

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO DO NOVO CÓDIGO FLORESTAL: AS ÁREAS DE  
PRESERVAÇÃO PERMANENTE – APPs, E A CONSERVAÇÃO  
DA QUALIDADE DO SOLO E DA ÁGUA SUPERFICIAL**

**Carlos Alberto Valera  
Promotor de Justiça**

2017

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO DO NOVO CÓDIGO FLORESTAL: AS ÁREAS DE  
PRESERVAÇÃO PERMANENTE – APPs, E A CONSERVAÇÃO  
DA QUALIDADE DO SOLO E DA ÁGUA SUPERFICIAL**

**Carlos Alberto Valera**

**Orientador: Prof. Dr. Marcílio Vieira Martins Filho**

**Coorientadores: Prof. Dr. Renato Farias do Valle Junior  
Profa. Dra. Teresa Cristina T. Pissarra**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo).

Valera, Carlos Alberto  
V163a Avaliação do novo código florestal : as áreas de preservação permanente – APPs, e a conservação da qualidade da água superficial/ Carlos Alberto Valera. – – Jaboticabal, 2017  
xv, 119 f. : il. ; 28 cm

Tese (doutorado) Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2017  
Orientador: Marcílio Vieira Martins Filho;  
Coorientadores: Renato Farias do Valle Junior, Teresa Cristina Tarlé Pissarra  
Banca examinadora: José Marques Júnior, Diego Silva Siqueira, Marcelo Machado Leão e Zigomar Menezes de Souza  
Bibliografia

1. Política de uso do solo. 2. Bacia Hidrográfica. 3. Legislação Ambiental. 4. Geomática. 5. Governança de solos. 6. Erodibilidade. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.4:634.0.2

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação – UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

TÍTULO DA TESE: AVALIAÇÃO DO NOVO CÓDIGO FLORESTAL: AS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE - APPs, E A CONSERVAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO E DA ÁGUA SUPERFICIAL

**AUTOR: CARLOS ALBERTO VALERA**

**ORIENTADOR: MARCÍLIO VIEIRA MARTINS FILHO**

**COORIENTADOR: RENATO FARIAS DO VALLE JUNIOR**

**COORIENTADORA: TERESA CRISTINA TARLE PISSARRA**

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MARCÍLIO VIEIRA MARTINS FILHO  
Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. ZÍGOMAR MENEZES DE SOUZA  
Departamento de Água e Solo / Universidade Estadual de Campinas - Campinas/SP

Pós-doutorando DIEGO SILVA SIQUEIRA  
Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. MARCELO MACHADO LEÃO  
Construções Sustentáveis / ESALQ / USP / Piracicaba/SP

Prof. Dr. JOSÉ MARQUES JUNIOR  
Departamento de Solos e Adubos / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 18 de dezembro de 2017

## **DADOS CURRICULARES DO AUTOR**

**CARLOS ALBERTO VALERA** – Graduiu-se em Direito pela Faculdade de Direito de Sorocaba – FADISO (1990); Coursou Mestrado em Direito pela Universidade de Franca – UNIFRAN (2004) e Doutorado em Agronomia no Programa de Ciência do Solo da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP – Univ. Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal. Atualmente, é promotor de Justiça do Ministério Público do Estado de Minas Gerais - Coordenador Regional das Promotorias de Justiça de Defesa do Meio Ambiente das Bacias Hidrográficas dos Rios Paranaíba e Baixo Rio Grande. Tem experiência na área de Direito, com ênfase em Direito, atuando principalmente nos seguintes temas: poder público, meio ambiente, licenciamento e impacto ambiental.

*“Menos falácia e mais labor”.*

*Autor*

A Deus e a todos!

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus e a todos!

De forma especial a minha família, e de forma particular, por serem a fonte de minha inspiração e força, a meus filhos Guilherme e Mayara Cristina.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Marcílio Vieira Martins Filho, e aos meus coorientadores, Prof. Dr. Renato Farias do Valle Júnior e Profa. Dr<sup>a</sup>. Teresa Cristina Tarlé Pissarra, pelo apoio, incentivo e amizade, sem os quais este trabalho não seria possível, e a esta última, pelo pioneirismo, pois acreditou que multidisciplinaridade deve permear todas as ciências.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP – Universidade Estadual Paulista, Câmpus de Jaboticabal.

Ao Ministério Público do Estado de Minas Gerais.

Aos professores que constituíram a banca de qualificação e a defesa de tese, pelas orientações e correções preciosas ao meu trabalho e pela amizade concedida.

Aos companheiros e amigos, Mauro Ferreira Machado e Hygor Evangelista Siqueira, pela grande ajuda na condução do experimento, sem os quais este trabalho não seria possível, e à amiga Renata Cristina Araújo Costa, pelo auxílio na área de geomática.

À Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM, Departamento de Geografia, por ceder o Laboratório de Geomorfologia, Clima e Solos - LAGECS - Unidade Urbano, na análise do solo.

Ao Prof. Dr. Fernando António Leal Pacheco, do Departamento de Geologia, Prof. Dr. Luís Filipe Sanches Fernandes, do Departamento de Engenharias, Profa. Dra. Simone da Graça Pinto Varandas e Prof. Dr. Rui Manuel Vitor Cortes, do Departamento de Ciências Florestais e Arquitectura Paisagística, todos vinculados à Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Vila Real, Portugal.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural, em nome de Ronaldo José de Barros e Davi Aparecido Trevizolli, por estarem sempre disponíveis para ajudar.

À funcionária Izilda Maria de Carvalho Máximo, no auxílio da interpretação visual do uso do solo nas imagens orbitais.

À Luciane Meire Ribeiro da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação, no auxílio da correção das referências bibliográficas.

Ao Prof. Vitorio Barato Neto, no auxílio da correção gramatical.

A todos os amigos e companheiros de pós-graduação, pelo convívio e apoio por todo este tempo.

**MUITO OBRIGADO!**

## SUMÁRIO

RESUMO.....	xi
LISTA DE TABELAS .....	xiii
LISTA DE FIGURAS .....	xiv
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	5
2.1 Matas Ciliares .....	5
2.2 Código Florestal.....	8
2.3 Política de Uso do Solo.....	23
2.4 Solo.....	28
2.5 Recurso Hídrico .....	30
2.5.1 Temperatura .....	31
2.5.2 pH (Potencial Hidrogeniônico) .....	32
2.5.3 Potencial de oxidação-redução.....	33
2.5.4 Condutividade.....	34
2.5.5 Turbidez.....	34
2.5.6 Oxigênio Dissolvido .....	35
2.5.7 Sólidos Totais Dissolvidos .....	36
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	38
3.1 Caracterização da Área de Estudo .....	38
3.1.1 Áreas Experimentais - Sub-bacias .....	41
3.2 Levantamento do uso do solo .....	49

3.3 Amostragem e Análise do Recurso Hídrico e Solo .....	50
3.3.1 Recurso hídrico.....	50
3.3.2 Solo.....	52
3.4 Cartografia .....	54
3.5 Análise Estatística.....	55
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	56
4.1 Uso do Solo .....	56
4.2 Recurso Hídrico .....	66
4.3 Solo.....	73
5. CONCLUSÃO.....	103
6 REFERÊNCIAS.....	105

## **AValiação DO NOVO CódIGO FloRESTAL: AS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE – APPs, E A CONSERVAÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO E DA ÁGUA SUPERFICIAL**

**RESUMO** – As matas ciliares (vegetação ripária) são consideradas zonas de grande valor para a conservação da natureza e da biodiversidade, e desempenham um papel essencial no quadro de uma gestão moderna dos recursos hídricos, visando à proteção dos ecossistemas que lhe estão associados. O objetivo deste trabalho foi comparar os parâmetros das faixas marginais do curso d'água natural perene de menos de 10 (dez) metros de largura, na Lei n. 4.771/65, hoje revogada, com o Novo Código Florestal (Lei n. 12.651/12), atualmente em vigor, na qualidade do recurso hídrico e do solo, nos ecossistemas de bacias hidrográficas. Para análise do meio físico das bacias hidrográficas, foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto e análise do uso do solo em imagens de satélite. Na amostragem do recurso hídrico e do solo, foi realizado um levantamento de campo e coleta de dados *in loco*, e algumas análises de atributos físico-químicos foram determinadas em laboratório. Os dados foram analisados estatisticamente e os mapas foram elaborados em um sistema de informação geográfica por meio de técnicas estatísticas multivariadas. O banco de dados foi composto por mapas temáticos da rede de drenagem, da declividade, de solos, da mata nativa, do uso da terra, das áreas de preservação permanentes e de uso conflitante. Ao se avaliar os ecossistemas e a largura das faixas marginais preservadas ao longo dos cursos de água perene, foi possível direcionar qual relação é mais adequada, em metragem, para conservar os recursos naturais, facilitando o fluxo gênico da fauna e da flora, protegendo o solo, com vias a assegurar o bem-estar das populações humanas.

**Palavras-chave:** 1. Política de uso do solo. 2. Bacia Hidrográfica. 3. Legislação Ambiental. 4. Geomática. 5. Governança de solos. 6. Erodibilidade.

## **EVALUATION OF THE NEW FOREST CODE: AREAS OF PERMANENT PRESERVATION - APPs, AND THE CONSERVATION OF SOIL AND SURFACE WATER QUALITY**

**SUMMARY** - Riparian vegetation (along the rivers) is considered as a valuable area for the conservation of nature and biodiversity, and plays an essential role in the management of modern water resources, in order to protect the associated ecosystems. The objective of this work was to compare the parameters of the marginal areas of the perennial natural watercourse of less than 10 (ten) meters wide, in Law No. 4,771 / 65, now repealed, with the New Forest Code (Law No. 12.651 / 12), currently in force, as a water and soil resource, in watersheds ecosystems. For the analysis of the physical environment of the river basins, a remote sensing technique was used to analyse land uses. Water and soil sampling was conducted in a field survey, and in situ data collection were performed, and some analyses of physical and chemical soil attributes were determined in the laboratory. The data were analyzed statistically and the maps were elaborated in a geographic information system through multivariate statistical techniques. The database was composed of thematic maps of the drainage network, slope, soil, native forest, land use, permanent preservation areas and land use conflicting. When evaluating the ecosystems and the width of the marginal strips preserved along the perennial watercourses, it was possible to direct which relationship is more appropriate to conserve natural resources, facilitating the genetic condition of fauna and flora, protecting the environment, with ways to ensure the well-being of human populations.

**Keywords:** 1. Land use policy. 2. Hydrographic basin. 3. Environmental Law. 4. Geomatics. 5. Soil governance. 6. Erodibility.

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1. Valores de referência disponíveis na legislação (Portaria 518 - Ministério da Saúde - 25 de março de 2004; Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005.....	37
Tabela 2. Cadastro dos pontos de amostragem da água e do solo na APA do Rio Uberaba.....	42
Tabela 3. Uso do solo e metragem da área de preservação permanente – APP.....	57
Tabela 4. Uso do solo na sub-bacia Córrego Lanhoso.....	62
Tabela 5. Uso do solo na sub-bacia Córrego Mangabeira 1 e Mangabeira 2.....	62
Tabela 6. Uso do solo na sub-bacia Córrego Borá 1 e Córrego Borá 2.....	63
Tabela 7. Uso do solo na sub-bacia Córrego Alegria.....	63
Tabela 8. Uso do solo na sub-bacia Córrego Lajeado.....	64
Tabela 9. Uso do solo na sub-bacia Rio Uberaba.....	64
Tabela 10. Atributos da água nas sub-bacias da APA do Rio Uberaba – MG.....	67
Tabela 11. Atributos da água nas sub-bacias da APA do Rio Uberaba – MG.....	68
Tabela 12. Índice de qualidade da água (IQA) e sua classificação nas Bacias hidrográficas.....	72
Tabela 13. Atributos do solo na área de preservação permanente – APP.....	74
Tabela 14. Atributos do solo na área de preservação permanente – APP.....	75

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Vista tridimensional de mata ciliar, incluindo elementos de paisagem superficiais e subsuperficiais.....	5
Figura 2. Localização da APA do Rio Uberaba, Minas Gerais, Brasil.....	38
Figura 3. Localização da APA no município de Uberaba – MG.....	39
Figura 4. Balanço hídrico-climatológico de Uberaba – MG.....	40
Figura 5. Sub-bacias selecionadas para a amostragem do recurso hídrico e do solo no interior da APA do Rio Uberaba – MG.....	41
Figura 6. Localização de cada sub-bacia - unidade territorial de bacia hidrográfica.....	43
Figura 7. Mapa das principais feições geológicas nas sub-bacias - APA do Rio Uberaba.....	44
Figura 8. Mapa dos principais solos nas sub-bacias - APA do Rio Uberaba.....	47
Figura 9. Mapa de declividade das sub-bacias - APA do Rio Uberaba.....	49
Figura 10. Esquema representando a seleção do local de amostragem.....	51
Figura 11. Pontos de coleta de solos nas áreas de preservação permanentes (APPs).....	53
Figura 12. Uso do solo na sub-bacia Córrego Borá 1 e Córrego Borá 2.....	58
Figura 13. Uso do solo na sub-bacia Córrego Mangabeira 1 e Mangabeira 2.....	59
Figura 14. Uso do solo na sub-bacia Córrego Lajeado e Córrego Lanhoso.....	60
Figura 15. Uso do solo na sub-bacia Córrego Alegria e Rio Uberaba.....	61
Figura 16. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Lanhoso – 50 metros. Parte 1.....	76
Figura 17. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Lanhoso – 50 metros. Parte 2.....	77
Figura 18. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Borá 2.- 50 metros. Parte 1.....	78

Figura 19. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Borá 2.- 50 metros. Parte 2.....	79
Figura 20. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Mangabeira 2 – 30 metros. Parte 1.....	80
Figura 21. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Mangabeira 2 – 30 metros. Parte 2.....	81
Figura 22. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego do Borá 1 – 30 metros. Parte 1.....	82
Figura 23. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego do Borá 1 – 30 metros. Parte 2.....	83
Figura 24. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Rio Uberaba – 30 metros. Parte 1.....	84
Figura 25. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Rio Uberaba – 30 metros. Parte 2.....	85
Figura 26. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Mangabeira 1 – 15 metros. Parte 1.....	86
Figura 27. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Mangabeira 1 – 15 metros. Parte 2.....	87
Figura 28. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Alegria – 15 metros. Parte 1.....	88
Figura 29. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Alegria – 15 metros. Parte 2.....	89
Figura 30. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Lajeado – 15 metros. Parte 1.....	90
Figura 31. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Lajeado – 15 metros. Parte 2.....	91

## 1 INTRODUÇÃO

O reconhecimento dos efeitos deletérios da destruição e da perda de habitats (ex. corte ou redução das matas ciliares, regularização dos rios, canalização, dragagem, poluição química, eutrofização e alterações climáticas sobre os organismos aquáticos) como resultado das atividades humanas, associado à necessidade premente de uma gestão ambientalmente mais sensível e ecologicamente sustentável dos sistemas aquáticos brasileiros, induz à procura de técnicas que avaliem a saúde dos sistemas aquáticos e ribeirinhos.

Em função do exposto, estudos da temática das matas ciliares tornam-se relevantes, principalmente aqueles com o objetivo de contribuir, em termos científicos, para a avaliação da atual Lei n. 12.651/12, designada de Novo Código Florestal, no sentido de mostrar se estes ecossistemas (áreas protegidas nos termos dos arts. 4º, 5º e 6º) são capazes ou não de desempenhar a função ambiental de conservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico da fauna e da flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Segundo Ellovitch e Valera (2013), com a promulgação do Novo Código Florestal, o Brasil deu um perigoso passo na contramão da História do Direito Socioambiental, sendo o primeiro país democrático a promover o retrocesso legislativo na regulamentação do direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, já que fragiliza a recuperação de processos ecológicos essenciais, compromete a integridade dos atributos de áreas de preservação permanente e de reservas legais, e relativiza o dever de reparar o dano ambiental, ferindo o art. 225, §§1º e 3º da Constituição Federal para além de pôr em risco a segurança da população. Sarlet e Fensterseifer (2012) salientam que a Constituição Federal, ao estabelecer como direito fundamental (art. c/ c art. 5º, caput, e § 2º) o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, integra o núcleo de conquistas sociais que não estão sujeitas a retrocesso, sob pena de violar um

patrimônio político-jurídico consolidado ao longo do percurso histórico civilizatório. Ellovitch e Valera (2013) resumem dizendo que se trata de uma ideia do princípio constitucional implícito da proibição do retrocesso dos direitos socioambientais.

Apesar de não terem sido alteradas na nova Lei as dimensões (metragens) das áreas de preservação permanente (APPs), relativas às margens dos cursos de água, houve alteração no que se refere ao parâmetro para a sua medição, levando à uma diminuição substancial da área de proteção da mata ciliar, quer sob o aspecto da locação de referidos espaços protegidos, quer sob o aspecto das regras de transição (artigos 59 e seguintes da Lei Federal n. 12651/12). Esta medida poderá ser um problema acrescido para as populações, dado que uma diminuição da área de proteção ambiental reduzirá estes "filtros verdes", e a probabilidade de ocorrência de desastres ecológicos eleva-se. Tais fatos colocam em risco a sustentabilidade ambiental.

O conceito de "sustentabilidade" é o resultado de uma convenção política e social nascida no final dos anos 80 do Século XX, com o Relatório *Brundtland* intitulado "O Nosso Futuro Comum", que culminou alguns anos mais tarde na Declaração do Rio sobre Ambiente e Desenvolvimento (UNCED, 1992). Esta declara que a sustentabilidade exige que se conciliem "três pilares" de desenvolvimento: crescimento econômico, justiça social e conservação do ambiente. Um modelo de gestão sustentável, ou racional, do ambiente natural deve basear-se numa profunda compreensão de seu funcionamento, a partir da qual seja possível determinar os impactos que qualquer atividade humana possa ter sobre os sistemas naturais e tentar minimizá-los ao máximo.

A coexistência de uma grande variedade de interesses na sociedade como um todo e a inexistência de uma definição de sustentabilidade esclarecedora permitem a ocorrência de objetivos radicalmente opostos, baseados na mesma ideia (ARRIBAS HERGUEDAS, 2007). Neste contexto, torna-se importante desenvolver pesquisa visando contribuir para a definição de critérios relacionados ao dimensionamento e de locação das matas ciliares nos ecossistemas ribeirinhos das bacias hidrográficas, tendo por base o conceito de gestão sustentável de zonas naturais.

Face aos motivos apresentados, trata-se, sem dúvida, de um tema de grande atualidade, constituindo-se como um dos aspectos prioritários da maior relevância no âmbito de uma política de meio ambiente e de governança do solo. Sua importância resulta do fato de as matas ciliares (vegetação ripária) serem zonas de grande valor para a conservação da natureza e da biodiversidade, e desempenharem, também, papel essencial no quadro de uma gestão moderna dos recursos hídricos, visando à sua proteção e à proteção dos ecossistemas que lhe estão associados.

Pela sua importância regional e nacional, decidiu-se realizar pesquisa na Área de Proteção Ambiental (APA) municipal do Rio Uberaba. O objetivo geral foi comparar os parâmetros (critérios de locação e metragem), definidos em lei, das faixas marginais dos cursos d'água naturais e perenes de menos de 10 (dez) metros de largura, fazendo a comparação entre a Lei n. 4.771/65, hoje revogada, com o Novo Código Florestal (Lei n. 12651/12), atualmente em vigor, e seus impactos na qualidade do recurso hídrico e do solo.

Os objetivos específicos foram: 1) comparar os atributos físico-químicos do solo e da água das faixas marginais do curso d'água natural perene, desde a borda da calha do leito maior sazonal previsto na Lei n. 4.771/65, hoje revogada, e desde a borda da calha do leito regular, atualmente, definido no Novo Código Florestal, Lei n. 12651/12, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura, definido pela legislação em vigor em 30 m; 2) efetuar uma análise temporal das alterações físico-químicas do solo e das águas superficiais das áreas de preservação permanente (APPs) ocupada ou não por vegetação nativa, na unidade territorial de bacias hidrográficas; 3) correlacionar as alterações físico-químicas da água e do solo com o uso e ocupação dos ecossistemas das bacias hidrográficas; e desenvolver, por métodos multimétricos e multivariados, e recorrendo a sistemas de informação geográfica, metodologias para uma melhor compreensão das alterações que ocorrem na estrutura e funcionamento dos cursos d'água decorrentes do efeito da redução da extensão superficial das APPs nos ecossistemas das bacias hidrográficas.

Como principal hipótese o estudo considerou verificar a seguinte possibilidade: a

preservação das APPs às margens dos cursos d'água de até 10 metros de largura, segundo o atual Código Florestal Brasileiro definida em 30 m, não é capaz de desempenhar a função ambiental de conservar os recursos hídricos, a paisagem e a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Matas Ciliares

As matas ciliares são as formações vegetais caracterizadas pela presença de cobertura vegetal nativa, que ficam às margens das redes de drenagens. Estas matas são áreas tridimensionais de transição, onde se processa a interação direta de importantes fluxos de matéria e energia pelas suas características de ecótono, dado que representa a transição entre os ecossistemas aquáticos e terrestres distintos (EWEL et al., 2001) - (Figura 1).

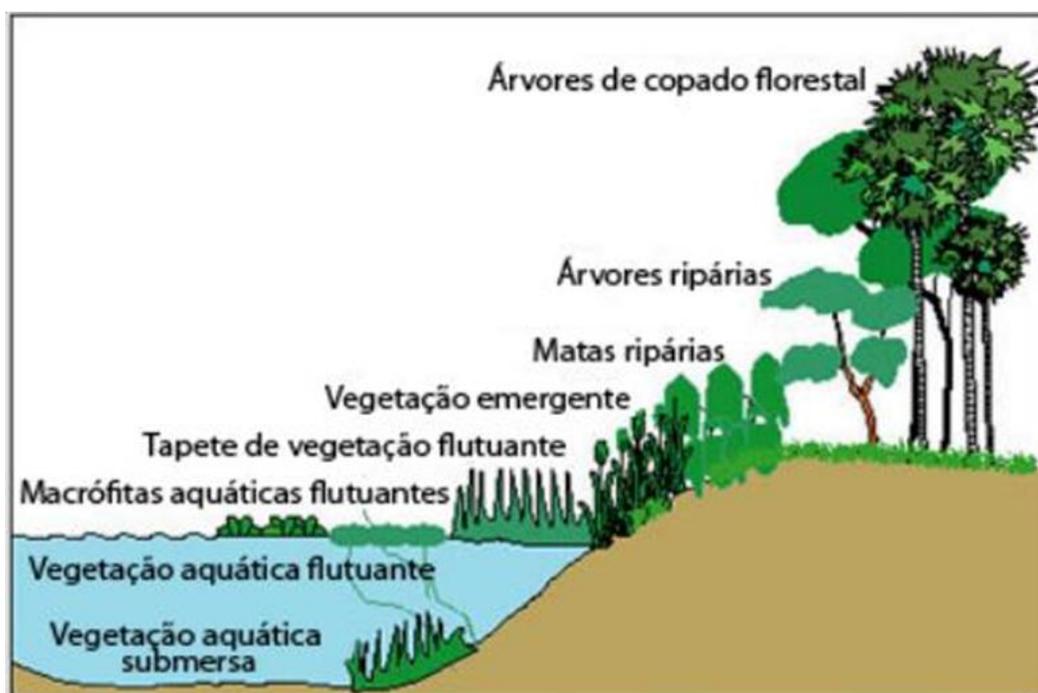


Figura 1. Vista tridimensional de mata ciliar, incluindo elementos de paisagem superficiais e subsuperficiais (adaptado de Stanford et al., 2005).

O termo “mata ciliar” vem do fato de serem tão importantes para a proteção de rios e lagos como são os cílios para nossos olhos. Grande número de estudos científicos demonstra que as matas ciliares têm uma importância excepcional na

manutenção de uma elevada e singular biodiversidade dos sistemas aquáticos (TOCKNER; WARD, 1999; POIANI et al., 2000; DÉCAMPS; DÉCAMPS, 2002; ALMEIDA et al., 2009). Neste contexto, González-Bernáldez et al. (1989) referem que a designação de “oásis lineares” tem sido frequentemente atribuída às florestas ribeirinhas, uma vez que possuem características, recursos e condições amplamente distintos dos existentes nas áreas adjacentes.

