateS/>>
- CONCEA. Resolução Normativa nº37, de 15 de fevereiro de 2018. . 2018.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução CONAMA Nº 420/2009. . 2009, p. 81–84.
- COPAM. Lista de Espécies Ameaçadas de Extinção da Fauna do Estado de Minas Gerais. . 2010.
- DE MELLO CUNHA, A. et al. Atualização da legenda do mapa de reconhecimento de solos do Estado do Espírito Santo e implementação de interface no Geobases para uso de dados em SIG. **Geografares**, n. 22, p. 32–65, 2016.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo, SP: Editora Companhia das Letras, 1996.

EMBRAPA SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3a Ed. ed. Brasília, DF: [s.n.].

FEAM. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, MG: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010.

FERNANDES, G. W. et al. Deep into the mud: ecological and socio-economic impacts of the dam breach in Mariana, Brazil. **Natureza & Conservação**, v. 14, n. 2, p. 35–45, jul. 2016.

FORMAN, R. T. T.; GODRON, M. **Landscape Ecology**. New York, NY: John Wiley & Sons, Inc., 1986.

GOLDER ASSOCIATES. **Avaliação de Impacto Sobre as Espécies Terrestres Ameaçadas de Extinção**. Belo Horizonte, MG, Brasil: [s.n.].

GOLDER ASSOCIATES. **Programa de Caracterização Geoquímica de Rejeitos, Solos e Sedimentos**. Belo Horizonte, MG: [s.n.].

GOTELLI, N. J.; ELLISON, A. M. **A Primer Of Ecological Statistics**. [s.l.] Sinauer Associates, 2004.

HOLLANDER, M.; WOLFE, D. A.; CHICKEN, E. **Nonparametric Statistical Methods**. 4a Ed. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2014.

IBAMA-COREC. **Parecer Técnico nº 1/2017-COREC/CGBIO/DBFLO**. Brasília - DF: [s.n.]. Disponível em: <http://www.golder.ca/en/modules.php?name=Pages&sp_id=331>.

IBAMA-COREC. **Parecer Técnico nº 15/2017-COREC/CGBIO/DBFLO**. Brasília - DF, Brasil: [s.n.].

IBAMA. **Instrução Normativa N° 146, de 10 de Janeiro de 2007**, 2007.

IBAMA. **Laudo Técnico Preliminar: Impactos ambientais decorrentes do desastre envolvendo o rompimento da barragem de Fundão, em Mariana, Minas Gerais**. Brasília, DF: [s.n.].

IBAMA. **Notificação 678322-EColatina, ES, BR, 2015b**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/phocadownload/barragemdefundao/notificacoes/2015-12-notificacoes.pdf>>

IBAMA. **Termo de referência 4 - Monitoramento ecotoxicológico dos impactos causados pela lama oriunda do rompimento da Barragem de Mariana (MG) em regiões dulcícolas, estuarinas e marinhas**. [s.l: s.n.].

IBAMA. **Termo de Transação e Ajustamento de Conduta (TTAC) entre União/Estados de MG e ES/Samarco/Vale/BHP**. Brasília - DF: [s.n.].

IBAMA. **Nota Técnica no 17/2018/CTBio/DIBIO/ICMBio**. Vitória, ES: [s.n.].

IBGE. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2nd ed. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. v. 39

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção: Volume VII - Invertebrados. In: **Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção**. Brasília, DF: ICMBio, 2018. v. VIIp. 727.

IRGANG, G. V.; MICOL, L.; SANTOS, R. R. **Análise da fragmentação da paisagem e mapeamento do valor para a conservação**. Cuiabá, MT, Brasil: [s.n.]. Disponível em: <https://www.icv.org.br/wp-content/uploads/2013/08/fragmentacaopaisagem_metodologiaicv.pdf>.

IUCN. **The IUCN Red List of Threatened Species**. Disponível em: <www.iucnredlist.org>. Acesso em: 30 set. 2019.

JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. **Flora do Brasil 2020**. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/listaBrasil/PrincipalUC/PrincipalUC.do;jsessionid=363D041556B49FBF66EF0B863322C57#CondicaoTaxonCP>>. Acesso em: 21 fev. 2019.

MAGNUSSON, W. E. et al. RAPELD: a modification of the Gentry method for biodiversity surveys in long-term ecological research sites. **Biota Neotropica**, v. 5, n. 2, 2005.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomias – Coleção v. 3.1 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. **Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351**. Portland, OR: **US Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station**. 122 p, v. 351, 1995.

MEAD, A. Review of the Development of Multidimensional Scaling Methods. **The Statistician**, v. 41, n. 1, p. 27, 1992.

MMA. Convenção da Diversidade Biológica. **Serie Biodiversidade**, p. 30, 2000.

MMA. **Mapa das Áreas Prioritárias para a Conservação da Biodiversidade Brasil**, 2006.

MMA. **Áreas Prioritárias para a Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização - Portaria MMA nº9, de 23 de janeiro de 2007**. Brasília, DF: MMA, 2007. v. 31

MMA. **Mata Atlântica**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/biomias/mata-atlantica_emdesenvolvimento>. Acesso em: 25 ago. 2019.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A.; VINING, G. G. **Introduction to linear regression analysis**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2012. v. 821

MORAES, M. E. B. DE et al. Análise métrica da paisagem na microbacia do rio Água Preta no Mocambo, Uruçuca, sul da Bahia. **REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA**, v. 9, n. 1, p. 62–72, 2015.