O caráter dinâmico destas zonas de transição e as características únicas das matas ciliares proporcionam múltiplos serviços ecológicos, tais como: a) hábitat para as espécies aquáticas; b) aprovisionam matéria orgânica particulada, principalmente na forma de folhada, que depois é processada pelos detritívoros, constituindo a base da cadeia alimentar nos cursos d'água de baixo número de ordem; c) consolidam as margens e aumentam a rugosidade hidráulica, diminuindo os efeitos da erosão hídrica; d) constituem um sistema tampão que reduz as perturbações no sistema aquático, designadamente contribuindo de forma decisiva para a retenção de nutrientes e micropoluentes, com reflexos positivos na diminuição da tendência para a eutrofização, aspecto este também associado à diminuição da luminosidade e da temperatura da água; e) importantes locais de armazenamento de água; e f) recarga de aquíferos subterrâneos (CHOI, 1970; HUGHES, 2003, 1997; NAIMAN; DÉCAMPS; MCCLAIN, 2005; DWIRE; LOWRENCE, 2006; ENDRES et al., 2006).

Deste modo, as áreas ribeirinhas são ecossistemas-chave nas bacias hidrográficas. Estes ecossistemas estendem-se desde a margem do meio aquático até à orla dos sistemas que já não são influenciados pelo curso de água (GREGORY, 1991; NAIMAN; DÉCAMPS, 1997; HANSON, 1997; NAIMAN; DÉCAMPS; MCCLAIN, 2005; STANFORD et al., 2005; MALARD et al., 2006). As zonas ribeirinhas têm compartimentos ambientais que atuam como filtro ecológico para a seleção das espécies com maior capacidade para se estabelecerem e persistirem nestes tipos de habitats (ANJOS et al., 2007).

A dimensão da mata ciliar varia desde faixas muito estreitas nas cabeceiras (mata de galeria), onde as poucas características geomórficas que possuem estão

quase totalmente integradas na floresta ripícola, até sistemas complexos ao longo de rios de grande dimensão, caracterizados por planícies de aluvião fisicamente diversificadas (GREGORY, 1991; NAIMAN; DECÁMPS, 1997; VALLE; BUSS; BAPTISTA, 2013).

A largura da zona ativa aumenta de jusante para montante, no entanto, a área total coberta pelas zonas ripícolas permanece relativamente constante ao longo dos cursos d'água de diferentes ordens. Esses tipos de mata são considerados por muitos (WARD et al., 1995; POOLE, 2002; STANFORD et al., 2005) como um verdadeiro mosaico móvel de habitats (*Shifting Habitat Mosaic* – SHM), pois podem ocorrer de uma forma ou de outra em todas as regiões. Segundo Arscott et al. (2002), o termo “móvel” refere-se especificamente ao fato de que os tipos específicos de habitat podem alterar sua localização, dimensão e configuração ao longo do tempo, embora a abundância global dos diferentes tipos de habitat possa permanecer constante.

A vegetação das matas ciliares é também um importante indicador do estado de conservação dos corredores fluviais. A mata ciliar, como componente da comunidade biótica, funciona como um integrador de condições ecológicas e das pressões antropogênicas e expressas as diferentes escalas espaciais e temporais, e pode, deste modo, servir de suporte à avaliação ambiental (FERREIRA et al., 2002; MUNNÉ et al., 2003; ANJOS et al., 2007; ARZIPE et al., 2009; VALLE; BUSS; BAPTISTA, 2013).

Por esta razão, devem ser feitos esforços no sentido de alcançar uma compreensão prática das respostas da vegetação a tipos de perturbação antropogênica específicos e combinados (ex. alterações hidrológicas e geomorfológicas, produção florestal, agricultura e pastoreio, indústria, recreação e lazer, espécies exóticas, etc.).

Assim, este trabalho reside no estudo das matas ciliares, tendo por base a comparação dos parâmetros legais do Código Florestal anterior, Lei n. 4.771, de 1965, (BRASIL, 1965) com a nova Lei n. 12.651/12 (BRASIL, 2012), designada de Novo Código Florestal em áreas de preservação permanente, e seu efeito nos recursos hídricos e no solo, nos ecossistemas da unidade territorial de bacias hidrográficas, em cursos d'água de até 10 metros.

## 2.2 Código Florestal

A criação de espaços florestais protegidos como hoje é conhecida, e as áreas de preservação permanente (APPS) e as reservas legais, por exemplo, envolvendo certa limitação da propriedade, já tinham no estadista José Bonifácio de Andrada e Silva um influente estudioso. Político essencial no processo de independência do Brasil, Bonifácio logo se conscientizou da necessidade de que a regulação fundiária do País não descambasse para a total desregulamentação e, principalmente, pudesse implicar a destruição de sistemas florestais importantes à sobrevivência econômica da população.

Enquanto na França o país era agitado pela Revolução de 1789, o Patriarca da Independência estudava, na Academia de Ciências de Lisboa, mineralogia, agricultura e química, aprimorando tais conhecimentos práticos, depois, em visitas a vários países da Europa.

Em 1812, o naturalista publicou um trabalho nomeado “Memórias sobre a necessidade e utilidade do plantio de novos bosques em Portugal”<sup>1</sup>, onde já chamava a atenção para o desastre da destruição das matas na Europa. No Brasil, em 1819, a preocupação de Andrada e Silva - reconhecidamente um homem à frente de seu tempo - continuava quando propunha que a transferência de terras aos particulares ficasse condicionada à manutenção de sexta parte do terreno de bosques, para que não faltassem madeira e lenha necessárias, por exemplo.

No entanto, embora com nomenclatura diversa e diferente concepção técnica, o conceito de *área de preservação permanente* (APP) pode-se dizer que teve gênese no primeiro Código Florestal Brasileiro, editado em 23 de janeiro de 1934 (Decreto Federal

---

<sup>1</sup> ANDRADA E SILVA, José Bonifácio de. **Memória sobre a necessidade do plantio de novos bosques em Portugal, particularmente de Pinhaes nos areas de Beiramar; seu methodo de sementeira, costeamento, e administração.** 4. ed. Rio de Janeiro: Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro, 1991, p. 49. Original disponível em: <http://www.brasiliana.usp.br/bbd/handle/1918/01688400#page/1/mode/1up>. Acesso em: 30-03-2013.

n. 23793/34), que definia as florestas do território nacional em quatro tipos: protetoras, remanescentes, modelos e de rendimento (art. 3º e 4º do citado Decreto).

Assim, ao conceituar o que seriam as *florestas protetoras*, a Lei Federal estabelecia que estas visassem a conservar o regime das águas, a evitar a erosão das terras pela ação dos agentes naturais, a fixar dunas, a auxiliar a defesa das fronteiras (do modo julgado pelas autoridades militares), a assegurar condições de salubridade pública, proteger sítios cuja beleza mereça ser conservada e a asilar espécimes raros da fauna indígena. Aqui estava a gênese, portanto, no plano técnico e jurídico, do que viria a ser conceituado como áreas de preservação permanente, evoluindo de uma preocupação já preconizada por Bonifácio de Andrada.

Importante observar que, no começo da década de 30, ainda não haviam emergido, evidentemente sem a importância e a solidificação técnica hodierna, os conceitos científicos de ecossistema, ecologia, biodiversidade, por exemplo, e sequer meio ambiente, sendo que este veio a aparecer em nossa Constituição Federal, em 1988.

O Desembargador Osny Duarte Pereira, ao analisar os sistemas florestais do mundo todo, escreveu em seu clássico *Direito Florestal Brasileiro* que “a doutrina eclética preconiza uma intervenção moderada. O particular mantém a administração plena de suas matas, podendo utilizar as madeiras, fazer os cortes, como lhe aprouver, no caso de não se tratar de floresta protetora. Se a selva for necessária para evitar influências climatológicas prejudiciais, irregularidades consideráveis no regime das águas, erosão etc., ao Estado reserva-se o direito de proibir o corte, ou regular, de modo a impedir que ela desapareça ou fique prejudicada em sua função.”<sup>2</sup> De forma vanguardista, Osny Duarte Pereira já preconizava, também, a concepção de bem público, de natureza difusa, que se deveria se imprimir às florestas e demais formas de vegetação essenciais. Assim, embora a conceituação expressa tenha vindo com a Medida Provisória n. 2166/2001, a noção de áreas de preservação permanente, pela primeira vez, veio a ser prevista formalmente no Código Florestal de 1965 (Lei n.

---

4771/65) que, através dos artigos 2º e 3º, regulava e especificava o que se considerava por *florestas e demais formas de vegetação natural* a serem protegidas.

Em verdade, mesmo com a concepção que já se iniciava, de um bem socioambiental, as previsões advindas com o Código de 1965 buscavam, também, proteger a propriedade em si, considerando-se a necessidade de preservação do solo, da vegetação, da segurança das encostas, da qualidade da flora e dos recursos hídricos, principalmente das nascentes da propriedade; enfim, a preservação principal dos ecossistemas locais.

Na mesma linha já se podia conferir a exposição de motivos do Código de 1965, de Armando Monteiro Filho, então Ministro da Agricultura, que comentou acerca das inovações em relação ao Código anterior (Decreto n. 23793/34). Citou o Ministro as formas de vegetação que não podiam ser removidas, informou que se aboliram as “diferentes categorias de florestas, subjetivamente estabelecidas e que, inclusive, não constam de nenhuma outra legislação estrangeira, servindo apenas para dificultar o conhecimento do Código Florestal para o povo. O presente anteprojeto disciplina as florestas que não podem ser removidas, seja por sua função hidrogeológica ou antierosiva, seja como fonte de abastecimento de madeira. Nada mais. Nenhuma classificação”<sup>3</sup>.

Deve-se anotar, portanto, que desde a década de 20, quando já se iniciava o germe de uma consciência preservacionista em alguns meios científicos e intelectuais do País, produziu-se o conhecimento disponível na época em que surgiu o Código Florestal de 1934. Assim, o Decreto já previa, também, a necessidade de proteger as florestas consideradas de “interesse a todos os habitantes do País”. Até permanecem os valores que visam preservar os solos, os recursos hídricos e a biodiversidade, que teve sua conceituação científica mais solidificada e reconhecida em tempos recentes.

O termo *preservação permanente* tem sua razão de ser no sentido de que se

---

<sup>3</sup> A exposição de Motivos da Lei Federal n. 4.771/65, pode ser conferida em: <http://codigoflorestal.files.wordpress.com/2010/02/exposicao-de-motivos-do-codigo-florestal-de-1965.pdf>. Acesso em: 08-07-2013.

diferenciam os conceitos de conservação e preservação. A conservação da natureza está ligada ao uso racional dos recursos naturais, bem como a manutenção necessária das condições ao equilíbrio ecossistêmico de uma forma ampla. A noção de preservação, como espécie do gênero conservação, está caracterizada pela prevenção específica e pela atuação necessária para a manutenção integral de um meio natural em suas características cientificamente ideais e originais.

Já tivemos oportunidade de escrever:

### **A QUESTÃO AMBIENTAL – UMA NECESSÁRIA DIGRESSÃO HISTÓRICA**

A sociedade mundial e a própria população brasileira, até a edição do Relatório *Brundtland*<sup>4</sup>, nunca deram muita atenção à temática ambiental.

Havia um sentimento generalizado de que os recursos ambientais eram infinitos.

Em 1962, Rachel Carson já chamava a atenção para o tema.

Segundo Matias:

“A consciência coletiva de que estamos afetando o planeta de forma praticamente irreversível, e que isso terá consequências sérias para a humanidade, é algo que vem se formando pouco a pouco, nas últimas décadas”.

Em 1962, a Bióloga marinha e Zoóloga estadunidense Rachel Carson publicou o livro *Primavera Silenciosa (Silent Spring)*, que falava da contaminação do ar, do solo, dos rios e dos oceanos com produtos químicos, denunciando, especificamente, o uso de pesticidas – em particular o DDT (Dicloro-Difenil-Tricloroetano). Essa obra é considerada um dos principais precursores do movimento ecologista. Já, naquela época, era possível afirmar que a história da vida na Terra tem sido a de interação entre seres vivos e aquilo que os cerca, e que, considerando todo esse tempo, o período em que os seres vivos foram de fato capazes de modificar o que existe ao seu redor foi relativamente ínfimo. Porém, no século XX, uma espécie – a humana – “adquiriu um

---

<sup>4</sup> Disponível em: <<http://www.un.org/documents/ga/res/42/ares42-187.htm>>. Acesso em: 04 nov. 2014.

poder significativo para alterar a natureza de seu mundo” (BLOCKSOM, 2003; MATIAS, 2014).

Passados dez anos – o fato deu-se em 1972 –, ocorreu a histórica Conferência de Estocolmo, e a discussão ambiental ganhou notoriedade.

No Brasil, a questão ambiental tomou força com o advento da Lei Federal n. 6938, de 31 de agosto de 1981, que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente e seus fins e mecanismos de formulação e de aplicação.

O ápice da discussão redundou na inovação da Constituição Federal de 1988, que trouxe dispositivo inédito sobre o tema – o artigo 225:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

§ 1º - Para assegurar a efetividade desse direito, incumbe ao Poder Público:

I - preservar e restaurar os processos ecológicos essenciais e prover o manejo ecológico das espécies e ecossistemas;

II - preservar a diversidade e a integridade do patrimônio genético do País e fiscalizar as entidades dedicadas à pesquisa e manipulação de material genético;

III - definir, em todas as unidades da Federação, espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos, sendo a alteração e a supressão permitidas somente através de lei, vedada qualquer utilização que comprometa a integridade dos atributos que justifiquem sua proteção;

IV - exigir, na forma da lei, para instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade;

V - controlar a produção, a comercialização e o emprego de técnicas, métodos e substâncias que comportem risco para a vida, a qualidade de vida e o meio ambiente;

VI - promover a educação ambiental em todos os níveis de ensino e a conscientização pública para a preservação do meio ambiente;

VII - proteger a fauna e a flora, vedadas, na forma da lei, as práticas que coloquem em risco sua função ecológica, provoquem a extinção de espécies ou submetam os animais a crueldade.

§ 2º - Aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei.

§ 3º - As condutas e atividades consideradas lesivas ao meio ambiente sujeitarão os infratores, pessoas físicas ou jurídicas, a sanções penais e administrativas, independentemente da obrigação de reparar os danos causados.

§ 4º - A Floresta Amazônica brasileira, a Mata Atlântica, a Serra do Mar, o Pantanal Mato-Grossense e a Zona Costeira são patrimônio nacional, e sua utilização far-se-á, na forma da lei, dentro de condições que assegurem a preservação do meio ambiente, inclusive quanto ao uso dos recursos naturais.

§ 5º - São indisponíveis as terras devolutas ou arrecadadas pelos Estados, por ações discriminatórias, necessárias à proteção dos ecossistemas naturais.

§ 6º - As usinas que operem com reator nuclear deverão ter sua localização definida em lei federal, sem o que não poderão ser instaladas (BRASIL, 1988).

A inserção do meio ambiente na Carta da República de 1988 trouxe à tona a discussão sobre a natureza do direito positivado no artigo 225.

Hoje, é pacífico o entendimento de que o artigo 225 da Constituição Federal de 1988, embora não inserido diretamente no rol do artigo 5º do mesmo diploma, indubitavelmente possui natureza jurídica de direito fundamental.

O Egrégio Supremo Tribunal Federal já se pronunciou, nos idos de 1995, fazendo notar que o meio ambiente é direito fundamental quando o Ministro Celso de Mello, ao relatar o Mandado de Segurança envolvendo desapropriação de imóvel rural

para fins de reforma agrária, já advertia:

“O direito à integridade do meio ambiente - típico direito de terceira geração - constitui prerrogativa jurídica de titularidade coletiva, refletindo, dentro do processo de afirmação dos direitos humanos, a expressão significativa de um poder atribuído, não ao indivíduo identificado em sua singularidade, mas num sentido verdadeiramente mais abrangente, à própria coletividade social. Enquanto os direitos de primeira geração (civis e políticos) – que compreendem as liberdades clássicas, negativas ou formais – realçam o princípio da liberdade e os direitos de segunda geração (direitos econômicos, sociais e culturais) – que se identificam com as liberdades positivas, reais ou concretas – acentuam o princípio da igualdade, os direitos de terceira geração, que materializam poderes de titularidade coletiva atribuídos genericamente a todas as formações sociais, consagram o princípio da solidariedade e constituem um momento importante no processo de desenvolvimento, expansão e reconhecimento dos direitos humanos, caracterizados, enquanto valores fundamentais indisponíveis, pela nota de uma essencial inexauribilidade” (BRASIL, 1995, p. 39.206).

A doutrina perfila o mesmo entendimento. Milaré acentua:

“A par dos direitos e deveres individuais e coletivos elencados no art. 5.º, elencou o legislador constituinte, no *caput* do art. 225, um novo direito fundamental da pessoa humana, direcionado ao desfrute de condições de vida adequada em um ambiente saudável ou, na dicção da lei, ecologicamente equilibrada” (MILARÉ, 2000, p. 95).

Destarte, tratando-se de direito fundamental, o processo legislativo que redundou na Lei Federal n. 12651/12, deve ser avaliado à luz do texto constitucional e do plexo de princípios que dele se extraem.

Os conceitos legais de área de preservação permanente, já positivados na revogada Lei Federal n. 4771/65 e reproduzidos na novel legislação (Lei Federal n. 12651/12), não foram criados pelo legislador. O que houve foi uma apropriação do conhecimento técnico e científico para a definição normativa daquele ecossistema realizada pelo Legislador. Oportuno torna-se pontuar que, em 1965, data da publicação

da revogada lei florestal, sequer existia o Ministério de Meio Ambiente, e a temática ambiental era absolutamente incipiente, ensejando que a Lei Federal n. 4771/65 fosse gestada e criada no âmbito do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

A revogada Lei Federal n. 4771/65 definia:

“Área de preservação permanente: área protegida nos termos dos arts. 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”<sup>5</sup> (BRASIL, 1965).

A atual Lei Federal n. 12651/12 conceitua:

“Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas”.<sup>6</sup>

A singela e empírica comparação entre os textos legais de 1965 e 2012, afora ínfimas modificações na redação, deixa evidente que os conceitos são os mesmos. Ou seja, as áreas de preservação permanente têm por finalidade a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

Assim, não há dúvida de que os conceitos normativos decorreram da apropriação legislativa das definições científicas e técnicas sobre os ecossistemas citados.

Ora, se assim o é desde 1965, obviamente se deduz que a Ciência e a Academia, em todo esse interstício, não conseguiram desenvolver outras conceituações

---

<sup>5</sup> Artigo 1º, §2º, inciso II.

<sup>6</sup> Artigo 3º, inciso II.

ou definições pela simples razão de que os ecossistemas e os denominados serviços ecossistêmicos não alteram sua natureza e suas características!

A Lei Federal n. 12651/12, ignorando solenemente as observações científicas e acadêmicas, criou uma série de situações que diminuem e até eliminam a natureza e as características das áreas de preservação permanente, prejudicando os serviços ecossistêmicos e suas funções ecológicas.<sup>7</sup>

Conforme Relatório Técnico do Grupo de Atuação Especial de Defesa do Meio Ambiente – GAEMA, do Ministério Público de São Paulo, elaborado com o auxílio de instituições científicas como Escola Superior e Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo e Universidade de Campinas - UNICAMP, *“Função ecológica é a operação pela qual os elementos bióticos e abióticos que compõem determinado meio contribuem, em sua interação, para a manutenção do equilíbrio ecológico e para a sustentabilidade dos processos evolutivos”*.

Dentre as inúmeras funções ecológicas das áreas de preservação permanente, podemos citar:

**funções bióticas:**

- preservação do patrimônio genético e do fluxo gênico de fauna e flora típicas das áreas ripárias, de encosta, de topo de morro e alagados;
- abrigo, conservação e proteção das espécies da flora e da fauna nativas adaptadas às condições microclimáticas ripárias, de encosta, de topo de morro, de alagados;
- abrigo de agentes polinizadores, dispersores de sementes e inimigos naturais de pragas, responsáveis pela produção e reprodução das espécies nativas;

---

<sup>7</sup> Sobre o tema, o artigo “O Código Florestal e a Ciência: contribuições para o diálogo”. Disponível em: <[http://www.sbpcnet.org.br/site/publicacoes/outras-publicacoes/CodigoFlorestal\\_\\_2aed.pdf](http://www.sbpcnet.org.br/site/publicacoes/outras-publicacoes/CodigoFlorestal__2aed.pdf)>. Acesso em: 14 nov. 2014.

- assegurar de circulação contínua para a fauna (corredor de fauna);
- provisão de alimentos para a fauna aquática e silvestre.

**funções hídricas:**

- assegurar da perenidade das fontes e nascentes mediante o armazenamento de águas pluviais no perfil do solo;
- assegurar do armazenamento de água na microbacia ao longo da zona ripária, contribuindo para o aumento da vazão na estação seca do ano;
- promoção e redução das vazões máximas (ou críticas) dos cursos d'água, mediante o armazenamento das águas pluviais, contribuindo para a diminuição das enchentes e inundações nas cidades e no campo;
- filtragem das águas do lençol freático delas retirando o excesso de nitratos, fosfatos e outras moléculas advindas dos campos agrícolas;
- armazenagem e estocagem de água nos reservatórios subterrâneos ou aquíferos.

**funções edáficas:**

- promoção da estabilização das ribanceiras dos cursos d'água pelo desenvolvimento de um emaranhado sistema radicular nas margens, reduzindo as perdas de solo e o assoreamento dos mananciais;
- contribuição para a redução dos processos erosivos e do carreamento de partículas e sais minerais para os corpos d'água.

**funções climáticas:**

- amenização dos efeitos adversos de eventos climáticos extremos, tanto no campo como nas cidades;
- contribuição para a estabilização térmica dos pequenos cursos d'água ao absorver e interceptar a radiação solar;
- contribuição para a redução da ocorrência de extremos climáticos, como as altas temperaturas, mediante a interceptação de parte da radiação solar e, com isso, reduzindo os efeitos das “ilhas de calor” (aumento localizado da temperatura devido à exposição da superfície do solo);
- contribuição para a redução do “efeito estufa” mediante o sequestro e fixação de carbono, uma vez que os solos das florestas nativas abrigam uma microflora muito abundante e diversificada, constituída basicamente por compostos carbônicos.

**funções sanitárias:**

- interceptação de parte expressiva do material particulado carregado pelos ventos, melhorando as condições fitossanitárias das culturas nas áreas rurais e a qualidade do ar nas áreas urbanas e rurais.

**funções estéticas:**

- o melhoramento da composição da paisagem e da beleza cênica (GAEMA, 2012).

Ao cumprir essas funções ecológicas, as áreas de preservação permanente também prestam serviços ecossistêmicos, dos quais podem-se destacar, exemplificativamente, os seguintes:

- fixação e fornecimento de nutrientes;
- absorção de gás carbônico (estoque de carbono);
- manutenção das características da paisagem, em seus aspectos estéticos e cênicos, por meio da preservação do

mosaico de ecossistemas integrados;

- manutenção de banco de germoplasma de espécies típicas de ambientes ripários e de áreas úmidas;
- polinização: abrigo para agentes polinizadores (como insetos, pássaros e morcegos);
- controle de pragas agrícolas: abrigo para grande variedade de insetos, aracnídeos, pássaros, répteis e anfíbios que atuam como predadores de pragas agrícolas;
- controle biológico de doenças: abrigo para uma extensa gama de espécies de microorganismos saprófitas, parasitas, comensais ou simbiontes (bactérias, fungos e vírus) que podem atuar como antagonistas ou hiperparasitas de micro-organismos fitopatogênicos (fungos, bactérias e vírus), provendo o controle biológico de doenças das plantas cultivadas;
- melhora da produção agrícola, em decorrência da ação de agentes polinizadores, dispersores de sementes e inimigos naturais de pragas que nelas habitam e encontram abrigo;
- melhora da qualidade dos produtos agrícolas, com redução do emprego de agrotóxicos, em decorrência da ação de agentes polinizadores, dispersores de sementes e inimigos naturais de pragas que nelas habitam e encontram abrigo (GAEMA, 2012).

Em rigorosa revisão dos estudos científicos produzidos sobre esse tema, o Professor Doutor Jean Paul Metzger, da Universidade de São Paulo – USP, verificou que a função ecológica mais exigente deve servir de parâmetro para a fixação da largura mínima das áreas de preservação permanentes ripárias. Dentre as múltiplas funções, a conservação da biodiversidade é aquela que reclama maior extensão, porque, segundo esse pesquisador:

“Em termos biológicos, os corredores são reconhecidos como elementos que

facilitam o fluxo de indivíduos ao longo da paisagem. Em paisagens fragmentadas, quando o hábitat se encontra disperso em inúmeros fragmentos, isolando e reduzindo o tamanho das populações nativas, a sobrevivência das espécies depende de suas habilidades de se deslocarem na paisagem”. Nestas condições, os corredores podem ter papel capital, pois muitas espécies não conseguem usar ou cruzar áreas abertas criadas pelo homem, nem quando se trata de áreas muito estreitas como estradas (DEVELEY; STOUFFER, 2001), e a existência de uma continuidade na cobertura vegetal original é essencial.

Dentre os benefícios dos corredores, já comprovados por pesquisas no Brasil, estão o aumento da diversidade genética (VIEIRA; CARVALHO, 2008), o aumento da conectividade da paisagem, possibilitando o uso de vários pequenos fragmentos remanescentes de hábitat, que isoladamente não sustentariam as populações (AWADE; METZGER, 2008; BOSCOLO et al., 2008; MARTENSEN et al., 2008), e o potencial de amenizar os impactos de mudanças climáticas, numa escala temporal mais ampla (MARINI; GARCIA, 2005; METZGER et al., 2010).

Ao estimarem a largura mínima das áreas de preservação permanente, os estudos levaram em conta, também, a capacidade de persistência da biodiversidade diante das perturbações que ocorrem nas bordas desse hábitat (efeitos de borda).

Diante do quadro posto pela ciência, Metzger concluiu que:

“O conhecimento científico obtido nestes últimos anos permite não apenas sustentar os valores indicados no Código Florestal de 1965 em relação à extensão das Áreas de Preservação Permanente, mas na realidade indicam a necessidade de expansão destes valores para limiares mínimos de pelo menos 100 m (50 m de cada lado do rio), independentemente do bioma, do grupo taxonômico, do solo ou do tipo de topografia” (METZGER et al., 2010).

Não se pode perder de vista que as funções hídricas e edáficas das áreas de preservação permanente exigem, muitas vezes, proteção ciliar em faixa superior a 50 metros, pois as zonas ripárias não ocorrem linearmente na natureza, variando de

acordo com sua conformação geológica e sua sensibilidade hídrica.

O professor doutor Paulo Yoshio Kageyama (GAEMA, 2012), da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, da Universidade de São Paulo – ESALQ-USP, levando em consideração a necessidade de restauração das áreas de preservação permanente, afirma que, em faixas inferiores a trinta metros, não há viabilidade técnica para a criação de estruturas florestais, pois nelas só se desenvolvem espécies pioneiras.<sup>8</sup>

A Professora Doutora Vera Lex Engel, da Universidade Estadual Paulista – UNESP, frisa que área de preservação permanente com faixa inferior a 30 metros acarreta:

- redução do número de espécies com a perda da sustentabilidade das matas protetoras (comunidades instáveis);
- intensificação do efeito de borda;
- invasão de gramíneas exóticas;
- maior suscetibilidade ao fogo;
- perda da função de tamponamento (capacidade de segurar os nutrientes e contaminantes);
- perda da função de barreira física para o assoreamento;
- perda da capacidade de regulação do ciclo hidrológico (maior risco de enchentes no período das águas e de esgotamento de rios no período das secas);
- perda de habitat para espécies que servem como controladores de pragas;
- perda de habitat para espécies polinizadoras (GAEMA, 2012).

---

<sup>8</sup> A Agência Nacional das Águas – ANA – órgão do governo federal chegou à mesma conclusão e editou a Nota Técnica 12, de 09 de maio de 2012, na qual assevera que as áreas de preservação permanente devem ter no mínimo 30 (trinta) metros. Disponível em: <[http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20120509\\_NT\\_n\\_012-2012-CodigoFlorestal.pdf](http://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20120509_NT_n_012-2012-CodigoFlorestal.pdf)>. Acesso em: 14 nov. 2014.

Ora, diante da vasta comprovação científica no sentido de que as áreas de preservação permanente devem ter no mínimo 50 (cinquenta) metros de cada lado do curso d'água, contados do maior leito sazonal para que ocorram nos dois casos os denominados serviços ecológicos, como pode o legislador federal fechar os olhos para tal realidade? A resposta parece-nos que decorre de estrabismo, pois mesmo olhando não se quis enxergar e optou-se pelo caminho mais fácil, qual seja, a desproteção do meio ambiente.

Ao se fazer uma pequena comparação entre a lei revogada e a nova legislação, somente no que tange às denominadas áreas protegidas (área de preservação permanente), constata-se:

I – A faixa de APP às margens dos cursos d'água passa a ser medida a partir da borda da calha do leito regular e não do seu nível mais alto (art. 4º, I);

II – A APP no entorno dos reservatórios d'água artificiais será definida na licença ambiental e dispensada se o reservatório tiver menos de 01 hectare (art. 4º, III e §4º);

III - A proteção dos topos de morro e montes só existirá se tiver altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25º(art. 4º, IX);

IV - Permite intervenção em áreas de várzea e de nascentes intermitentes (art. 4º, IV);

V - Permite a “consolidação” de intervenções em APP desde que: na zona rural, sejam atividades agrossilvipastoris e de turismo anteriores a 22 de julho de 2008 (art. 61-A) e na zona urbana, desde que sejam assentamentos anteriores a 31 de dezembro de 2007 (arts. 64 e 65);

VI – Nos casos do item anterior, a reparação do dano fica mitigada: na zona rural (art. 61-A): 1 módulo fiscal = recupera 5 m; 1 a 2 módulos fiscais = recupera 8 m; 2 a 4 módulos fiscais = recupera 15 m; 4 ou mais módulos fiscais = 15 m p/ cursos d'água de até 15 m ou metade da largura do curso d'água nos demais (mínimo 20 m – máximo 100 m). Na zona urbana “ao longo dos rios ou de qualquer curso d'água, será mantida faixa não edificável de 15 m” (art. 65 §2º);

VII - Permite cômputo de APP no percentual de Reserva Legal (art. 15).

Diante desse quadro fático e científico, não se exige muito esforço para se aferir o grande retrocesso socioambiental que a nova legislação traz a todos os Biomas.

O retrocesso não se limita ao campo fático e da ciência, mas avança sobre o texto constitucional e toda sua gama de princípios.

### **2.3 Política de Uso do Solo**

O uso do solo ou, mais propriamente dito, uma política de uso do solo, não está claramente definida no Brasil.

Rodrigo Hermeto Corrêa Dolabella (DOLABELLA, 2014) assevera: A legislação brasileira sobre uso e conservação de solos agrícolas encontra-se dispersa em diversas leis ordinárias e decretos regulamentadores. Na década de 70, período em que a agricultura se intensificou e a mecanização se disseminou no campo, a erosão dos solos agrícolas tornou-se um enorme problema (notadamente nos estados do Sul do País).

Naquela ocasião, a linha de ação do Governo foi tipicamente de “comando e controle”, ou seja, instituiu-se lei federal determinando que o Ministério da Agricultura faça a discriminação das áreas aptas ao cultivo desde que previamente fossem executados os planos de proteção do solo e de combate à erosão, definidos pelo governo. Com a redemocratização do País, foi sancionada a Lei de Política Agrícola do ano de 1991, na qual se encontram dispositivos que estabelecem ações a serem implementadas pelo Poder Público. Ademais, estabeleceu-se a responsabilidade compartilhada entre agricultores e Poder Público na fiscalização e no uso racional dos recursos naturais. Nos anos 2000, a política para o setor passou a ser pautada por programas e projetos que incentivam, principalmente por intermédio do crédito rural com juros favorecidos, o emprego de técnicas agronômicas apropriadas ao uso sustentável e à conservação dos solos agrícolas.

Passamos a detalhar, por ordem cronológica, as principais normas legais que tratam do tema.

**A Lei n. 6.225, de 1975**, dispõe sobre a discriminação, pelo Ministério da Agricultura, de regiões para execução obrigatória de planos de proteção ao solo e de combate à erosão. Embora ainda em vigor, essa lei não foi implantada em sua plenitude e atualmente pode-se considerá-la norma morta em nosso sistema jurídico. Pela Lei, o Ministério da Agricultura teria a atribuição de discriminar regiões cujas terras somente poderiam ser cultivadas, ou por quaisquer formas exploradas economicamente, mediante prévia execução de planos de proteção ao solo e de combate à erosão. Os agricultores cujas áreas estivessem inseridas nas regiões discriminadas só poderiam contratar o crédito rural se apresentassem o certificado comprobatório de execução dos planos de proteção do solo e combate à erosão. Ademais, a Lei estabeleceu competência ao extinto Departamento Nacional de Engenharia Rural (DNGE), do Ministério da Agricultura, através de sua Divisão de Conservação do Solo e da Água (DICOSA), para promover, supervisionar e orientar a política nacional de conservação do solo.

**O Decreto n. 77.775, de 1976**, que regulamenta a Lei n. 6.225, de 1975, determina, entre outros aspectos, que os proprietários que explorem diretamente as terras localizadas nas regiões discriminadas terão o prazo de 6 (seis) meses para dar início aos trabalhos de proteção ao solo e de combate à erosão, e de 2 (dois) anos para concluí-los, contados da data em que a discriminação for estabelecida pelo Ministério da Agricultura. Além disso, os proprietários ou arrendatários rurais, localizados nas regiões discriminadas pelo Ministério da Agricultura, são obrigados a cumprir as seguintes exigências:

I – escolher área para determinada cultura, de conformidade com a sua capacidade de uso e as adequações locais;

II – usar práticas conservacionistas, recomendadas oficialmente, segundo critérios definidos nos planos de proteção ao solo e de combate à erosão;

III – submeter-se à orientação técnica de Engenheiro-Agrônomo, devidamente credenciado pelo Ministério da Agricultura.

Como se observa, aos agricultores foi imposta a obrigação de adotar as recomendações oficiais de práticas conservacionistas para o uso dos solos agrícolas e de submeterem-se à orientação técnica de profissional credenciado pelo Ministério da Agricultura.

A **Lei n. 8.171, de 1991**, conhecida como Lei de Política Agrícola, trata direta ou indiretamente do tema conservação do solo em diversos dispositivos. Inicialmente, inclui-se entre os objetivos da Política Agrícola (art. 3º, IV) a proteção ao meio ambiente nos seguintes termos: “proteger o meio ambiente, garantir o seu uso racional e estimular a recuperação dos recursos naturais”.

Mais adiante, no Capítulo VI, referente à proteção ao meio ambiente e à conservação dos recursos naturais, a Lei Agrícola assim estabelece as obrigações ao Poder Público:

Art. 19. O Poder Público deverá:

I - integrar, a nível de Governo Federal, os Estados, o Distrito Federal, os Territórios, os Municípios e as comunidades na preservação do meio ambiente e conservação dos recursos naturais;

II - disciplinar e fiscalizar o uso racional do solo, da água, da fauna e da flora;

III - realizar zoneamentos agroecológicos que permitam estabelecer critérios para o disciplinamento e o ordenamento da ocupação espacial pelas diversas atividades produtivas, bem como para a instalação de novas hidrelétricas;

IV - promover e/ou estimular a recuperação das áreas em processo de desertificação;

V - desenvolver programas de educação ambiental, a nível formal e informal, dirigidos à população;

VI - fomentar a produção de sementes e mudas de essências nativas;

VII - coordenar programas de estímulo e incentivo à preservação das nascentes dos cursos d'água e do meio ambiente, bem como o aproveitamento de dejetos animais para conversão em fertilizantes.

Parágrafo único. A fiscalização e o uso racional dos recursos naturais do meio ambiente é também de responsabilidade dos proprietários de direito, dos beneficiários da reforma agrária e dos ocupantes temporários dos imóveis rurais.

Art. 20. As bacias hidrográficas constituem-se em unidades básicas de planejamento do uso, da conservação e da recuperação dos recursos naturais.

.....

Art. 22. A prestação de serviços e aplicações de recursos pelo Poder Público em atividades agrícolas devem ter por premissa básica o uso tecnicamente indicado, o manejo racional dos recursos naturais e a preservação do meio ambiente.

.....

Art. 26. A proteção do meio ambiente e dos recursos naturais terá programas plurianuais e planos operativos anuais elaborados pelos órgãos competentes, mantidos ou não pelo Poder Público, sob a coordenação da União e das Unidades da Federação.

No Capítulo VIII, referente à informação agrícola, assim diz o art. 30:

Art. 30. O Ministério da Agricultura e Reforma Agrária (Mara), integrado com os Estados, o Distrito Federal, os Territórios e os Municípios, manterá um sistema de informação agrícola ampla para divulgação de:

.....

V - cadastro, cartografia e solo das propriedades rurais.

Ao passo que, no que concerne ao crédito rural (Capítulo XIII), o incentivo à conservação do solo é assim mencionado:

Art. 48. O crédito rural, instrumento de financiamento da atividade rural, será suprido por todos os agentes financeiros sem discriminação entre eles, mediante

aplicação compulsória, recursos próprios livres, dotações das operações oficiais de crédito, fundos e quaisquer outros recursos, com os seguintes objetivos:

.....

III - incentivar a introdução de métodos racionais no sistema de produção, visando ao aumento da produtividade, à melhoria do padrão de vida das populações rurais e à adequada conservação do solo e preservação do meio ambiente;

Quanto à mecanização agrícola (Capítulo XXII):

Art. 96. Compete ao Poder Público implementar um conjunto de ações no âmbito da mecanização agrícola, para que, com recursos humanos, materiais e financeiros, alcance:

.....

VI - divulgar e estimular as práticas de mecanização que promovam a conservação do solo e do meio ambiente.

Por derradeiro, nas disposições finais da Lei de Política Agrícola, o art. 102 refere-se ao solo agrícola nos seguintes termos:

Art. 102. O solo deve ser respeitado como patrimônio natural do País.

Parágrafo único. A erosão dos solos deve ser combatida pelo Poder Público e pelos proprietários rurais.

Além das leis que tratam com especificidade e abrangência a questão do uso sustentável e da conservação dos solos agrícolas, vale citar outros diplomas que apenas tangenciam o tema ou o abarcam de forma indireta, quais sejam:

- Lei n.10.831/2003 – Lei da Agricultura Orgânica;
- Lei n. 12.389/2011 – Institui o Dia Nacional do Calcário Agrícola;
- Decreto n. 6.323/2007 – Regulamenta a agricultura orgânica;
- Decreto n. 7.048-09 – Altera regulamento da agricultura orgânica;
- Decreto n. 7.794-12 – Política Nacional de Agroecologia e Produção Orgânica”.

A mesma conclusão chegou o Tribunal de Contas da União – TCU, no bojo do Acórdão 1.942/2015 – Plenário, relatado pelo ministro Walton Alencar Rodrigues: A auditoria operacional e na governança de solos em áreas não urbanas, há no Brasil grande quantidade de legislações sobre o tema e vasta gama de instituições governamentais dispersas sem clara delimitação de funções. Os recursos do solo e da água são tratados em legislações distintas e não integradas. A confiabilidade limitada das informações dificulta o uso desses dados para políticas públicas ligadas à conservação do solo e da água, e pouco conhecimento se tem quanto à ocupação do território e à capacidade de uso destes solos. Assim, ocorre a necessidade de monitoramento e avaliação consistente para se definir, claramente, as recomendações e as determinações no que tange à melhoria dos ecossistemas no viés da sustentabilidade.

Essa indefinição legislativa ou a pouca vontade política de aplicar os preceitos legais que visam a implementar uma política de uso do solo sustentável, leva a esse cenário uma insegurança jurídica e um abandono da boa ciência na definição de parâmetros técnicos.

Os ecossistemas devem ser tratados à luz do conceito de resiliência. Vale dizer, de forma coloquial, que a lei não altera a essência das coisas; também, a simples produção legislativa que não respeita a capacidade de se autorrecuperar de um ecossistema é inócua e irá comprometer o bem ambiental, trazendo não só prejuízo ambiental, como de forma mais aguda, prejuízos econômicos e sociais.

## **2.4 Solo**

O solo é um recurso natural renovável que desempenha um papel fundamental no desenvolvimento da sociedade. É caracterizado como material mineral ou orgânico inconsolidado, que está presente na superfície terrestre, e apresenta em sua composição os nutrientes essenciais, os quais servem como meio natural no qual

ocorre o surgimento, crescimento e o desenvolvimento de plantas, segundo condições específicas do ambiente. No entanto, o solo é um elemento complexo, variável em conformidade com alguns fatores (IBGE, 2017).

Entender como a distribuição espacial dos atributos físicos e químicos dos solos funciona é importante para o estabelecimento de práticas de manejo adequadas, não somente à otimização da produtividade agrícola, mas também para a minimização de possíveis danos ambientais (McBRATNEY; PRINGLE, 1999).

O estudo da variabilidade espacial de atributos físicos e químicos do solo e o uso de técnicas de sistema de informação geográfica são importantes na compreensão da dinâmica dos solos, podendo ser fundamental no auxílio à tomada de decisões que visem maior longevidade e melhor gestão dos recursos naturais. A análise da variabilidade do solo indica o comportamento na área de estudo dos elementos que compõem o solo e fornece uma visão da dinâmica deste ambiente. A partir da análise pode-se inferir em alternativas de manejo, não só para reduzir os efeitos da variabilidade do solo sobre a produção das culturas (TRANGMAR et al., 1985), como também para aumentar a possibilidade de estimar respostas da cobertura vegetal sob determinadas práticas de manejo.

A variabilidade espacial dos atributos dos solos não tem sido devidamente tomada em consideração nos processos de análise do meio. Um maior conhecimento da variabilidade espacial dos atributos físicos e químicos do solo, bem como o estudo desta variabilidade com o passar dos anos (variabilidade temporal), vem somar com o conhecimento já existente sobre o assunto. Esta análise, ao ser devidamente disponibilizada aos gestores e tomadores de decisão em mapas temáticos, pode viabilizar uma visão geral do comportamento das variáveis do solo e aprimorar a compreensão deste importante recurso natural (MERCANTE et al., 2003).

As análises do comportamento das variáveis do solo baseiam-se na teoria das variáveis regionalizadas, em que medidas mais próximas tendem a serem mais parecidas do que valores observados em locais mais distantes. Com o auxílio do sistema de informação geográfica, a estrutura espacial dos atributos físicos e químicos

do solo vem sendo intensamente estudada e modelada, permitindo sua visualização espacial. Usualmente, o interesse da análise não se limita à obtenção de um modelo de seus parâmetros, desejando-se também prever valores em outros pontos não amostrados, sobretudo de atributos que sofrem influência do manejo, caso da matéria orgânica e da densidade do solo (VIEIRA, 2000).

O interesse pode concentrar-se em um ou mais pontos específicos da área ou na obtenção de uma malha de pontos interpolados, de modo a permitir a visualização do comportamento da variável na região, o que é obtido empregando-se a interpolação. Segundo Vieira (2000) este, interpolador pondera os vizinhos do ponto a ser estimado, obedecendo aos critérios de não serem tendenciosos e conterem mínima variância. As alterações às propriedades de um solo podem ser oriundas de diversos fatores e as características de um solo se alteram. Assim, é necessário o estudo e a identificação clara de quais os atributos do solo estão sendo alterados nos ecossistemas para propor práticas de manejo ambiental.

## **2.5 Recurso Hídrico**

Para Branco (1991) a expressão 'qualidade da água' não se refere a um grau de pureza absoluto ou mesmo próximo do absoluto, mas sim, a um padrão tão próximo quanto o possível do 'natural', isto é, tal como se encontra nas nascentes, antes do contato com o homem. Além disso, há um grau de pureza desejável, o qual depende de seu uso, que inclui abastecimento, irrigação, industrial, pesca, entre outros.

Para Lima e Zakia (1998), a qualidade da água refere-se a uma série de atributos físicos, químicos, biológicos e radiológicos que exerce influência direta na integridade da bacia hidrográfica que, por sua vez, está ligada a fatores de ordem natural e antrópica que devem ser observados conjuntamente. A integridade da microbacia envolve não só as práticas de conservação do solo, como também a preservação de

matas ciliares, a preservação de compactação do solo, a manutenção da biodiversidade e a construção adequada de estradas e o desenvolvimento urbano adequado.

Na bacia hidrográfica, a rede de drenagem encontra-se nas partes mais baixas do terreno, local de acúmulo de água e conseqüente formação de um curso de água natural que percorre certo caminho até desaguar em outro rio, lago ou mesmo no mar. A água das nascentes é oriunda dos afloramentos do lençol freático, isto é, das águas subterrâneas que são expelidas ou afloram para a superfície; desse modo, vão acumulando-se e formam um olho-d'água. Esse processo possibilita o surgimento de um filete e, em razão das irregularidades do solo (vertentes) e dos fundos dos vales (talvegues), começa a escoar suas águas por um extenso percurso até atingir e adquirir a condição de um riacho, depois vai encorpendo e torna-se um córrego, e, um regato ou um rio (PISSARRA, 1998; VALLE JUNIOR et al., 2008).

A água na forma líquida pura não se encontra na natureza, pois está em contato com os gases atmosféricos. Assim, para identificar a qualidade da água, são necessários indicadores físicos, químicos e biológicos. Dentre os indicadores de qualidade, destacam-se a temperatura – T – ( $C^{\circ}$ ); potencial hidrogeniônico – pH; ORP (*oxidation-reduction potential*) - Potencial de Oxidação-Redução (mV); condutividade (mS/cm); turbidez (NTU); Oxigênio Dissolvido (mg/L); DO (%); e TDS (g/L).

### **2.5.1 Temperatura**

A temperatura superficial é influenciada por fatores tais como latitude, altitude, estação do ano, período do dia, taxa de fluxo e profundidade, e na concentração de outras variáveis, como oxigênio dissolvido e matéria orgânica, segundo Porto et al. (1991). A elevação da temperatura em um corpo d'água geralmente é provocada por despejos industriais (indústrias canavieiras, por exemplo), usinas termoelétricas e pelo desmatamento dos leitos de rios e nascentes (TUNDISI;TUNDISI, 2010).

A temperatura desempenha um papel crucial no meio aquático, condicionando as influências de uma série de variáveis físico-químicas. Em geral, à medida que a temperatura aumenta, de 0 a 30°C, viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização diminuem, enquanto a condutividade térmica e a pressão de vapor aumentam (CETESB, 2017). Segundo Magini e Chagas (2003) locais mais quentes tendem a um maior poder de diluição do oxigênio dissolvido, permitindo valores mais altos, já em locais mais frios, a diluição tende a ser menor, permitindo um maior acúmulo de O<sub>2</sub> em gás, e a temperatura também pode influenciar nos valores de pH, liberando mais ou menos H<sup>+</sup> e OH<sup>-</sup> ao meio.

As variações de temperatura ocorreram de forma natural, e isto pode ter sido ocasionado pelas variações do clima.

### **2.5.2 pH (Potencial Hidrogeniônico)**

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos naturais dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies, podendo, em determinadas condições de pH, contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos, como metais pesados; outras condições podem exercer efeitos sobre as solubilidades de nutrientes. Normalmente, a condição de pH que corresponde à formação de um ecossistema mais diversificado e a um tratamento mais estável é a de neutralidade, tanto em meios aeróbios como nos anaeróbios (CETESB, 2009). Valores de pH obtidos para os tratamentos de mata e recursos naturais são em sua maioria, considerados baixos, e este fato pode ser devido a íons de hidrogênio desprendidos durante a dissociação dos ácidos carbônicos, que geram baixos valores de pH (ZANATA, 2009).

A variação do pH está ligada pela ação antropogênica através dos despejos domésticos e industriais, e a ação natural, como, por exemplo, a fotossíntese, a

dissolução de rochas e a oxidação de matéria orgânica. Desta forma, o pH é um parâmetro importante no controle dos processos físico-químicos de tratamento de efluentes, também segundo Matheus et al (1995) o pH pode ser utilizado como um indicador de perturbações que possam ocorrer em bacias hidrográficas, utilizando modelos de regressão.