MOSER, P. et al. Tree Species Distribution along Environmental Gradients in an Area Affected by a Hydroelectric Dam in Southern Amazonia. **Biotropica**, v. 46, n. 3, p. 367–376, 2014.

MUNSELL SOIL COLOR COMPANY. **Munsell Soil Color Charts**. Baltimore, Maryland: Macbeth Division of Kollmorgen Corporation, 2009.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. February, p. 853–858, 24 fev. 2000.

OKSANEN, J. et al. **Vegan: Community Ecology Package**The Comprehensive R Archive Network, , 2019. Disponível em: <<https://github.com/vegandevs/vegan>>

PARDINI, R.; UMETSU, F. Pequenos mamíferos não-voadores da Reserva Florestal do Morro Grande – distribuição das espécies e da diversidade em uma área de Mata Atlântica. **Biota Neotropica**, v. 6, n. 2, p. 1–22, 2006.

PASSAMANI, M.; MENDES, S. L. **Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção no Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES: Instituto de Pesquisas da Mata Atlântica, 2007.

PAYE, H. DE S. et al. Valores de referência de qualidade para metais pesados em solos no estado do espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 34, p. 2041–2051, 2010.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria**., 2018.

RAIJ, B. VAN et al. **Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Boletim Técnico, 100.** São Paulo, SP: [s.n.].

RAMSAR. The List of Wetlands of International Importance. **Ramsar**, 2018.

RBMA. **Reserva da Biosfera da Mata Atlântica - texto síntese.** Disponível em: <http://www.rbma.org.br/rbma/rbma_1_textosintese.asp>. Acesso em: 31 jan. 2019.

REZENDE, C. L. et al. From hotspot to hopespot: An opportunity for the Brazilian Atlantic Forest. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 16, n. 4, p. 208–214, 2018.

ROCHA, L. F. B. et al. Inventário de fragmentos florestais nativos e propostas para seu manejo e o da paisagem. **CERNE**, v. 10, n. 1, p. 22–38, 21 out. 2004.

RODRIGUES, R. R. et al. Common cause for severe droughts in South America and marine heatwaves in the South Atlantic. **Nature Geoscience**, v. 12, n. 8, p. 620–626, 8 ago. 2019.

ROOS, A. L. Capturando Aves. In: MATTER, S. VON et al. (Eds.). **Ornitologia e conservação: ciência aplicada, técnicas de pesquisa e conservação.** 1a. edição ed. Rio de Janeiro, RJ: Technical Books Editora, 2010. p. 77–104.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental - Conceitos e Métodos.** 2nd. ed. ed. São Paulo, SP: Oficina de Textos, 2015.

SÁNCHEZ, L. E. et al. **Os impactos do rompimento da Barragem de Fundão. O caminho para uma mitigação sustentável e resiliente.** [s.l.: s.n.].

SANTOS, J. F. C. DOS et al. Fragmentação florestal na Mata Atlântica: o caso do município de Paraíba do Sul, RJ, Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 15, n. 3, p. 151–158, 2017.

SANTOS, H. G. DOS; et al. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 5nd. ed. ed. Brasília, DF: Embrapa Solos, 2018.

SCHÄFER, A. **Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais.** 1a. ed. ed. Porto Alegre, RS: UFRGS, 1985.

SEMAD/FEAM/IEF/IGAM. **IDE-Sisema - WebGIS.** Disponível em: <<http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/#>>. Acesso em: 26 ago. 2019.

SMADS. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais: legenda expandida** Secretaria do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Belo Horizonte, MG: [s.n.].

STEHMANN, J. R. et al. **Plantas da Floresta Atlântica.** 1ª ed ed. Rio de Janeiro, RJ: Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2009.

US EPA. Ecological Soil Screening Level for Aluminium. Interim Final. **United States Environmental Protection Agency**, 2003.

US EPA. **Ecological soil screening level for iron. Interim Final.**

VOLOTÃO, C. F. D. S. **Trabalho De Análise Espacial Métricas Do Fragstats.** [s.l.] INPE, 1998.

WHEELER, J. . et al. Species sensitivity distributions: data and model choice. **Marine Pollution Bulletin**, v. 45, n. 1–12, p. 192–202, set. 2002.

ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis.** 5th ed. ed. [s.l.] Prentice Hall, 2010.

ZUUR, A. F. et al. **Mixed effects models and extensions in ecology with R.** New York, NY: Springer New York, 2009.

11. ÍNDICE REMISSIVO

BA – Bloco Amostral;

BHRD - Bacia Hidrográfica do rio Doce;

CR – Categoria de ameaça a extinção - Criticamente ameaçada;

DD – Categoria de ameaça a extinção - Deficiente em dados;

EN – Categoria de ameaça a extinção - Em perigo;

ES – Espírito Santo;

FESD – Floresta Estacional Semidecidual;

MG – Minas Gerais;

NT – Categoria de ameaça a extinção - Quase ameaçada;

PR – *Parcelas Ripárias*;

PEX – Categoria de ameaça a extinção - Extinta regionalmente;

PT – *Parcelas Terrestres*;

T – Módulo RAPELD de amostragem padronizada; trilha principal;

GLM – Modelos Lineares Generalizados;

NMDS – Escalonamento multidimensional não-métrico;

VU – Categoria de ameaça a extinção – Vulnerável;

UA – Unidade amostral;

UC – Unidade de Conservação da Biodiversidade.