O pH influencia diversos equilíbrios químicos que ocorrem naturalmente ou em processos unitários de tratamento de águas, sendo o pH um parâmetro importante nos estudos de saneamento ambiental. Desta forma, existem diversas faixas de pH na legislação ambiental e pode variar de acordo com as classes de águas naturais, os critérios de proteção à vida aquática fixam o pH entre 6 e 9. O pH necessário ao padrão de potabilidade apresenta valores entre 6,5 e 8,5, de acordo com a Portaria 1469 do Ministério da Saúde<sup>9</sup>(CETESB, 2017).

### **2.5.3 Potencial de oxidação-redução**

O potencial de oxidação-redução (redox) de um substrato pode ser definido, de modo geral, pela facilidade com a qual o substrato ganha ou perde elétrons. Quando um elemento perde elétrons, diz-se que este substrato é oxidado, ao passo que, quando um substrato ganha elétrons, diz-se que se tornou reduzido (CETESB, 2017).

O ORP mede a habilidade da água "de limpar-se ou quebrar produtos como contaminantes e plantas e animais mortos. Quando o valor do ORP é alto, existe muito oxigênio presente na água. Isso significa que bactérias que decompõem tecidos mortos e contaminantes pode trabalhar com mais eficiência. Em geral, quanto maior o valor do ORP, mais saudável é a água."<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup> Atualmente a Portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde.

<sup>10</sup> [http://www.enr.gov.nt.ca/sites/default/files/oxidation-reduction\\_potential.pdf](http://www.enr.gov.nt.ca/sites/default/files/oxidation-reduction_potential.pdf). Acesso: 2018.

#### **2.5.4 Condutividade**

A condutividade é a expressão numérica da capacidade de uma água conduzir a corrente elétrica. Depende das concentrações iônicas e da temperatura, e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam ambientes impactados (CETESB, 2017). Altos valores podem indicar características corrosivas da água; pois, segundo Tundisi e Tundisi (2010), a remoção da vegetação nativa aumenta o transporte de sólidos em suspensão, a condutividade e degrada mananciais. Em um trabalho realizado por Merten e Minella (2002), verificou-se que o arraste de diversos tipos de sedimentos de solos e de resíduos, dentro de bacias hidrográficas, é devido à retirada da cobertura vegetal.

A condutividade também fornece boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente em sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação das quantidades relativas dos vários componentes. A condutividade da água aumenta à medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados. Altos valores podem indicar características corrosivas da água (CETESB, 2017).

#### **2.5.5 Turbidez**

A turbidez de uma amostra de água, segundo a CETESB (2017) é o grau de atenuação de intensidade que um feixe de luz sofre ao atravessá-la, devido à presença de sólidos em suspensão, tais como partículas inorgânicas (areia, silte, argila) e detritos orgânicos, tais como algas e bactérias, plâncton em geral. Tem-se mostrado com alta sensibilidade ao manejo físico e ao uso antrópico do solo, sendo um ótimo indicador na qualidade da água em relação ao arraste de sedimentos (TUNDISI; TUNDISI, 2010; MATHEUS et al., 1995). A erosão das margens dos rios em estações chuvosas, que é intensificada pelo mau uso do solo, é um exemplo de fenômeno que resulta em

aumento da turbidez das águas. E este parâmetro consolida-se como um dos principais na avaliação do desempenho das estações de tratamento (PETERS; MEYBECK, 2000).

### 2.5.6 Oxigênio Dissolvido

O oxigênio proveniente da atmosfera dissolve-se nas águas naturais, devido à diferença de pressão parcial. Este mecanismo é regido pela Lei de Henry, que define a concentração de saturação de um gás na água, em função da temperatura:

$$CSAT = a.p_{gás} \quad (1)$$

em que  $a$  é uma constante que varia inversamente proporcional à temperatura e  $p_{gás}$  é a pressão exercida pelo gás sobre a superfície do líquido (CETESB, 2017). É muito comum, em livros de química, a apresentação de tabelas de concentrações de saturação de oxigênio em função da temperatura, da pressão e da salinidade da água. De acordo com Carvalho (1994) e Carvalho et al. (2000) os níveis de OD indicam a capacidade de um corpo d'água natural manter a vida aquática, assim como as nascentes de bacias hidrográficas de 1ª ordem, sendo que a condição ideal é aquela em que o teor de oxigênio dissolvido na água se mantém sempre próximo da saturação.

O oxigênio dissolvido também se apresenta como um ótimo parâmetro de qualidade da água, quando há perturbações nas microbacias, por meio do caráter natural da natureza, como, por exemplo, o monitoramento realizado por Tomasko et al. (2006) em microbacias atingidas por furacões nos EUA e sua posterior recuperação.

Segundo estudos realizados por Armas et al. (2007) o oxigênio dissolvido (OD) é determinante para a manutenção dos organismos aquáticos, e sua quantidade necessária à vida destes organismos varia de uma espécie para outra; os peixes, por exemplo, necessitam de 4 mg/L, em média, para sua sobrevivência, e um dos principais fatores determinantes do OD é a atividade biológica. Assim, os níveis de oxigênio dissolvido também indicam a capacidade de um corpo d'água natural em manter a vida aquática.

Outra fonte de oxigênio é a fotossíntese realizada pelas algas, fenômeno que ocorre principalmente em águas eutrofizadas, ou seja, águas que passaram pela decomposição de matéria orgânica que disponibilizaram nitrogênio e fósforo para o meio. Porém a alga somente ocorre em água com níveis mínimos de turbidez e cor, pois estas necessitam de altas concentrações de luz para se desenvolver. Desta forma, esse fator pode mascarar o nível de poluição das águas, pois a contribuição fotossintética só é percebida após a degradação da matéria orgânica realizada pelas bactérias e depois de seu consumo pelos protozoários (CETESB, 2017).

Águas poluídas são aquelas onde existem baixas concentrações de oxigênio dissolvido devido ao seu consumo na decomposição de compostos orgânicos. Já águas limpas apresentam concentrações de oxigênio dissolvido elevado, podendo chegar até um pouco abaixo da concentração de saturação (CETESB, 2017).

Em uma água eutrofizada durante o período diurno, é possível observar concentrações de oxigênio bem superiores a 10 mg/L, mesmo em temperaturas superiores a 20° C, o que caracteriza situação de supersaturação. Esse processo ocorre principalmente em lagos, e isso ocorre devido à baixa velocidade de deslocamento da água e ao desenvolvimento de algas na superfície, formando crostas verdes (CETESB, 2017).

### **2.5.7 Sólidos Totais Dissolvidos**

Os sólidos totais dissolvidos referem-se à quantidade de material que está presente na água. Todas as impurezas presentes na água, com exceção dos gases dissolvidos, correspondem aos sólidos (PORTO et al., 1991), que, em águas naturais, originou-se, do processo de erosão natural dos solos e do intemperismo das rochas (CARVALHO, 1994). Os sólidos totais podem ser subdivididos em sólidos dissolvidos (não filtráveis) e sólidos em suspensão (filtráveis) (PATEMIANI; PINTO, 2001). Segundo os autores, este parâmetro torna-se muito importante quando se empregam métodos de

irrigação localizada, seja por gotejamento, seja por microaspersores. Os sólidos presentes na água (VON SPERLING, 1996), podem ser classificados de acordo com seu estado e tamanho (em suspensão ou dissolvidos), com as características químicas (voláteis e fixos) e a decantabilidade (sedimentáveis e não sedimentáveis).

Os valores de referência disponíveis da legislação brasileira de alguns parâmetros da qualidade de água podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores de referência disponíveis na legislação (Portaria 518 - Ministério da Saúde - 25 de março de 2004; Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005.

Parâmetro	Portaria 518/2004	CONAMA 357/2005 CLASSE 1	CONAMA 357/2005 CLASSE 2	Fatma 14.250/81 CLASSE 2	Limite de Detecção do L'água (1)
Alcalinidade (mg/L)	500	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Amônia (mg/L) (NH <sub>3</sub> )	1,5	2 mg/L_N	3 mg/L_N	0,5 mg/L_N	0 a 5 mg/L NH <sub>3</sub>
Coliformes Fecais (NMP)	0	200	1000	1000	n.d.
Coliformes Totais (NMP)	0	1000	5000	5000	n.d.
DBO (mg/L)	n.d.	< 3mg/L	< 5mg/L	n.d.	0 a 40 mg/L
DQO (mg/L)	n.d.	< 10mg/L*	n.d.	n.d.	4 a 200 mg/L
Dureza (mg/L)	500	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Ferro Total (mg/L)	0,3	0,3	0,3	n.d.	0,05 a 2,00 mg/L
Fosfato Total (mg/L - P)	n.d.	0,025	0,03	n.d.	0,4 a 8,0 mg/L PO <sub>4</sub>
Fosfato-Orto (mg/L - P)	n.d.	0,025	0,03	n.d.	0,4 a 8,0 mg/L PO <sub>4</sub>
Nitrato (mg/L - N)	10	10	10	10	0,5 a 8,0 mg/L NO <sub>3</sub>
Nitrito (mg/L - N)	1	1	1	1	0,05 a 0,80 mg/L NO <sub>2</sub>
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	n.d.	> 6,0	> 5,0	> 5,0	n.d.
pH (logarítmica)	6,0 até 9,5	6,0 até 9,0	6,0 até 9,0	n.d.	0 a 14
Potássio (mg/L)	12**	n.d.	n.d.	n.d.	0,5 a 8,0 mg/L
Sódio (mg/L)	200	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Turbidez (NTU)	5	40	100	n.d.	0,01 a 1000 NTU

Observações - n.d. - Não disponível (1) Parâmetros estabelecidos pelo Laboratório do Epagri – localizado em Itajaí

(\*) DVGW - Alemanha - Água superficial destinada ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado.

(\*\*) T.V.O. - Alemanha e Comunidade Européia

Fonte: ZAMPIERI et al. 2006.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo está contida na Área de Proteção Ambiental (APA) municipal do Rio Uberaba, com extensão de 525 km<sup>2</sup>, localizada entre as coordenadas Longitude 188 e 220 km E e Latitude 7815 e 7840 km N, Fuso 23 K, Universal Transverso de Mercator - UTM, hemisfério sul, Estado de Minas Gerais, Brasil (Figura 2).

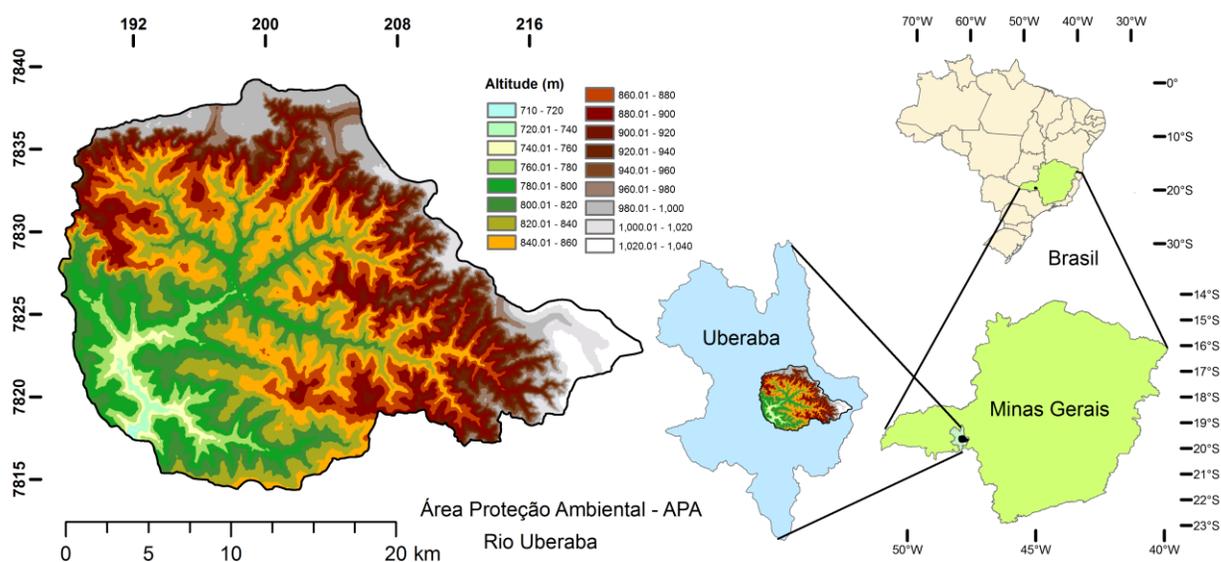


Figura 2. Localização da APA do Rio Uberaba, Minas Gerais, Brasil.

A APA do Rio Uberaba foi estabelecida como Unidade de Conservação de Uso Sustentável, o que permite o desenvolvimento de atividades antrópicas, com o uso dos recursos naturais no escopo da sustentabilidade, por força da Lei Municipal n. 9892 de 28 de dezembro de 2005. Pertence ao município de Uberaba e foi definida a partir da área de drenagem a montante do ponto de captação de águas no Rio Uberaba para a zona urbana de Uberaba, em relação ao abastecimento público (Figura 3). Na bacia

hidrográfica do Rio Uberaba segundo CÂNDIDO (2008) faz-se presente as seguintes formações vegetais: cerradão, mata ciliar, matas de topos e encostas, campos hidromórficos e campo sujo.

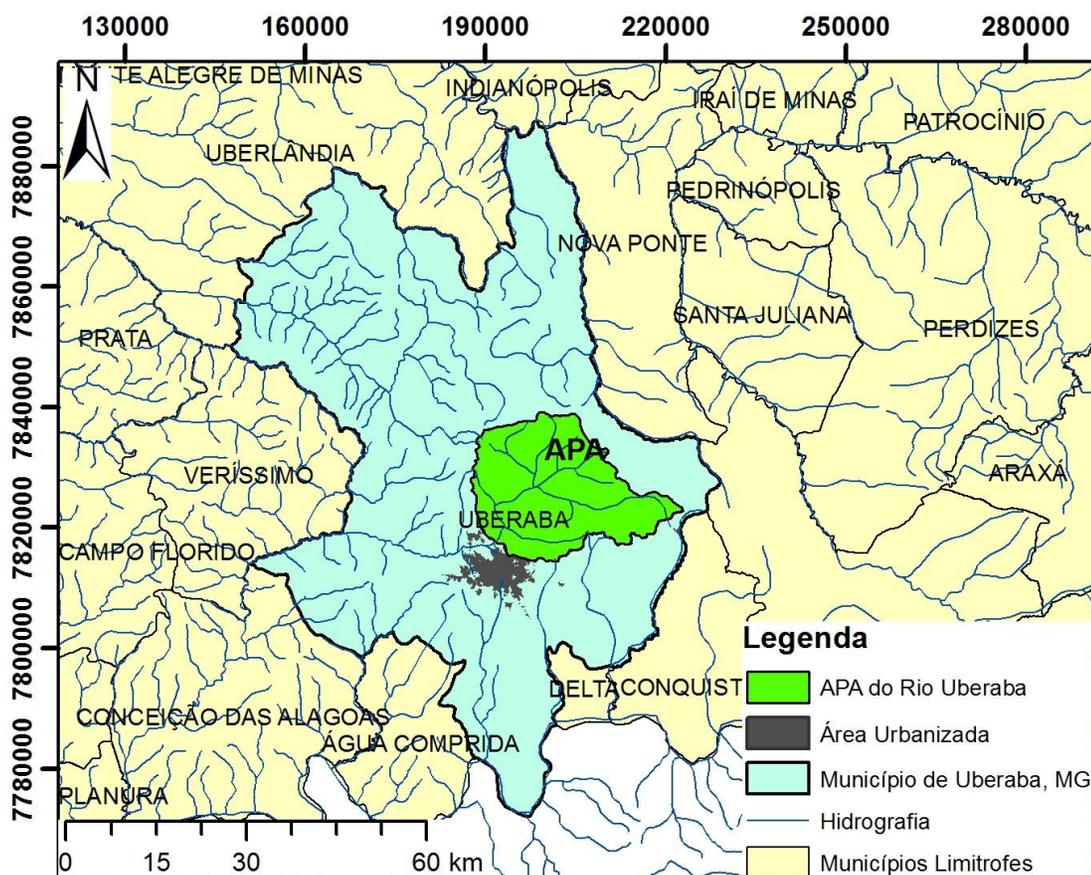


Figura 3. Localização da APA no município de Uberaba – MG.

A região enquadra-se, segundo a Classificação Climática de Köppen, em Aw, isto é, tropical, sendo o domínio climático conceituado como semiúmido com 4 a 5 meses secos. A umidade relativa do ar média oscila entre 70 e 75 %, sendo seus valores máximos verificados no mês de dezembro (81%) e mínimos no mês de agosto (52%) (VALLE JÚNIOR, 2008). A temperatura média anual varia entre 20 e 24° C,

sendo que os meses mais quentes do ano são outubro e fevereiro, com temperaturas variando entre 21 e 25° C, e julho o mês mais frio, com temperaturas variando de 16° C a 18° C (INMET/EPAMIG, 2000). A precipitação média anual da região de Uberaba é de 1.584,2 mm (VALLE JÚNIOR, 2008), com variação de 42,8 e 541 mm /mês, para uma série histórica de sessenta e dois anos (SILVA, 2003). Existem dois regimes climáticos na região, o primeiro de inverno, classificado como frio e seco, e o de verão, como quente e chuvoso. Quanto ao regime pluviométrico, a distribuição mostra concentração de chuvas no período de outubro a abril, e uma estação relativamente seca entre os meses de maio e setembro, sendo os meses de julho e agosto os mais secos (Figura 4) (CEPAGRI, 2017).

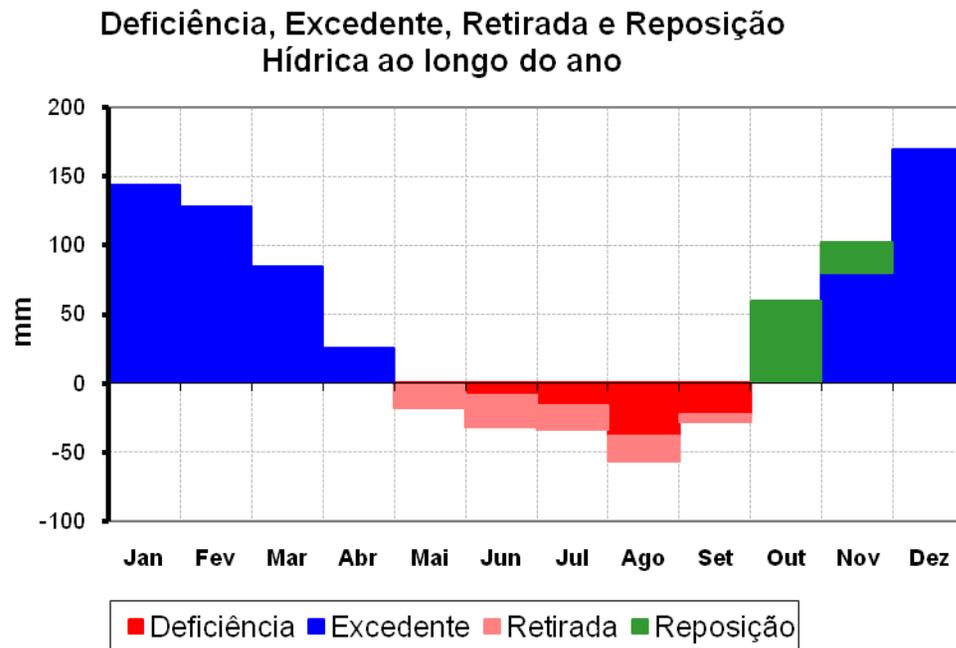


Figura 4. Balanço hídrico-climatológico de Uberaba – MG.  
Fonte: Adaptado Valle Júnior (2008).

A variação de armazenamento de água por intervalo de tempo representa o balanço hídrico-climatológico da área de estudo. Este sistema contábil de monitoramento da água do solo resulta da aplicação do princípio de conservação de

massa para a água num volume de solo vegetado. No balanço hídrico climatológico (Figura 4), descrito por Thornthwaite e Mather em 1955, observam-se os períodos de deficiência, excedente, retirada e reposição hídrica ao longo do ano da área de estudo (CAMARGO; CAMARGO, 1993; PEREIRA; VILLA NOVA; SEDYAMA, 1997; ROLIM; SENTELHAS; BARIBIERI, 1998).

### 3.1.1 Áreas Experimentais - Sub-bacias

As áreas para a amostragem do recurso hídrico e do solo (Figura 5) foram selecionadas no recorte territorial geográfico das bacias hidrográficas no interior da APA do Rio Uberaba, considerando a integração entre as semelhanças dos aspectos físicos, sociais e econômicos, que possam interferir diretamente no recurso hídrico e em sua proteção ambiental.

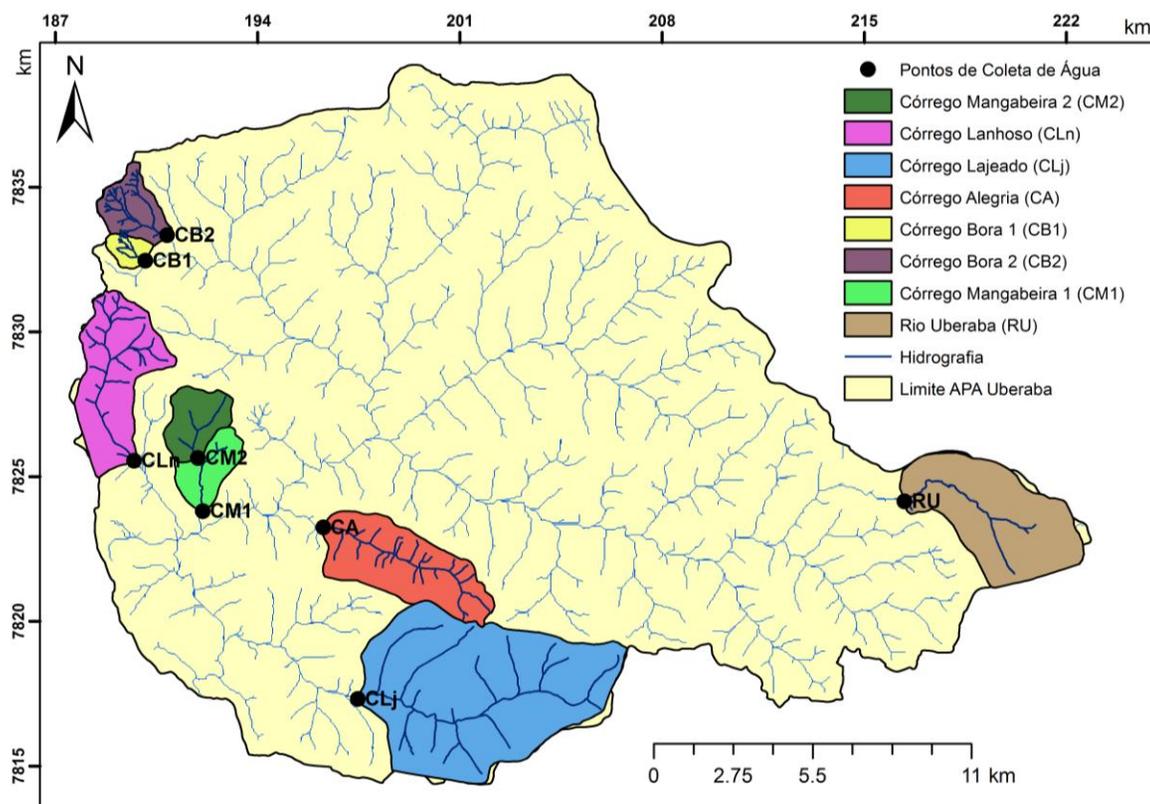


Figura 5. Sub-bacias selecionadas para a amostragem do recurso hídrico e do solo no interior da APA do Rio Uberaba – MG.

Cada unidade experimental foi denominada de sub-bacia e considerada como uma área de captação natural da água de precipitação, que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída. As sub-bacias foram denominadas: Córrego Alegria (CA); Córrego Borá 1 (CB1); Córrego Borá 2 (CB2); Córrego Lanhoso (CLn); Córrego Lajeado (CLj); Córrego Mangabeira 1 (CM1); Córrego Mangabeira 2 (CM2); Rio Uberaba (RU) (Figura 5). As coordenadas de cada ponto de coleta são apresentadas na Tabela 2, e na Figura 6 observa-se em destaque cada sub-bacia

Tabela 2. Cadastro dos pontos de amostragem da água e do solo na APA do Rio Uberaba.

Pontos de Coleta	Coordenadas UTM – Sirgas 2000 – Fuso 23 K	
	X (m.E)	Y (m.S)
CLn – Córrego Lanhoso	189716,63	7825550,09
CM1 – Córrego Mangabeira 1	192097,30	7823803,23
CM2 – Córrego Mangabeira 2	191932,04	7825641,36
CB1 – Córrego Borá 1	190106,62	7832457,72
CB2 – Córrego Borá 2	190864,48	7833337,33
CA – Córrego Alegria	196274,27	7823240,10
CLj – Córrego Lajeado	197465,20	7817319,24
RU – Rio Uberaba	216392,03	7824144,58

Cada área experimental (sub-bacia) foi selecionada para prevalecer os ambientes que demonstrassem a interação da água, solo e uso/ocupação do solo. Na Figura 6, pode-se observar a localização de cada sub-bacia a montante do ponto de captação do recurso hídrico.

Nas sub-bacias, foram avaliados os cursos d'água de até 10 metros de largura. Sendo, portanto, considerado as áreas ao longo deste curso d'água, como as áreas de preservação permanentes – APPs, definidas, primeiramente na legislação revogada –

Lei Federal n. 4771/65 e na nova legislação, Lei Federal n. 12651/2012, a qual define regras transitórias e permanentes sobre as APPs.

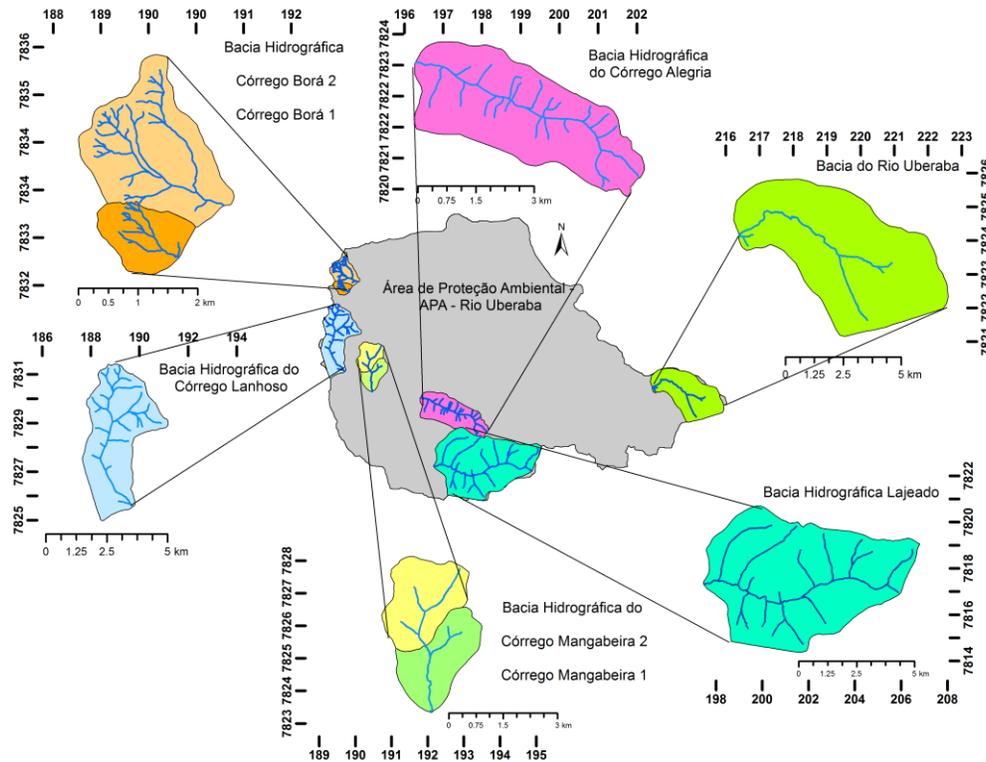


Figura 6. Localização de cada sub-bacia - unidade territorial de bacia hidrográfica.

Na sub-bacia Córrego Alegria (CA), a APP apresenta cobertura vegetal arborizada com a distância da margem do córrego de 15 metros e a influência de área de pastagem; na sub-bacia Córrego Borá 1 (CB1), a APP apresenta cobertura vegetal arborizada com extensão de 30 metros e influência de área de pastagem; na sub-bacia Córrego Borá 2 (CB2), a APP apresenta cobertura vegetal arborizada com distância da margem de 50 metros e influência de área de pastagem; na sub-bacia Córrego Lanhoso (CLn), a APP apresenta cobertura vegetal arborizada com uma distância de 50 metros e influência de área de pastagem; no Córrego Lajeado (CLj), a APP apresenta cobertura vegetal arborizada com distância de 15 metros e influência de área de pastagem; na sub-bacia Córrego Mangabeira 1 (CM1), a APP apresenta cobertura vegetal arborizada com distância de 15 metros e influência de área de pastagem; na sub-bacia Córrego

Mangabeira 2 (CM2), a APP apresenta cobertura vegetal arborizada com distância de 30 metros e influência de área de pastagem; na sub-bacia do Rio Uberaba (RU) a APP apresenta cobertura vegetal arborizada com distância de 30 metros e influência de área de agricultura. Entende-se por cobertura vegetal arborizada, toda a cobertura vegetal de porte arbóreo, com altura variada localizada nas metragens (50, 30, 15 metros) ao longo dos cursos d'água das sub-bacias.

As principais feições geológicas e as unidades de solos de cada sub-bacia são observadas nas Figuras 7 e 8. Geologicamente, a área experimental está inserida na unidade do planalto do Brasil Central, em bacia sedimentar geotectônica, denominada na porção norte/nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná, apresentando estratigraficamente rochas do Grupo São Bento (basaltos da Formação Serra Geral) sobreposto pelos arenitos e conglomerados do Grupo Bauru (arenitos de Formação Uberaba e Formação Marília), com boa parte da área coberta com sedimentos cenozoicos (sedimentos aluviais recentes).

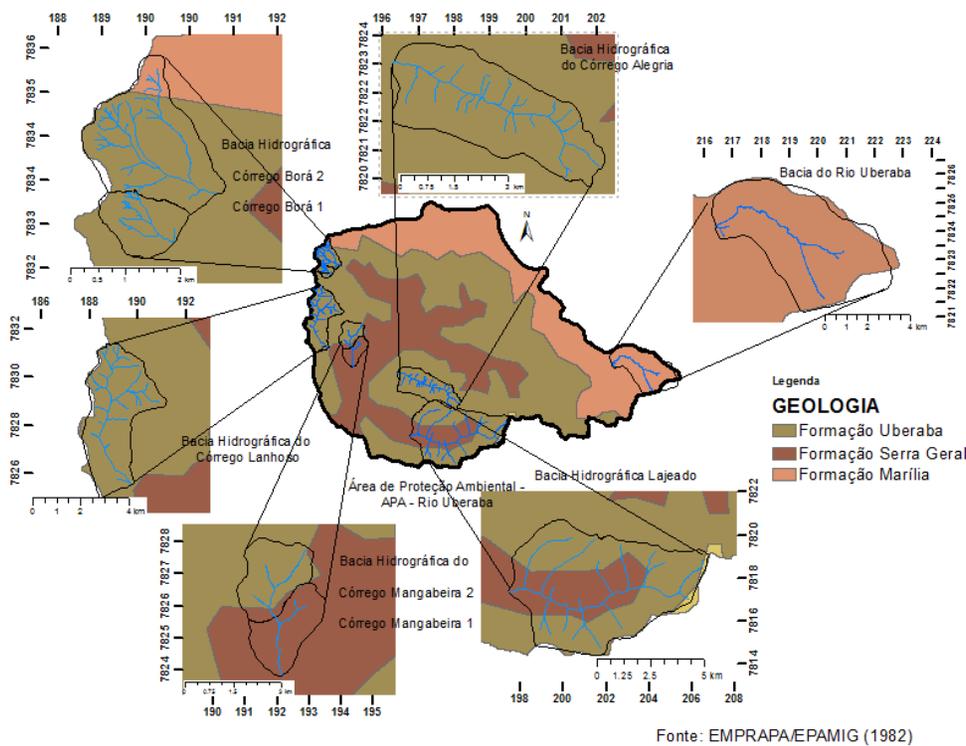


Figura 7. Mapa das principais feições geológicas nas sub-bacias - APA do Rio Uberaba.

A Formação Uberaba (Sub-bacia Córrego Alegria; Sub-bacia Córrego Lanhoso; parte das sub-bacias Mangabeira 1 e Lajeado) é constituída por rochas epiclásticas (vulcanoclásticas), onde os sedimentos são derivados de fontes vulcânicas preexistentes e associadas a outras fontes não vulcânicas, dispostas em estratos tabulares e lenticulares amalgamados, chegando a alcançar 140 m de espessura, começando por conglomerado basal contendo fragmentos de basalto. Predominam-se os arenitos vulcânicos, com granulação média e pequenos seixos, que lhes conferem caráter conglomerático; siltitos e argilitos estão presentes em leitos de espessura centimétrica e extensão restrita. São rochas que contêm detritos provenientes da erosão de rochas vulcânicas preexistentes com fragmentos de origem não vulcânica (EMBRAPA/EPAMIG, 1982), com fragmentos de basalto, argilito, quartzito e de rocha alterada com magnetita, quartzo, feldspato, piroxênio, anfíboto, biotita, muscovita, granada, apatita, peronoskita, cronita. A espessura do depósito não chega a 20 m, e o conjunto repousa sobre basaltos ou arenito Botucatu (EMBRAPA, 1997, 1999).

A Formação Serra Geral (Sub-bacias Mangabeira 2 e parte do Lajeado) aflora em áreas relativamente limitadas devido a se encontrarem recobertas pelos sedimentos do Grupo Bauru (formações Adamantina, Uberaba e Marília), e arenitos depositados diretamente sobre basaltos da Formação Serra Geral. Os arenitos são magnéticos, mal selecionados e contêm desde silte grosso a areia grossa, e raros níveis com grânulos. Os componentes detríticos são quartzos, magnetita, feldspato, perovskita (desde traço até 25% em volume), piroxênio, granada, titanita, mica, opacos, carbonato, fragmentos de rochas vulcânicas e de argilito. Carbonato ocorre como cimento, fragmentos de carapaças ou, ainda, como grãos detríticos, cobertos por película de óxidos/hidróxidos. Quartzo varia de 18 a 27%, sem apresentar tendência de aumento para a base ou para o topo. Fragmentos líticos são mais abundantes no topo (20-22 %) do que na base (8%) (EMBRAPA/EPAMIG, 1982; GRAVINA et al., 2002).

A Formação Marília (Sub-bacias Borá 1; Borá 2 e Rio Uberaba) é subdividida, na região do Triângulo Mineiro, em dois membros: Ponte Alta e Serra da Galga, sendo predominante no município de Uberaba a Ponte Alta. Esta formação é constituída de

arenitos finos a grosseiros, muito imaturos e maciços apresentando frequentes nódulos calcários. O calcário pode formar camadas de até 8 m de espessura (Ponte Alta, município de Uberaba), e aparece como nódulos e como cimentação carbonática de arenitos (BARCELOS, 1984). Na região ao norte de Uberaba, existem sedimentos tufáceos (tufitos e argilitos) sobrepostos o basalto da Formação Serra Geral.

Segundo Abdala (2012) a evolução tectônica do Oeste de Minas Gerais está correlacionada com os eventos sedimentares e magmáticos das Bacias do Paraná e Sanfranciscana ocorridos, respectivamente, ao Oeste e a Leste de uma faixa divisória designada “Soerguimento do Alto Paranaíba”. Esta faixa divisória esteve ativa em pelo menos dois episódios no decorrer do Fanerozóico como apresentado na coluna estratigráfica na Quadro 1.

**Quadro 1.** Coluna estratigráfica do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba.

ERAS	PERÍODOS	GRUPOS	FORMAÇÕES	MEMBRO	CARACTERÍSTICAS LITOLÓGICAS
Cenozóica					Depósitos aluvionares holocênicos. Depósitos coluviais arenosos, argilosos e leques aluviais.
Mesozóica	Cretáceo	Bauru	Marília	Serra da Galga	Arenitos imaturos, conglomerados e arenitos conglomeráticos.
	Jurássico	São Bento	Uberaba	Ponte Alta	Arenitos e conglomerados com cimentação carbonática, lentes de calcário silicoso e conglomerado basal.
Adamantina discordância				Arenitos com contribuição vulcanoclástica, cor esverdeada a acinzentada.	
			Serra Geral		Arenitos marrom-avermelhado, cimentação carbonática e intercalações de arenitos argilosos e lentes de argilitos.
			Botucatu discordância		Basaltos maciços com níveis vesículoamigdaloidais nos topos e base dos derrames. Presença de arenito intertrapeano.  Arenito eólico, coloração avermelhada, grãos bem selecionados e foscos. Baixa porcentagem de matriz fina.
Proterozóica	Médio	Canastra	discordância		Predominantemente quartzitos. Quartzitos hematíticos e micáceos, filitos e xistos (cloritaxistos).
	Inferior (Arqueano)	Araxá			Xistos (Muscovita, quartzo xisto), tendo como minerais acessórios mais comuns a granada, cianita, estauroilita, rutilo. Gnaisses anfíbolíticos, biotita gnaisse
		Embasamento Cristalino Indiferenciado			Gnaisses, migmatitos e granitos

Fonte: Abdala, 2005 (Adaptado NISHIYAMA, 1998)

Os solos da área experimental são classificados, de forma geral, como Latossolos de diferentes graus de fertilidade, predominando Latossolo Vermelho distroferrico textura média, Latossolo Vermelho típico e Argissolo Vermelho amarelo, apresentados na Figura 8.

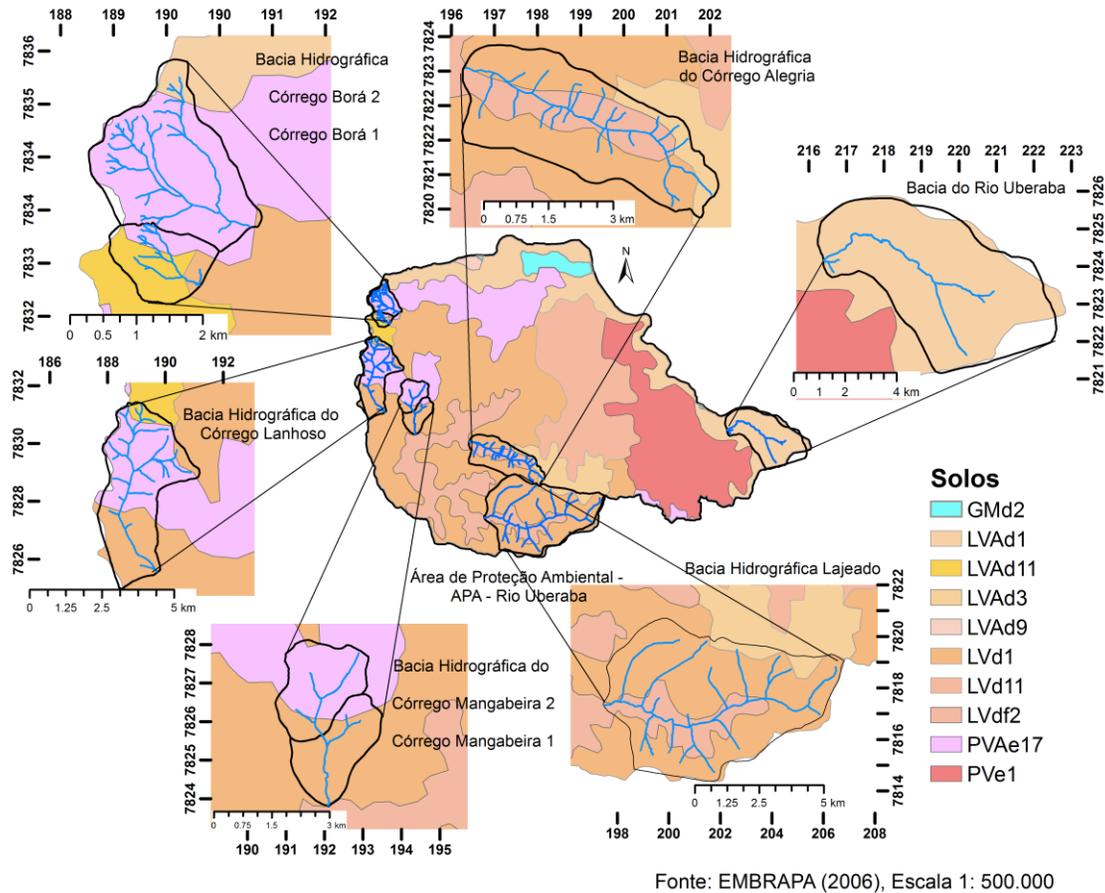


Figura 8. Mapa dos principais solos nas sub-bacias - APA do Rio Uberaba.

As sub-bacias Córrego Alegria, Borá 1, Lajeado, Rio Uberaba e Parte do Córrego Lanhoso e Mangabeira 1 estão localizadas nas unidades de Latossolos (LV) e as sub-bacias Borá 2 e Mangabeira 2 e parte do Córrego Lanhoso, nas unidades de Argissolos (PV).

A classe de Latossolos (LV) compreende solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico, imediatamente abaixo de qualquer um dos tipos de horizontes diagnósticos superficiais. São solos que apresentam avançado estágio de intemperismo e, conseqüentemente, material coloidal com baixa capacidade de troca de cátions e baixos teores de minerais primários, facilmente alteráveis. Sua reserva em nutrientes é muito reduzida, fato que não os impede de serem solos bastante produtivos quando bem manejados (OLIVEIRA, 2005). A grande maioria dos Latossolos situa-se em relevo aplainado a suave ondulado, sendo tidos como de fácil preparo para o plantio em decorrência de sua adequada consistência, que corresponde ao comportamento do material constituinte em função da variação da umidade (OLIVEIRA, 2005).

A classe dos Argissolos (PV) compreende solos que têm como característica principal a presença do horizonte B textural, imediatamente abaixo do horizonte A. É suscetível à erosão com mudança textural abrupta (OLIVEIRA, 2005). Os Argissolos Vermelho-Amarelos são solos profundos, onde se consegue separar nitidamente os perfis. Apresentam uma textura argilosa a média, predominando na região a textura média, sendo bem drenados e moderadamente porosos.

Os solos pertencentes a cada unidade de mapeamento estão discriminados por tipos de relevo (EMBRAPA, 1999), cujas definições são apresentadas a seguir:

PLANO: superfície de topografia horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos, com declividades variáveis de 0 a 3%. SUAVE ONDULADO: superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas, apresentando declives suaves, variando de 3% a 8%. ONDULADO: superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas apresentando declives moderados, variando de 8% a 20%. FORTE ONDULADO: superfície de topografia movimentada, formada por morros e raramente colinas com declives fortes, variando de 20% a 45%.

A declividade de cada sub-bacia é observada na Figura 9. Ocorre amplitude de 0 a 58%. A maior declividade foi determinada na sub-bacia Borá 2, seguida do Córrego Lanhoso, Magabeira 2, Borá 1; Alegria, Lajeado, Mangabeira 1 e a sub-bacias com menor declividade no Rio Uberaba (Figura 9).

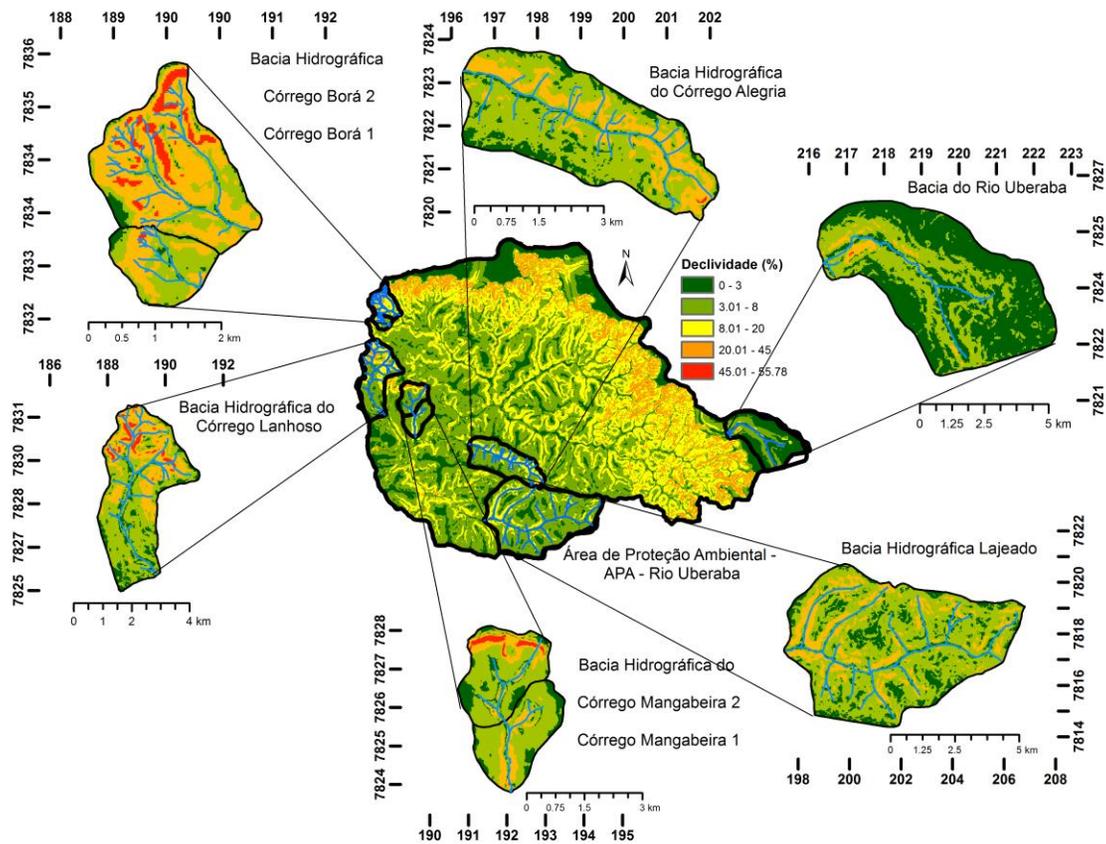


Figura 9. Mapa de declividade das sub-bacias - APA do Rio Uberaba.

### 3.2 Levantamento do uso do solo

As principais atividades agrícolas e pecuárias foram levantadas em cada sub-bacia, as quais foram sistematizadas a partir de técnicas de sensoriamento remoto na interpretação visual das imagens orbitais de alta resolução espacial. A análise interpretativa de cada uso/ocupação do solo foi realizada a partir da exposição das cores para os diferentes comportamentos espectrais dos alvos na imagem. O procedimento para classificação foi realizado a partir dos trabalhos desenvolvidos por Pissarra et al. (2004) e seguiu a caracterização de ambientes que refletem o

ecossistema da bacia hidrográfica a montante do ponto de captação de água e de um raio de interferência de 500 m, a partir do ponto de captação de água.

O mapa de uso e ocupação dos solos de cada sub-bacia foi elaborado a partir de imagens orbitais, mediante técnicas de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica, em um estudo específico localizado, caracterizando um levantamento ultradetalhado, na escala  $\geq 1 : 5.000$  e  $< 0,1$  ha. As áreas de preservação permanente e a interferência antrópica foram delimitadas. A imagem utilizada no trabalho foi obtida gratuitamente no banco de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e no Programa *Google Earth*. Foram identificados os principais usos do solo. Para essa análise, foi necessário definir um conjunto de amostras de treinamento para cada classe a ser diferenciada na imagem classificada. De acordo com Pissarra et al. (2004), esse método de obtenção parte do pressuposto de que o usuário conheça a imagem a ser classificada, de tal modo que possa definir quantas e quais as classes de uso são mais representativas no que tange ao uso e à cobertura do solo.

Na classificação da imagem, utilizou-se da análise da ferramenta de adição de pontos, linhas e polígonos do Programa *Google Earth*, e, posteriormente, as unidades mapeadas foram transferidas para o Programa *AutoCad*, para a obtenção dos dados de área. Em cada uso, foi realizada a segmentação, e foram vetorizados os polígonos para ser confeccionado um mapa temático. Também foi realizado o cálculo de área no Programa *ArcGis®* através da ferramenta *Area*, a fim de tabular as diferenças de áreas em porcentagem, em cada sub-bacia.

### **3.3 Amostragem e Análise do Recurso Hídrico e Solo**

#### **3.3.1 Recurso hídrico**

A amostragem do recurso hídrico foi realizada na rede de drenagem de cada sub-bacia, aproximadamente 60 cm da margem, no período mensal, durante um ano. Na terceira semana de cada mês, sempre na mesma sequência e horário, nas

seguintes datas: 19 de janeiro; 16 de fevereiro; 15 de março; 19 de abril; 17 de maio; 21 de junho; 19 de julho; 16 de agosto; 20 de setembro; 18 de outubro; 15 de novembro; 20 de dezembro do ano de 2016, e 17 de janeiro de 2017.

Os atributos medidos na água foram: temperatura – T (Co); potencial hidrogeniônico (pH); potencial de oxidação-redução (ORP) (mV); condutividade (Cond.) (mS/cm); Turbidez (Turb) (NTU); oxigênio dissolvido (OD) (mg/L); déficit de oxigênio dissolvido (DOD) (%); sólido total dissolvido (STD) (g/L). O equipamento utilizado para medir os atributos citados foi da marca HORIBA, com sondas multiparamétricas portáteis, com 10 amostras em cada ponto, de acordo com a Resolução CONAMA n. 357/2005.

Os inventários foram realizados no intuito de verificar a qualidade dos recursos hídricos associada à ocupação dos solos. Na Figura 10, estão representados de forma esquemática os diferentes elementos na realização do monitoramento.

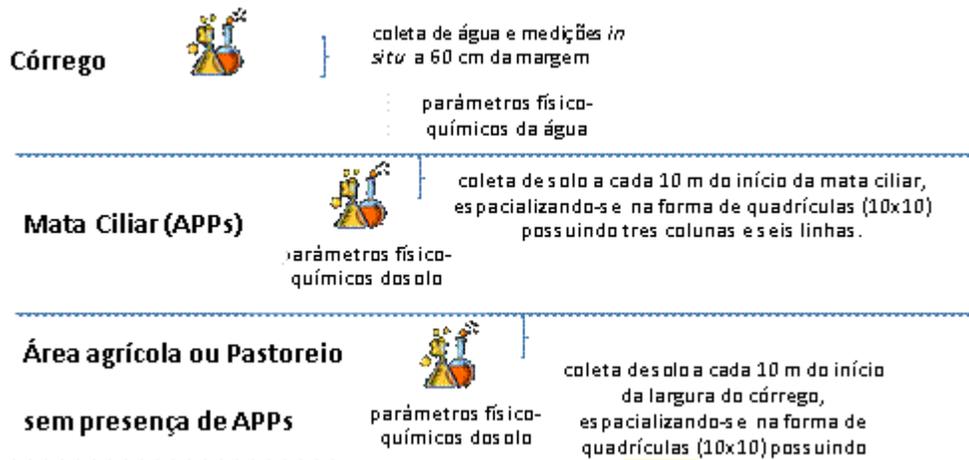


Figura 10. Esquema representando a seleção do local de amostragem.

O Índice de Qualidade das Águas (IQA) foi calculado pelo produto ponderado das qualidades de água correspondentes aos parâmetros: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, turbidez e sólidos totais. A seguinte fórmula é utilizada (CETESB, 2017):

$$IQA = \prod_{i=1}^n q_i^{w_i} \quad (2)$$

em que, IQA é o Índice de Qualidade das Águas, um número entre 0 e 100;  $q_i$  é a qualidade do  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida;  $w_i$  é o peso correspondente ao  $i$ -ésimo parâmetro, um número entre 0 e 1, atribuído em função da sua importância para a conformação global de qualidade;  $n$  foi igual a 5.

No cálculo do IQA (CETESB, 2017) os parâmetros utilizados são em número de 9: temperatura da amostra, pH, oxigênio dissolvido, turbidez e sólidos totais, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes fecais, nitrogênio total e fósforo total. No caso do presente trabalho a demanda bioquímica de oxigênio, os coliformes fecais, o nitrogênio total e o fósforo total não foram determinados. Deste modo, adotou-se o descrito por Ribeiro et al. (2009) para casos de em que não se dispõe dos valores de alguns dos 9 parâmetros, ou seja, com a redistribuição dos pesos dentre aqueles amostrados. Tal estratégia permite, segundo Ribeiro et al. (2009), calcular e utilizar o Índice de Qualidade das Águas. Com a redistribuição os pesos ( $w$ ) adotados foram: 0,10 (Temperatura); 0,21 (pH); 0,17 (Turbidez) ; 0,26 (Percentagem de oxigênio dissolvido); 0,17 (Sólidos totais).

### 3.3.2 Solo

A amostragem de solo foi realizada nas áreas de preservação permanente (APPs), na margem da rede de drenagem, no sentido em active margem – divisor topográfico - a partir do ponto em que foi realizada a coleta do recurso hídrico. A amostragem ocorreu nos seguintes períodos: período 1 (abril) e período 2 (novembro), sendo:

Período 1 - Córrego Borá I; Córrego Mangabeira I; Córrego Mangabeira II – 25 de abril; Córrego Borá II; Córrego Lanhoso – 26 de abril; Córrego Lajeado; Córrego Alegria – 27 de abril; e Rio Uberaba (covoais) – 28 de abril de 2016.

Período 2 - Córrego Borá I; Córrego Mangabeira I; Córrego Mangabeira II – 21 de novembro; Córrego Borá II; Córrego Lanhoso – 22 de novembro; Córrego Lajeado; Córrego Alegria – 23 de novembro; e Rio Uberaba (covoais) – 24 de novembro de 2016.

A coleta de solo foi realizada a cada 10 m, na margem, a partir do início da largura do córrego, espacializando-se na forma de quadrículas (10x10), possuindo 3 colunas e 6 linhas, conforme Figura 11.

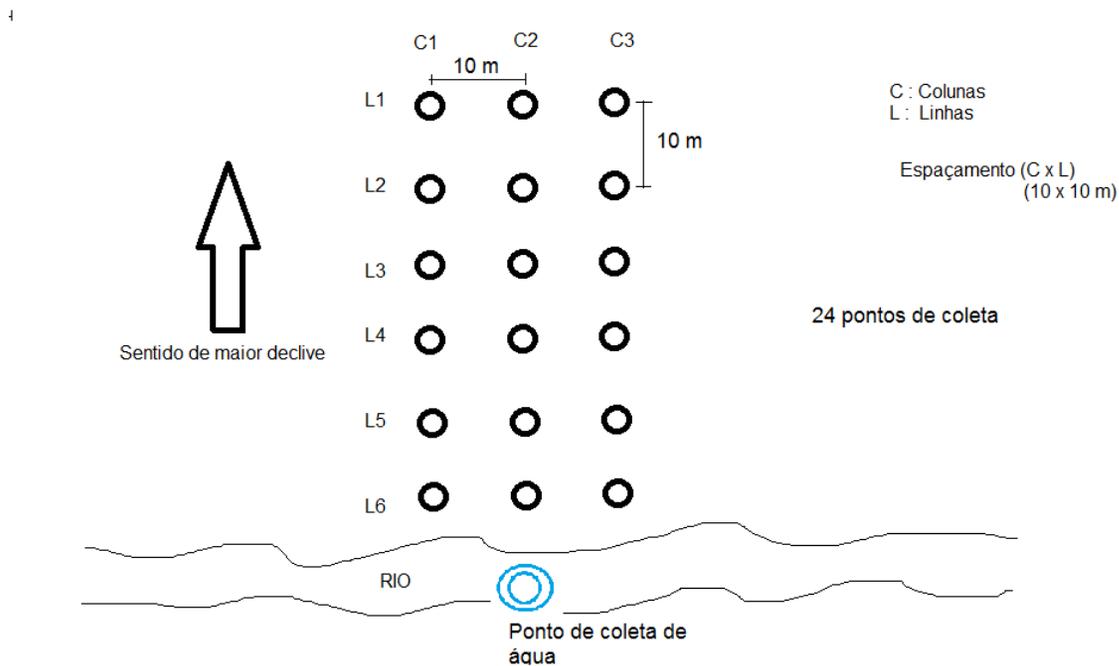


Figura 11. Pontos de coleta de solos nas áreas de preservação permanentes (APPs).

Para determinar os parâmetros físicos e químicos do solo, foi realizada a coleta em dois períodos, sendo o primeiro em abril de 2016 e o segundo em novembro de 2016, sendo caracterizada a primeira coleta no período pós chuva e a segunda na pós seca.

Para a avaliação da qualidade físico-química do solo, foram coletadas as amostras simples de solo em uma quadrícula espaçada de 10 m, tendo como origem a margem ou a área úmida do rio, em três colunas e seis linhas (3x6), no total de 18

pontos, na camada de 0,00 a 0,20 m, com 18 amostras por ponto de coleta, em dois períodos nas 8 áreas, totalizando = 288 amostras.

As amostras de solo foram acondicionadas em sacos plásticos, identificadas, processadas conduzidas ao laboratório. Analisou-se o potencial hidrogeniônico (pH), alumínio (Al), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátion efetiva (t), capacidade de troca de cátion ao pH 7,0 (T), potássio (K), Fósforo (P), saturação por bases (V %), porcentagem de saturação por alumínio (m), matéria orgânica (MO), carbono orgânico total (COT), areia, silte e argila. A metodologia utilizada no laboratório é a descrita pela Embrapa (1997). A análise granulométrica seguiu a metodologia descrita pela Embrapa (2011), obtendo as seguintes frações do solo: areia, silte e argila.

### **3.4 Cartografia**

Para a elaboração dos mapas temáticos das sub-bacias hidrográficas, foram utilizadas as cartas topográficas editadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 1972, em escala 1:100.000, e o modelo digital do terreno (MDT), a obter a partir do satélite ASTER GDEN V2 com resolução espacial de 30 m. Os mapas foram projetados no sistema de projeção Universal Transversa de Mercator (UTM); fuso 23; Datum planimétrico WGS84 (*World Geodetic System 1984*), equivalente ao SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas). Os parâmetros referentes às observações foram introduzidos em conformidade com as respectivas coordenadas espaciais, numa base de dados. A partir deste procedimento, foram elaborados os mapas no sistema de informação geográfica – SIG/ArcGis (ESRI, 2012).

### 3.5 Análise Estatística

O efeito do uso e da ocupação na qualidade do recurso hídrico, nas sub-bacias, com a amostragem mensal com seu efeito transversal em cada variável original e o fator extraído foram testados com o modelo linear geral (GLM), utilizando a análise de variância (ANOVA) e o teste de médias de Tukey, com significância estatística de 5% ( $p < 0,05$ ). A análise estatística de variância foi realizada, utilizando-se o programa R com delineamentos inteiramente casualizados (sub-bacias), e os tratamentos, considerados os pontos de coleta. Os dados foram processados no Programa Minitab (2003).

A análise estatística dos dados de solo foi realizada a partir da interpolação de pontos através do método de interpolação pela ponderação do inverso da distância (IDW), da sigla em inglês Inverse Distance Weighting, com o software ArcGIS. Os dados de entrada foram cadastrados em um Esri Shapefile de geometria pontual com 223 feições que entre outros dados possui os valores obtidos das análises do solo em dois períodos do ano (chuvoso (abril) e pós seca (novembro)), com a divisão das áreas de preservação permanente (APP) de 15, 30 e 50 metros de metragem e outros usos como pastagem e agricultura. A área máxima a ser processada foi gerada em um raster que não ultrapassou a extensão geográfica da camada equivalente a área de coleta de solos. No ArcToolBox foi selecionado Spatial Analyst Tools → Interpolation → IDW. As cores dos mapas temáticos foram selecionadas para representar a distribuição por valores em classes para a espacialização.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Uso do Solo

O uso do solo refere-se à forma pela qual a superfície das sub-bacias – área experimental - está ocupada no espaço geográfico (Tabelas 3 a 9). As atividades antrópicas diagnosticadas em cada área refletem as práticas de gestão do território, que, segundo Valle Junior (2008), tem grande impacto sobre os ecossistemas e os recursos naturais, incluindo a água e o solo. Este conjunto de atividades é combinado com padrões que fazem parte do desenvolvimento da sociedade nos sistemas de produção, no espaço rural, com uma variedade de atividades agrícolas e pecuárias, tais como: cana-de-açúcar, pastagem, eucalipto e culturas anuais (milho e soja), somadas às áreas de matas e várzeas identificadas ao longo da rede de drenagem e em formas de fragmentos de encosta, em cada sub-bacia.

O valor do uso do solo altera-se constantemente com a transformação do espaço rural, gerando o processo de transformação analisado, que confere ao sistema a técnica de produção. Em cada sub-bacia, não foram identificados os limites das propriedades rurais e, sim, os limites das superfícies a partir dos divisores topográficos. Sendo assim, as áreas de preservação permanentes - APPs foram consideradas, para este estudo, como as áreas cobertas por vegetação arbórea nativa ao longo da rede de drenagem de cada sub-bacia, corroborando com trabalhos de Valle Junior et al. (2014, 2015). De acordo com a metragem obtida pela distância da margem do córrego, foram selecionadas as áreas para a coleta de água e do solo (Tabela 3), e estão detalhados a distribuição geográfica e os padrões de uso /ocupação do solo identificados nas sub-bacias e as áreas calculadas em superfície (hectares) e em porcentagem (%), conforme apresentado nas Tabelas 4, 5, 6, 7, 8 e 9 e Figuras de 12, 13, 14 e 15.

Tabela 3. Uso do solo e metragem da área de preservação permanente – APP.

Sub-bacia	Cobertura Vegetal – APP	Distância da margem do córrego (m)
Córrego Lanhoso CLn	Cobertura vegetal arbórea Influência pastagem Formação Uberaba - LVd1	50
Córrego Borá 2 CB2	Cobertura vegetal arbórea Influência pastagem Formação Uberaba - LVd1	50
Córrego Borá 1 CB1	Cobertura vegetal arbórea Influência pastagem Formação Uberaba - LVd1	30
Córrego Mangabeira 2 CM2	Cobertura vegetal arbórea Influência pastagem e agricultura Formação Serra Geral - LVd1	30
Rio Uberaba RU	Cobertura vegetal arbórea Influência pastagem Formação Uberaba - LVdf2	30
Córrego Mangabeira 1 CM1	Cobertura vegetal arbórea Influência pastagem Formação Serra Geral - LVdf2	15
Córrego Alegria CA	Cobertura vegetal arbórea Influência pastagem Formação Uberaba - LVdf2	15
Córrego Lajeado CLj	Cobertura sem vegetação Influência pastagem Formação Serra Geral - LVdf2	15

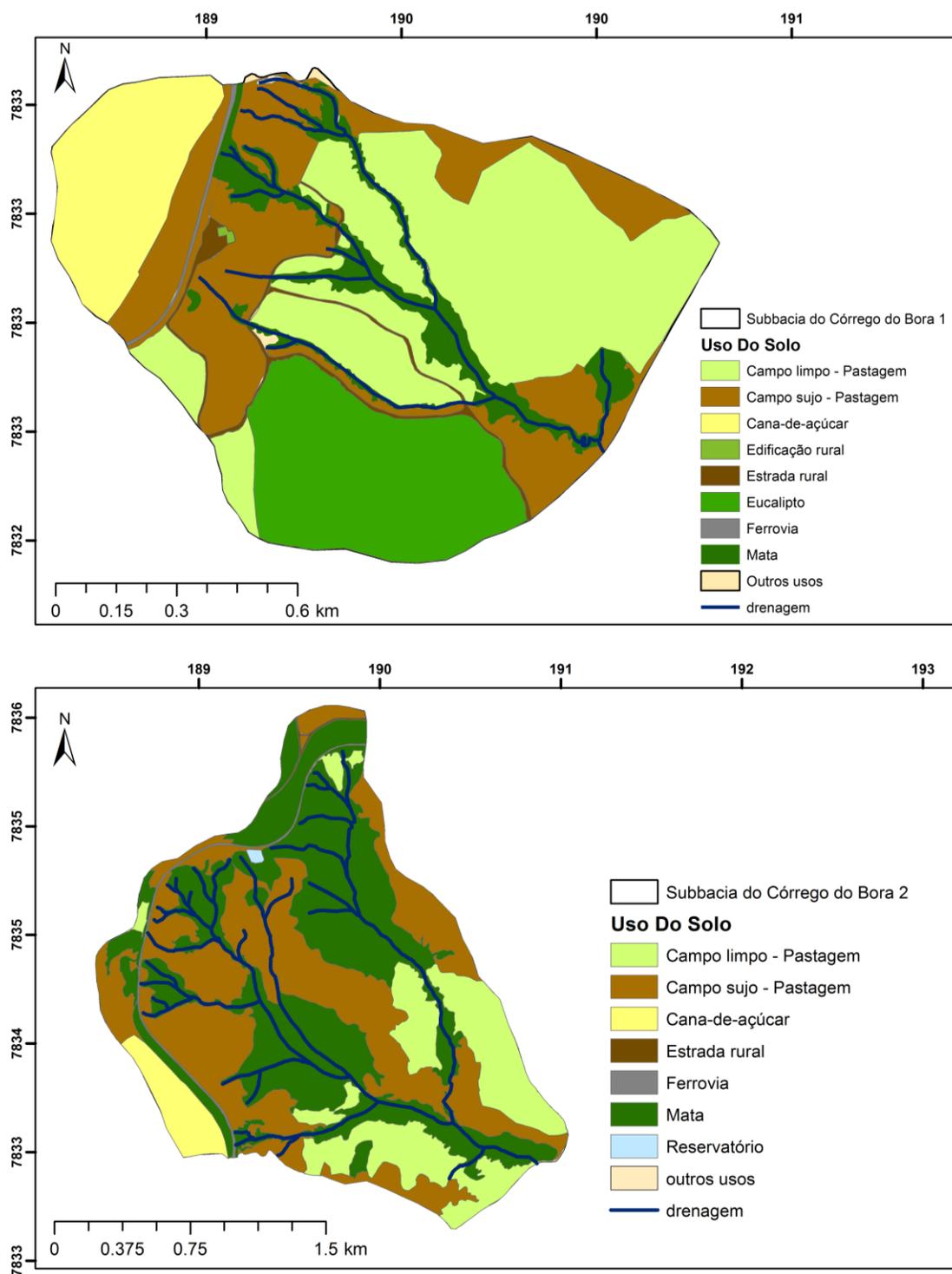


Figura 12. Uso do solo na sub-bacia Córrego Borá 1 e Córrego Borá 2.

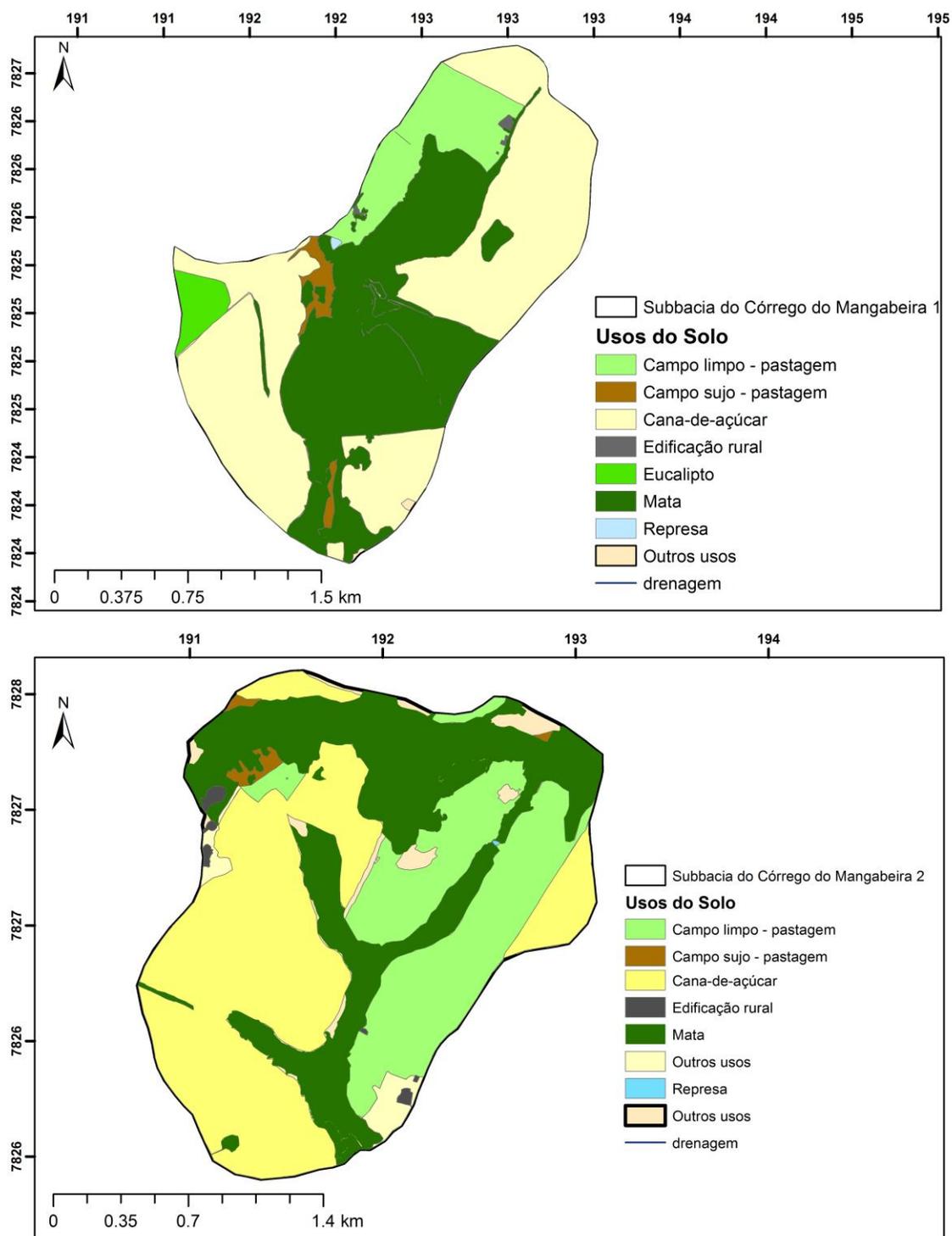


Figura 13. Uso do solo na sub-bacia Córrego Mangabeira 1 e Mangabeira 2.

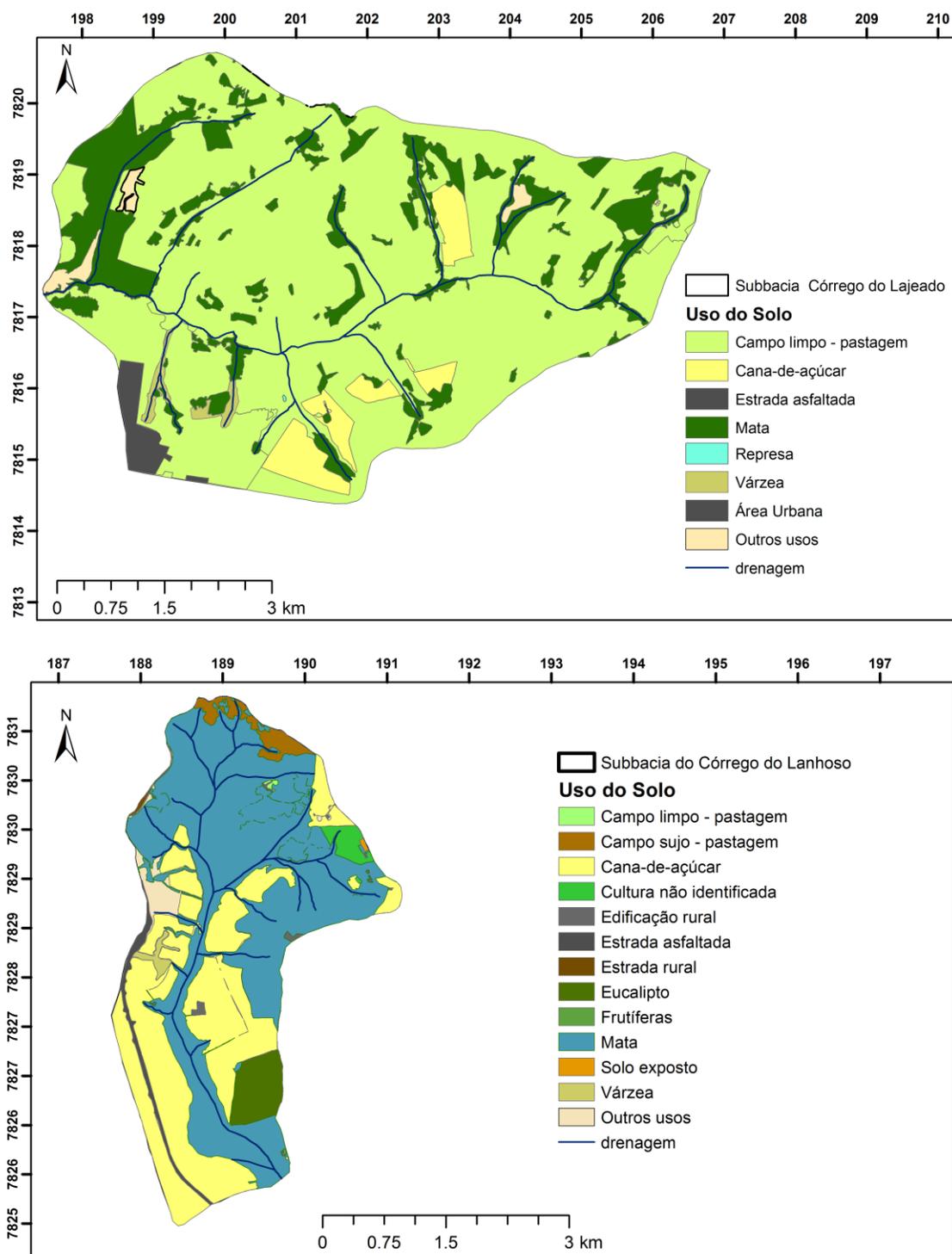


Figura 14. Uso do solo na sub-bacia Córrego Lajeado e Córrego Lanhoso.

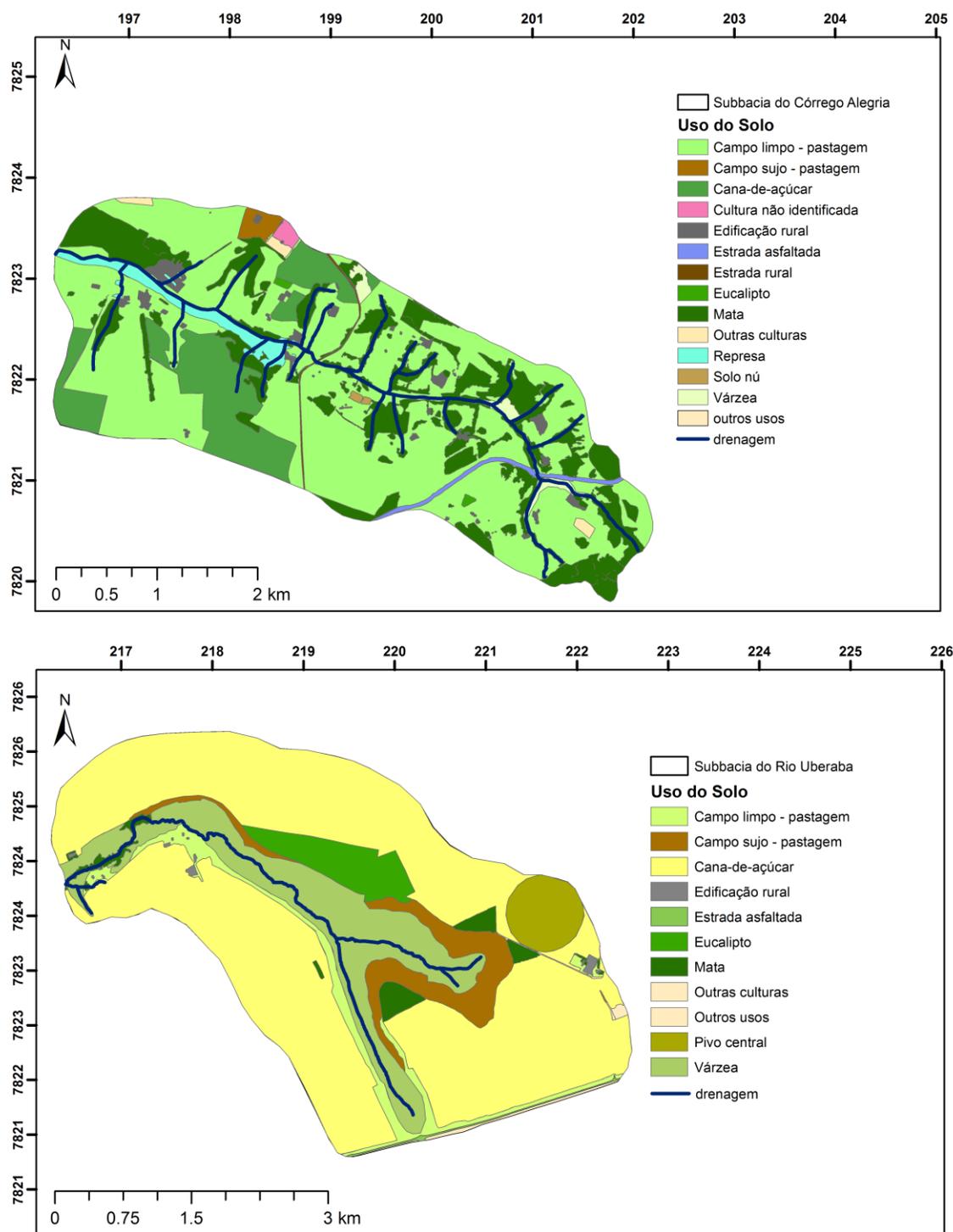


Figura 15. Uso do solo na sub-bacia Córrego Alegria e Rio Uberaba.

Tabela 4. Uso do solo na sub-bacia Córrego Lanhoso.

Uso/ocupação do Solo – Córrego Lanhoso		
	ha	%
Mata	660,38	53,10
Campo sujo - pastagem	26,93	2,17
Campo limpo - pastagem	3,76	0,30
Cana-de-açúcar	425,59	34,22
Estrada asfaltada	19,35	1,56
Várzea	7,56	0,61
Cultura não identificada	16,78	1,35
Edificação rural	5,26	0,42
Estrada rural	1,54	0,12
Eucalipto	44,93	3,61
Frutíferas	0,20	0,02
Outros usos	31,36	2,52
Área total	1243,64	100,00

Tabela 5. Uso do solo na sub-bacia Córrego Mangabeira 1 e Mangabeira 2.

Uso/ocupação do Solo – Córrego Mangabeira 1		
	ha	%
Mata	134,81	36,13
Campo sujo - pastagem	6,27	1,68
Campo limpo - pastagem	36,87	9,88
Cana-de-açúcar	184,39	49,42
Eucalipto	8,61	2,31
Edificação rural	0,70	0,19
Represa	0,28	0,08
Outros usos	1,16	0,31
Área Total	373,09	100,00
Uso/ocupação do Solo – Córrego Mangabeira 2		
	ha	%
Mata	131,85	30,91
Campo sujo - pastagem	3,10	0,73
Campo limpo - pastagem	102,24	23,97
Cana-de-açúcar	168,58	39,52
Edificação rural	2,41	0,56
Represa	0,07	0,02
Outros usos	18,35	4,30
Área Total	426,6	100,00

Tabela 6. Uso do solo na sub-bacia Córrego Borá 1 e Córrego Borá 2.

Uso/ocupação do Solo – Córrego Borá 1	ha	%
Mata	12,56	9,21
Campo sujo - pastagem	33,14	24,31
Campo limpo - pastagem	47,88	35,12
Cana-de-açúcar	15,31	11,23
Eucalipto	23,83	17,48
Edificação rural	0,10	0,07
Estrada rural	2,46	1,80
Ferrovias	0,46	0,34
Outros usos	0,58	0,43
Área total	136,32	100,00
Uso/ocupação do Solo – Córrego Borá 2	ha	%
Mata	170,82	41,72
Campo sujo - pastagem	149,81	36,59
Campo limpo - pastagem	69,60	17,00
Cana-de-açúcar	14,41	3,52
Estrada rural	0,82	0,20
Ferrovias	2,54	0,62
Reservatório	0,55	0,13
Outros usos	0,88	0,21
Área total	409,43	100,00

Tabela 7. Uso do solo na sub-bacia Córrego Alegria.

Uso/ocupação do Solo – Córrego Alegria	ha	%
Mata	282,44	22,36
Campo sujo - pastagem	9,49	0,75
Campo limpo - pastagem	727,45	57,58
Cana-de-açúcar	144,84	11,46
Eucalipto	2,13	0,17
Edificação rural	25,77	2,04
Estrada rural	3,54	0,28
Estrada asfaltada	9,95	0,79
Outras culturas	6,78	0,54
Represa	30,47	2,41
Solo nú	1,51	0,12
Várzea	14,99	1,19
Cultura não identificada	4,07	0,32
Área total	1263,43	100,00

Tabela 8. Uso do solo na sub-bacia Córrego Lajeado.

Uso/ocupação do Solo – Córrego Lajeado	ha	%
Mata	650,4	17,28
Campo sujo - pastagem	11,63	0,31
Campo limpo - pastagem	2831,53	75,21
Cana-de-açúcar	165,03	4,38
Estrada asfaltada	0,02	0,00
Área urbana	58,82	1,56
Represa	0,31	0,01
Várzea	28,38	0,75
Outros usos	18,68	0,50
Área total	3764,8	100,00

Tabela 9. Uso do solo na sub-bacia Rio Uberaba.

Uso/ocupação do Solo – Rio Uberaba	ha	%
Mata	59,05	3,40
Campo sujo - pastagem	100,33	5,78
Campo limpo - pastagem	75,12	4,32
Cana-de-açúcar	1106,17	63,68
Eucalipto	67,84	3,91
Edificação rural	4,79	0,28
Estrada Asfaltada	4,73	0,27
Pivot Central	55,37	3,19
Várzea	261,25	15,04
Outras culturas	0,38	0,02
Outros usos	1,94	0,11
Área total	1736,97	100,00

De acordo com os dados apresentados nas Tabelas 3 a 9 e Figuras 12 a 15, os usos do solo relativo à presença de mata nativa foi de 53,10 % na sub-bacia Córrego Lanhoso; 36,13 % no Mangabeira 1; 30,91 % no Mangabeira 2; 9,21% no Borá 1; 41,72% no Borá 2; 22,36% no Alegria; 17,28% no Lajeado e 3,40% no Rio Uberaba. A cobertura vegetal arbórea foi observada ao longo da rede de drenagem de cada sub-bacia, em diferentes metragens (15 m; 30 m e 50 m); matas de encosta na forma de

fragmentos isolados predominam na sub-bacia do Córrego Lajeado em praticamente os 18% da área de mata.

A cobertura de campo limpo- pastagem foi observada em todas as sub-bacias, com maior área nas sub-bacias do Alegria (57,6%) e do Lajeado (75,21%). A cultura de cana-de-açúcar também se destaca em todas as sub-bacias, com maior superfície na sub-bacia do Rio Uberaba, em 64%. Outros usos como reflorestamentos de eucalipto; campo limpo<sup>11</sup>-pastagem, campo sujo<sup>12</sup>-pastagem, agricultura sob sistema de irrigação por pivô central, edificação rural, entre outros foram observados.

Embora a cana-de-açúcar, o eucalipto e a pastagem ainda continuem sendo as atividades de produção predominante na maior parte das sub-bacias, outros usos vêm ganhando importância crescente nesse espaço, o que, na maior parte dos casos, vem ocorrendo em áreas antes ocupadas com pastagem, fato observado na sub-bacia do Rio Uberaba com áreas de pivô central com o uso de água superficial para a irrigação.

Os usos do solo em cada sub-bacia apresentam, entre si, diferenças, tanto em áreas como em padrões de elementos de reconhecimento, como forma, textura, cor, tonalidade etc., corroborando os trabalhos desenvolvidos por Pissarra et al. (2013). As diferenças também se expressam em problemas antrópicos sendo necessário ações mitigadoras ou corretivas, requisitos de sustentabilidade (SKORUPA, 2012).

A informação sobre o uso do solo pode ser usada para desenvolver soluções para a gestão de problemas relacionados aos recursos naturais, como, por exemplo, qualidade da água e do solo. O levantamento do uso do solo é de grande importância, na medida em que a ocupação desordenada causa a deterioração do meio ambiente (VALERA et.al., 2017). Geralmente onde não há adequado planejamento do uso do solo ou sua execução não segue o planejado, ocorre degradação do solo e dos demais recursos naturais (LAL, 1990; LAL, 2001; WESSELS; PRINCE; RESHEF, 2008).

---

<sup>11</sup> Formação de Cerrado caracterizada por extensões de terras recobertas por plantas herbáceas, principalmente, gramíneas, sem matas, caracterizando uma área de pastagem natural (pastagem onde a vegetação original é composta principalmente de espécies herbáceas e arbustos nativas da região).

<sup>12</sup> Formação de Cerrado com fisionomia herbácea e arbustiva, com arbustos e subarbustos espaçados entre si, caracterizando uma área de pastagem natural.

De acordo com os dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), cerca de 33% das terras têm alto ou médio grau de degradação (NACHTERGAELE, 2011). Dentre os fatores que podem causar a degradação dos solos agricultáveis no mundo incluem-se: processos erosivos, compactação, preparo do solo, poluição química em razão da utilização de insumos agrícolas, como fertilizantes, inseticidas e herbicidas.

No intuito de minimizar a degradação dos solos, a estruturação rural reflete a realidade da espacialização das atividades e a existência das expansões projetadas, que se consolida através das diretrizes gerais e setoriais de desenvolvimento e de expansão do Município de Uberaba.

#### **4.2 Recurso Hídrico**

Na análise da qualidade da água, foram determinados os valores dos indicadores físicos e químicos: temperatura – T (C°); potencial hidrogeniônico (pH); potencial de oxidação-redução (ORP) (mV); condutividade (Cond.) (mS/cm); turbidez (Turb) (NTU); oxigênio dissolvido (OD) (mg/L); déficit de oxigênio dissolvido (DOD) (%); sólido total dissolvido (STD) (g/L). A caracterização química do recurso hídrico das redes de drenagem das sub-bacias é apresentada nas Tabelas 10 e 11. Na análise estatística, foi considerada a espacialização (diferenças entre as sub-bacias) e a temporalidade (duas épocas principais: chuva - janeiro, fevereiro, março, abril, outubro, novembro e dezembro; e seca - maio, junho, julho, agosto e setembro), conforme Balanço Hídrico da região (Figura 4). Na espacialização das sub-bacias observa-se a diferença entre os valores de temperatura, pH, potencial de oxi-redução, condutividade elétrica, turbidez e oxigênio dissolvido, déficit de oxigênio dissolvido e sólido total dissolvido (Tabelas 10 e 11), o que caracteriza a variação quanto ao uso do solo e manejo (Tabelas 3 a 9).

Tabela 10. Atributos da água nas sub-bacias da APA do Rio Uberaba – MG.

Bacias		T °C			pH			ORP			Cond.		
Lanhoso													
50 m	CLn	19.67	cd***	±2.6	7.43	a***	±0.4	204.68	a***	±74.6	<b>0.09</b>	<b>a***</b>	±0.03
Mangabeira 1													
15 m	CM1	<b>19.04</b>	<b>d***</b>	±2.6	7.10	b***	±0.5	140.12	cd***	±34.9	0.06	bc***	±0.02
Mangabeira 2													
30 m	CM2	20.08	bc***	±2.3	7.00	b***	±0.5	153.24	bc***	±43.2	0.07	b***	±0.02
Borá 1													
30 m	CB1	<b>21.32</b>	<b>a***</b>	±2.1	7.46	a***	±0.5	136.14	cd***	±56.2	<b>0.03</b>	<b>f***</b>	±0.02
Borá 2													
50 m	CB2	20.28	bc***	±2.1	<b>7.50</b>	<b>a***</b>	±0.4	<b>118.42</b>	<b>d***</b>	±79.9	0.07	b***	±0.04
Lajeado													
15 m	CLj	21.05	a***	±2.8	7.44	a***	±0.6	167.51	b***	±74.5	0.05	de***	±0.02
Alegria													
15 m	CA	20.65	ab***	±3.3	7.35	a***	±0.6	169.90	b***	±63.2	0.06	cd***	±0.01
Rio Uberaba													
30 m	RU	21.14	a***	±2.4	<b>6.21</b>	<b>c***</b>	±1.0	<b>215.53</b>	<b>a***</b>	±88.0	0.04	ef***	±0.05
Estações													
Chuva	C	21.83	a***	±2.1	7.10	b***	±0.7	159.48	b**	±75.9	0.05	a***	±0.03
Seca	S	18.13	b***	±1.8	7.30	a***	±0.6	169.14	a**	±60.9	0.06	a***	±0.08

\* temperatura – T (C°); potencial hidrogeniônico (pH); potencial de oxidação-redução (ORP) (mV); condutividade (Cond.) (mS/cm).

Tabela 11. Atributos da água nas sub-bacias da APA do Rio Uberaba – MG.

Bacias		Turb.			O D			DOD			STD		
Lanhoso													
50 m	CLn	2.03	d***	±2.0	<b>11.58</b>	a***	±11.3	<b>124.81</b>	a***	±111.01	<b>0.06</b>	a***	±0.019
Mangabeira 1													
15 m	CM1	6.25	cd***	±6.1	7.64	b***	±1.3	84.72	b***	±14.4	0.04	bc***	±0.010
Mangabeira 2													
30 m	CM2	<b>3.75</b>	d***	±2.9	7.32	b***	±1.6	83.23	b***	±18.7	0.05	b***	±0.011
Borá 1													
30 m	CB1	21.91	abc***	±47.5	7.17	b***	±1.0	83.27	b***	±13.5	<b>0.02</b>	f***	±0.015
Borá 2													
50 m	CB2	27.26	ab***	±39.6	7.62	b***	±1.3	86.71	b***	±16.0	0.05	b***	±0.026
Lajeado													
15 m	CLj	15.76	bcd***	±35.0	7.28	b***	±1.4	83.82	b***	±16.5	0.03	de***	±0.015
Alegria													
15 m	CA	<b>35.94</b>	a***	±112.4	7.01	b***	±1.1	<b>79.99</b>	b***	±12.9	0.04	cd***	±0.009
Rio Uberaba													
30 m	RU	4.32	d***	±9.4	<b>6.99</b>	b***	±1.2	80.79	b***	±14.8	0.03	ef***	±0.032
Estações													
Chuva	C	21.08	a***	±60.1	8.10	a**	±5.5	93.21	a***	±53.9	0.037	b***	±0.022
Seca	S	4.36	b***	±12.8	7.40	b**	±1.5	80.75	b***	±16.2	0.042	a***	±0.021

Turbidez (Turb) (NTU); oxigênio dissolvido (OD) (mg/L); déficit de oxigênio dissolvido (DOD) (%); sólido total dissolvido (STD) (g/L).

Os parâmetros da água analisados na temporalidade, com exceção da condutividade elétrica, nas sub-bacias, apresentaram valores em conformidade com o regime climático normal, com uma variação sazonal bem definida, sendo possível distinguir os dois períodos: época das chuvas e época das secas.

A variação espacial dos valores de temperatura – T (C°); potencial hidrogeniônico (pH); potencial de oxidação-redução (ORP) (mV); condutividade (Cond.) (mS/cm); turbidez (Turb) (NTU); oxigênio dissolvido (OD) (mg/L); déficit de oxigênio dissolvido (DOD) (%); sólido total dissolvido (STD) (g/L) foi diferente entre as áreas estudadas, refletindo também no estado de maior atuação antrópica na área da sub-bacia (Tabelas 10 e 11). De acordo com Branco (1986), CETESB (2005) e Tundisi et al., (2004), as diferenças dos atributos físico-químicos refletem o papel fundamental de controle no meio aquático, condicionando as influências de uma série de processos que ocorrem *in loco* nas sub-bacias e ao longo do tempo.

Os valores médios verificados dos atributos da água nas sub-bacias diferiram significativamente entre si, com diferenças extremas entre Borá1 (30 m) e Mangabeira 1 (15 m) para os valores de T°C; Borá 2 (50 m) e Rio Uberaba (30 m) para pH e ORP; Lanhoso (50 m) e Borá 1 (30 m) para Cond.; Mangabeira 2 (30 m) e Alegria (15 m) em Turbidez; Lanhoso (50 m) e Rio Uberaba (30 m) no OD; Lanhoso (50 m) e Alegria (15 m) no DO; e Lanhoso (50 m) e Borá 1 (30 m) para TDS.

A presença da mata tende a manter a temperatura com menor variabilidade, pois há menor incidência de radiação solar diretamente no recurso hídrico (ARCOVA; CICCIO, 1999), conforme se observa nas sub-bacias Borá 1 e Borá 2, que apresentaram menor desvio padrão da média (2,1°C) . Comportamento semelhante foi observado em trabalhos desenvolvidos por Swift e Messer (1997) e Carvalho et al. (2000).

Os valores de temperatura, dentre os atributos da água, permitem compreender outras medidas hidrológicas, como pH, potencial de oxidorredução (ORP), e condutividade (Cond) (Tabelas 10 e 11). A temperatura influencia a quantidade e a diversidade de seres vivos aquáticos. Mesmo nas sub-bacias onde a temperatura é relativamente constante, pequenas diferenças nas temperaturas das estações podem

influenciar o crescimento das espécies vegetais e animais, principalmente espécies ribeirinhas, conforme os trabalhos desenvolvidos por Arcova e Cicco (1999); Carvalho *et al.* (2000) e Tundisi *et al.* (2004).

Segundo Tundisi *et al.*, (2004), quando a temperatura do corpo hídrico apresenta maiores amplitudes, o local é considerado mais poluído. A maior variabilidade entre os valores médios de temperatura ( $20,65^{\circ}\text{C} \pm 3,3$ ) ocorre na sub-bacia Alegria (15 m) e na estação chuvosa ( $21,83^{\circ}\text{C}$  a  $^{***} 2,1$ ), o que comprova que a ausência de áreas de mata pode contribuir para tal comportamento, tendo em vista que nestas áreas a proteção ao redor do recurso hídrico é menor.

Este fato é comprovado nos maiores valores de turbidez ( $35,94^{\circ}\text{C}$  a  $^{***}$ ;  $\pm 112,4$ ) que ocorre na sub-bacia Alegria. Como os maiores valores de turbidez foram encontrados na sub-bacia Alegria (15 metros de APP), no período das chuvas, diferindo significativamente das demais, o fato pode ser explicado pelo arraste de partículas da área da sub-bacia hidrográfica, contribuindo para uma concentração maior neste ponto de amostragem. Este exemplo mostra, também, o caráter sistêmico da poluição, ocorrendo inter-relações ou transferência de problemas de um ambiente (água e solo) para outro (ARCOVA; CICCO, 1999; PATEMIANI; PINTO, 2001; CETESB, 2005; KUMMER *et al.*, 2007).

Como a intensidade do manejo do uso do solo nas vertentes das sub-bacias pode ser categorizada como baixa ou alta (MERCANTE *et al.*, 2003), na análise das atividades antrópicas nas sub-bacias com APP de 15 metros (Tabelas 5, 7 e 8) verificou-se que ocorre a alteração resultante do uso do solo em cada uma delas, o que pode acarretar na mudança da forma como a água é transportada e armazenada.

Na sub-bacia Alegria ocorre a maior fragmentação da cobertura vegetal arbórea em detrimento das sub-bacias Mangabeira 1 e Lajeado, bem como a área de pastagem, que se encontra na categoria de campo limpo, o que acarreta menor proteção do recurso hídrico decorrente da cobertura vegetal arbórea, o que pode intensificar o volume e a velocidade do escoamento das águas das chuvas; e o aumento da

frequência e da severidade dos processos erosivos. Pacheco et al. (2014) também observou processos semelhantes em bacias hidrográficas de Portugal.

A intensidade do uso do solo influencia o escoamento das águas na superfície das sub-bacias, e os impactos associados ao manejo do solo vão além dos processos erosivos. Como o período de precipitação é cíclico ao longo do tempo, em resposta às cargas de água que a sub-bacia recebe, o escoamento e a produção dos sedimentos gerados pelas ações antrópicas causam mudanças significativas no meio.

Essas mudanças físicas aparentes resultam em danos menos facilmente reconhecíveis à função ecológica da sub-bacia, e os processos de carreamento das partículas, observado na variável Turbidez, interferem nos problemas de qualidade hídrica das sub-bacias, o que destrói o hábitat ribeirinho. Semelhante foi observado em trabalhos desenvolvidos por Pacheco et al. (2014) e Valle Junior et al. (2014).

As ações antrópicas pressupõem que a qualidade da água é prejudicada, e à medida que essas ações aumentam, ocorre o impacto negativo, e as alterações físicas e químicas como temperatura, pH, ORP, Cond.; Turb, OD, DO e TDS tornam-se mais variáveis, causando, em pontos específicos, os impactos ecológicos, com danos ambientais muitas vezes irreversíveis, verificado claramente na sub-bacia Alegria que apresenta 15 metros de APP.

As mudanças hidrológicas, físicas e ecológicas, causadas nas sub-bacias pelas atividades de manejo do solo e pela diminuição das APPs podem ter um impacto dramático sobre a função natural dos ecossistemas ciliares. Quando aumenta a poluição, a qualidade pode diminuir, e a combinação pode ser devastadora. Muitos estudos encontram a relação direta entre a intensidade das atividades antrópicas nas sub-bacias e o grau de degradação do solo (PACHECO et al., 2016; VALERA et al., 2017). O resultado final é um sistema alterado para pior.

A compreensão desta problemática para as decisões locais de uso do solo pode ajudar a orientar o desenvolvimento apropriado. Existem várias opções que podem ser empregadas para reduzir os impactos do desenvolvimento na quantidade e na qualidade da água. Prevenir esses impactos em primeiro lugar é a abordagem mais

efetiva (e econômica) e deve ser enfatizada com ações de reflorestamento das APPs em áreas mais específicas que assegurem a proteção dos recursos hídricos.

A análise do índice de qualidade da água (IQA, Tabela 12) permitiu averiguar e confirmar que as alterações nos parâmetros da água (Tabelas 10 e 11) têm impactos ambientais efetivos nos recursos hídricos e solo das matas ciliares.

Tabela 12. Índice de qualidade da água (IQA) e sua classificação nas Bacias hidrográficas.

Bacia	Largura APP	Uso Agrícola	Mata	IQA	Classe
	M	%	%		
Mangabeira 1	15	63,65	36,08	30,8	Ruim
Lajeado	15	67,94	30,50	30,0	Ruim
Alegria	15	75,39	21,27	28,3	Ruim
Uberaba	30	81,54	3,43	28,7	Ruim
Borá 1	30	88,78	9,25	29,4	Ruim
Mangabeira 2	30	68,01	31,09	31,0	Ruim
Lanhoso	50	62,14	37,52	33,4	Ruim
Borá 2	50	56,70	40,54	29,3	Ruim

As águas das bacias com o IQA calculado podem ser consideradas de qualidade ruim, o que demonstra que mesmo uma largura de APP de 50 m não condiciona proteção do recurso hídrico (Tabela 12) e do solo (Figuras 12 a 19). Logo, os 30 m previstos na Lei Federal 12651/2012 não satisfazem as necessidades de preservação dos recursos água e solo nas bacias avaliadas. A qualidade da água reflete os efeitos agregados de vários processos ao longo do caminho percorrido pela mesma e é influenciada pelas características da bacia hidrográfica (MASSOUD, 2012). Portanto, é importante avaliar a qualidade de água para adequá-la ao seu respectivo uso (SINGH et al., 2005). Nota-se, como avaliado, que o uso agrícola varia de 56,7% a 88,78% da área territorial das bacias, enquanto que as matas ciliares preponderam na faixa de 3,43 a 40,54% (Tabela 12). É possível, portanto, depreender que o uso agrícola tem efetivo impacto na qualidade das águas superficiais e do solo.

Os dados da Tabela 12 comprovam que o ecossistema das bacias avaliadas, compreendido como solo e água, sofre alteração adversa inserindo-se no conceito legal de dano ambiental previsto na Lei Federal 6938/1981 – Artigo 3º – ensejando à aplicação do princípio do poluidor-pagador, o qual impõe tríplice responsabilidade, civil, penal e administrativa, para o proprietário ou possuidor do imóvel rural, na forma do artigo 225, §3º, da Constituição Federal de 1988.

### **4.3 Solo**

Na análise do solo, foram consideradas as áreas protegidas cobertas por vegetação nativa, consideradas como mata, e demais formas de vegetação natural, que estavam situadas ao longo do curso d'água principal desde o seu nível mais alto em cada sub-bacia, em faixa marginal, cuja largura mínima constava de 50 m; 30 m e 15 m (Tabela 03).

Os atributos referentes à análise descritiva dos dados para cada atributo do solo avaliado estão apresentados nas Tabelas 13 e 14.

Os resultados dos valores dos parâmetros resultantes da caracterização física e química são apresentados em dois períodos: 1 (abril/chuva) e 2 (novembro/seca), a partir dos valores de pH, Al, Ca, Mg, H+Al, SB, t e T estão na Parte 1 e K, P, V, m, MO, C.Org., Areia, Silte e Argila estão na Parte 2 (Figuras 16 a 31).

Tabela 13. Atributos do solo na área de preservação permanente – APP

APP - 50 metros																	
Abril	pH	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	t	T	K	P	V	m	MO	C.Org	Areia	Silte	Argila
					cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	%	%	dag kg <sup>-1</sup>	dag kg <sup>-1</sup>	%	%	%
Menor	5.3	0	0.4	0.2	1.3	0.7	1.7	3.5	19	0.4	17	0	1	0.6	32	12	8
Maior	6.7	1.6	5.4	1.8	9.8	6.7	7.5	14.6	135	8.5	78.1	60.5	5.9	3.4	76	46	26
Média	5.8	0.6	2.2	0.9	4.5	3.2	3.8	7.7	54.6	2.8	43.4	17.3	3.1	1.8	60.5	23.4	16.1
DP	0.3	0.4	1.0	0.3	2.3	1.3	1.3	2.9	32.8	1.8	15.4	13.7	1.3	0.8	12.9	9.3	4.6
CV	5.6	71.7	44.3	39.4	50.6	39.7	32.8	37.0	60.1	65.5	35.4	79.2	42.1	42.1	21.4	39.9	28.2
Moda	5.7	0.8	2.5	0.8	4	3.4	3.8	6	29	2.5	45.9	0	2.4	1.4	70	19	12
Mediana	5.8	0.55	2.35	0.8	4.25	3.35	3.8	7.5	43.5	2.5	41.3	13.85	2.9	1.7	64	20.5	16
APP - 30 metros																	
Menor	4.8	0	0.2	0.1	0.8	0.4	0.8	2.9	20	0.4	4.6	0	1	0.6	21	5	9
Maior	7.3	1.2	6	1.3	11	6.7	6.7	11.8	170	137.3	89	72.6	14	8.1	86	64	28
Média	5.6	0.5	1.0	0.3	4.6	1.4	1.9	6.0	41.5	9.8	25.9	32.0	4.9	2.9	63.7	23.8	12.5
DP	0.5	0.3	1.2	0.2	2.8	1.4	1.2	2.6	25.0	24.7	20.8	19.4	4.7	2.8	18.9	17.9	2.9
CV	9.1	60.9	120.2	84.6	61.9	97.1	66.7	42.5	60.2	252.8	80.1	60.7	95.9	96.1	29.7	75.2	23.3
Moda	5.8	0.3	0.3	0.2	2.6	0.8	1.2	4.5	27	3.2	#N/D	24	1.6	0.9	81	7	10
Mediana	5.6	0.45	0.6	0.2	3.05	1	1.5	4.6	36.5	3.4	20.55	29.45	2.1	1.2	70	17	12
APP - 15 metros																	
Menor	4.4	0.1	0.2	0.1	1.7	0.5	1.1	2.7	20	0.4	4.8	0.9	0.9	0.5	18	6	11
Maior	7	1.7	8.4	3.6	12.3	11.4	11.5	18.4	490	41.4	64.3	76.6	4.5	2.6	83	42	51
Média	5.7	0.4	2.7	1.1	5.7	4.1	4.6	9.8	93.6	5.4	40.1	17.4	3.0	1.8	44.5	24.9	30.6
DP	0.6	0.5	2.5	0.9	2.8	3.3	3.1	4.6	84.2	8.3	19.4	23.4	0.9	0.5	18.5	10.2	10.0
CV	10.4	113.2	90.0	77.9	49.9	80.7	68.2	46.7	89.9	152.4	48.4	133.8	28.5	28.6	41.6	40.8	32.8
Moda	6	0.1	0.4	1	7	1.9	1.8	5.6	69	1.8	8.5	4.9	2.4	1.4	19	25	33
Mediana	5.9	0.2	1.5	0.95	5.6	2.65	3.05	10.5	67	1.8	47.05	4.9	3.2	1.85	48	25	31

Tabela 14. Atributos do solo na área de preservação permanente – APP.

APP - 50 metros																	
Novembro	pH	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	t	T	K	P	V	m	MO	C.Org	Areia	Silte	Argila
					cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				mg dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>	%	%	dag kg <sup>-1</sup>	dag kg <sup>-1</sup>	%	%	%
Menor	5.1	0	0.4	0.1	0.7	0.6	1.4	2.3	20	0	9.9	0	0.9	0.5	28	11	11
Maior	6.7	2.3	4.9	1.5	9.8	5.7	5.8	13.1	575	108	76.4	70.2	6	3.5	77	47	26
Média	5.6	0.7	2.0	0.6	4.8	2.8	3.5	7.6	75.4	6.0	40.6	22.2	3.0	1.8	61.8	21.3	17.0
DP	0.5	0.6	1.1	0.3	2.7	1.4	1.2	2.9	92.4	17.8	20.4	18.5	1.4	0.8	12.7	9.6	4.6
CV	8.1	82.8	53.6	49.3	56.9	48.1	34.3	38.2	122.5	297.4	50.2	83.2	45.2	45.6	20.6	44.9	27.1
Moda	5.4	0.1	1.1	0.5	5.6	1.6	1.9	8.1	26	2.5	31	0	3.6	2.1	72	22	16
Mediana	5.45	0.6	1.9	0.6	5	2.65	3.3	7.3	51	2.5	33.3	23.6	2.8	1.6	66.5	18	16
APP - 30 metros																	
Menor	4.2	0	0.2	0.1	1.2	0.3	0.6	2.6	17	0.4	3.3	0	0.7	0.4	30	3	9
Maior	7	1.1	2.7	0.8	13.7	3.6	3.7	14.2	330	43.8	73.4	69.8	21.2	12.3	86	58	27
Média	5.4	0.4	1.0	0.3	4.4	1.5	1.9	5.9	49.8	6.4	30.7	28.2	4.2	2.5	71.4	15.3	13.3
DP	0.7	0.3	0.8	0.3	3.6	1.0	0.9	3.3	45.5	9.9	22.6	22.5	5.4	3.1	17.2	17.1	3.1
CV	12.3	69.1	77.6	76.6	81.1	70.4	49.0	55.5	91.4	155.3	73.6	79.7	127.2	127.2	24.1	112.0	23.5
Moda	5.6	0.2	0.2	0.1	2.6	0.5	1.2	4.5	29	0.7	9.8	12.9	1.2	0.7	79	6	12
Mediana	5.55	0.3	0.75	0.2	2.6	1.1	1.45	4.65	38.5	2.9	20.7	21.45	1.4	0.8	79	6.5	12
APP - 15 metros																	
Menor	4.4	0	0.2	0.1	1.5	0.4	0.6	2.3	17	0.1	4.8	0	1	0.6	12	4	10
Maior	6.5	1.7	5.9	2.7	11	9	9.1	16.1	230	30.5	64.3	76.5	4.5	2.6	86	41	57
Média	5.5	0.3	2.0	0.8	5.0	3.0	3.3	8.0	70.0	3.9	36.9	14.9	2.9	1.7	41.5	22.7	35.8
DP	0.6	0.3	1.4	0.6	2.4	2.1	2.0	3.4	42.2	6.1	16.6	20.2	0.9	0.5	22.2	10.1	13.2
CV	10.4	103.3	72.2	74.5	47.3	69.6	60.0	42.2	60.3	156.9	44.9	135.9	32.8	32.7	53.5	44.5	36.8
Moda	5.8	0.1	0.3	0.6	5	2.2	1.7	3.6	29	0.4	41.1	6.4	2.4	1.4	14	13	32
Mediana	5.65	0.2	1.7	0.65	5	2.5	2.7	8.05	63	0.9	41.1	6.3	2.7	1.55	47.5	21.5	34

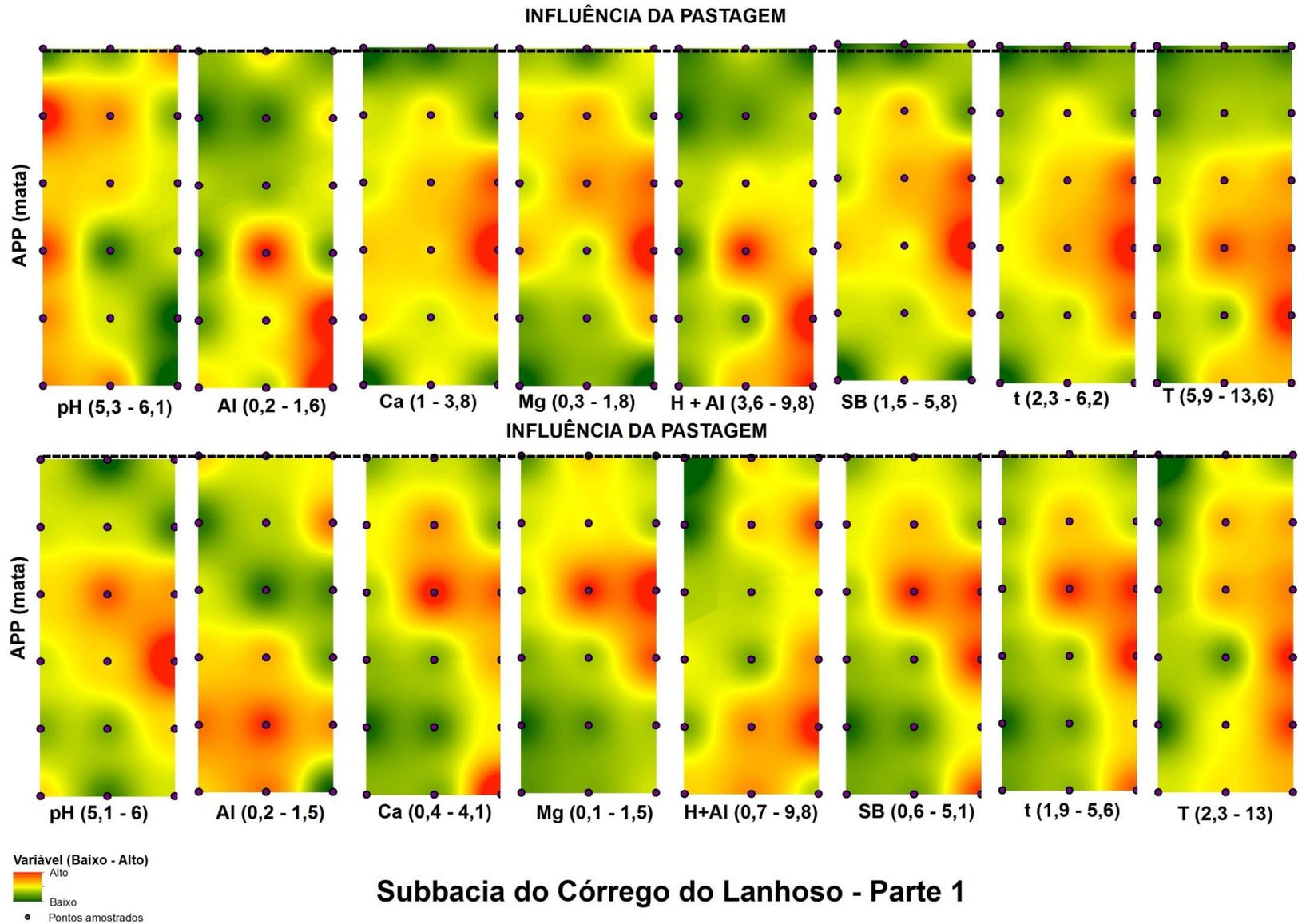


Figura 16. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Lanhoso – 50 metros. Na primeira linha coleta em abril, período úmido, na segunda linha, coleta em novembro, pós período seco.

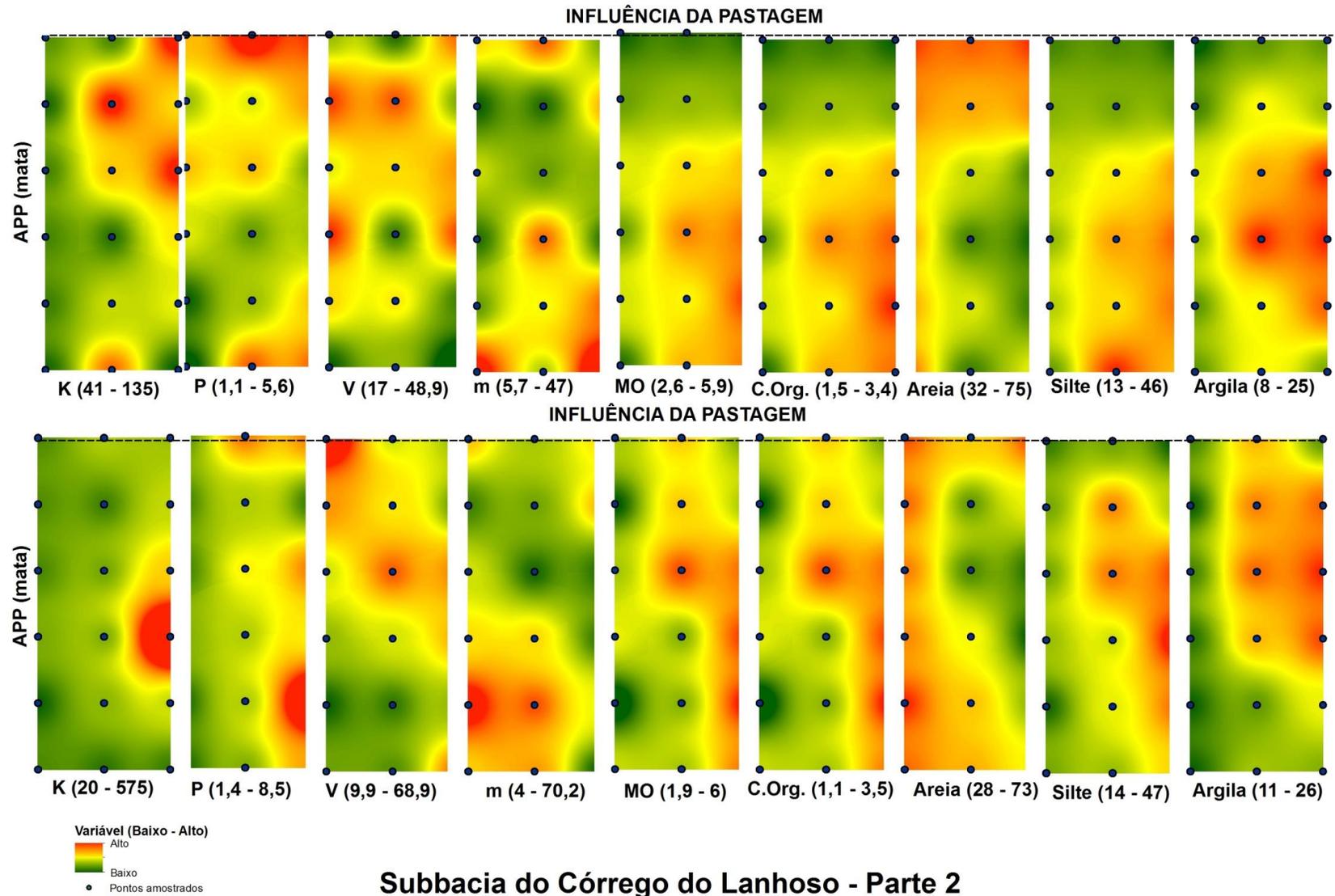


Figura 17. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Lanhoso – 50 metros. Na primeira linha coleta em abril, período úmido, na segunda linha, coleta em novembro, pós período seco.

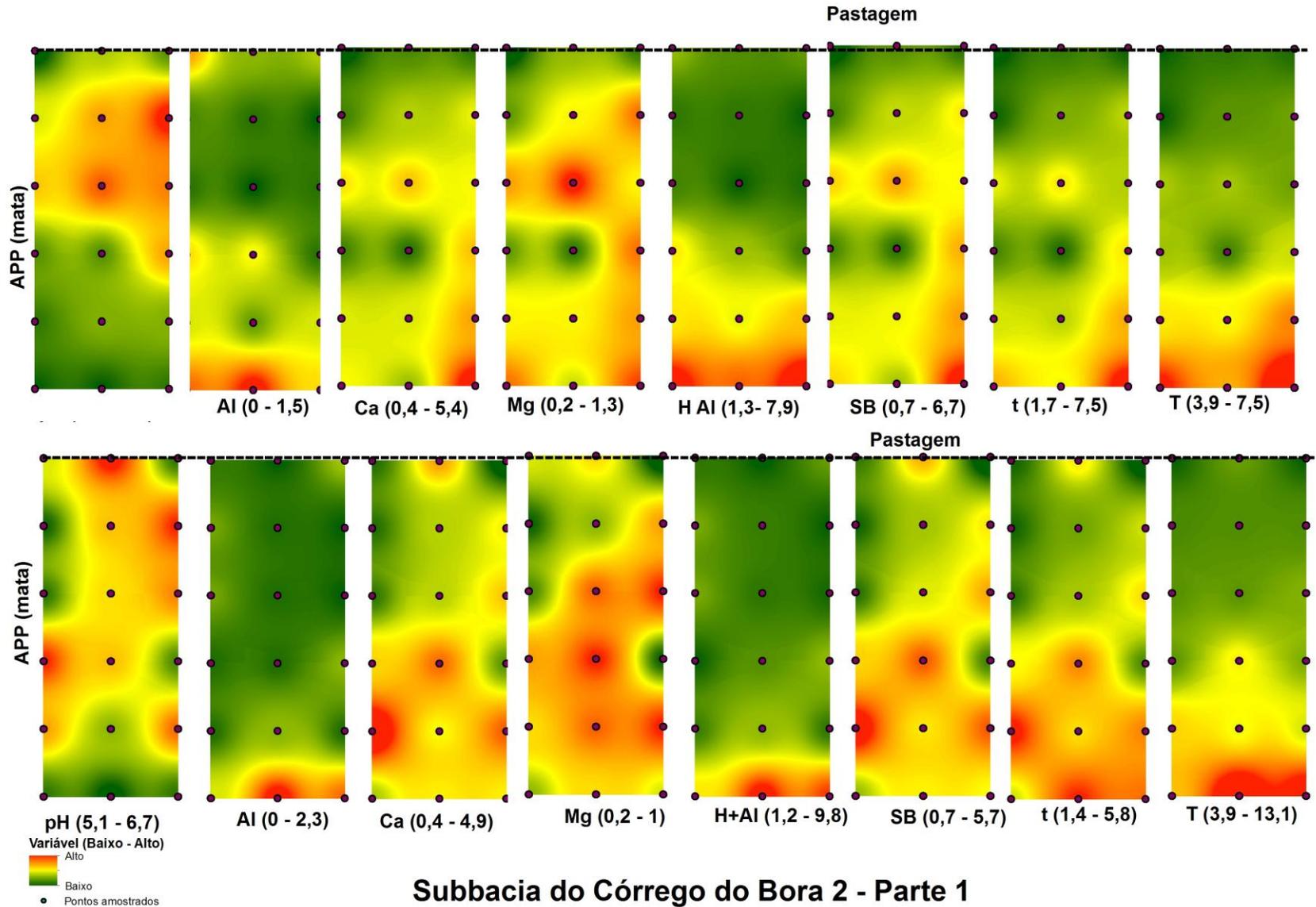


Figura 18. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Borá 2.- 50 metros. Na primeira linha coleta em abril, período úmido, na segunda linha, coleta em novembro, pós período seco.

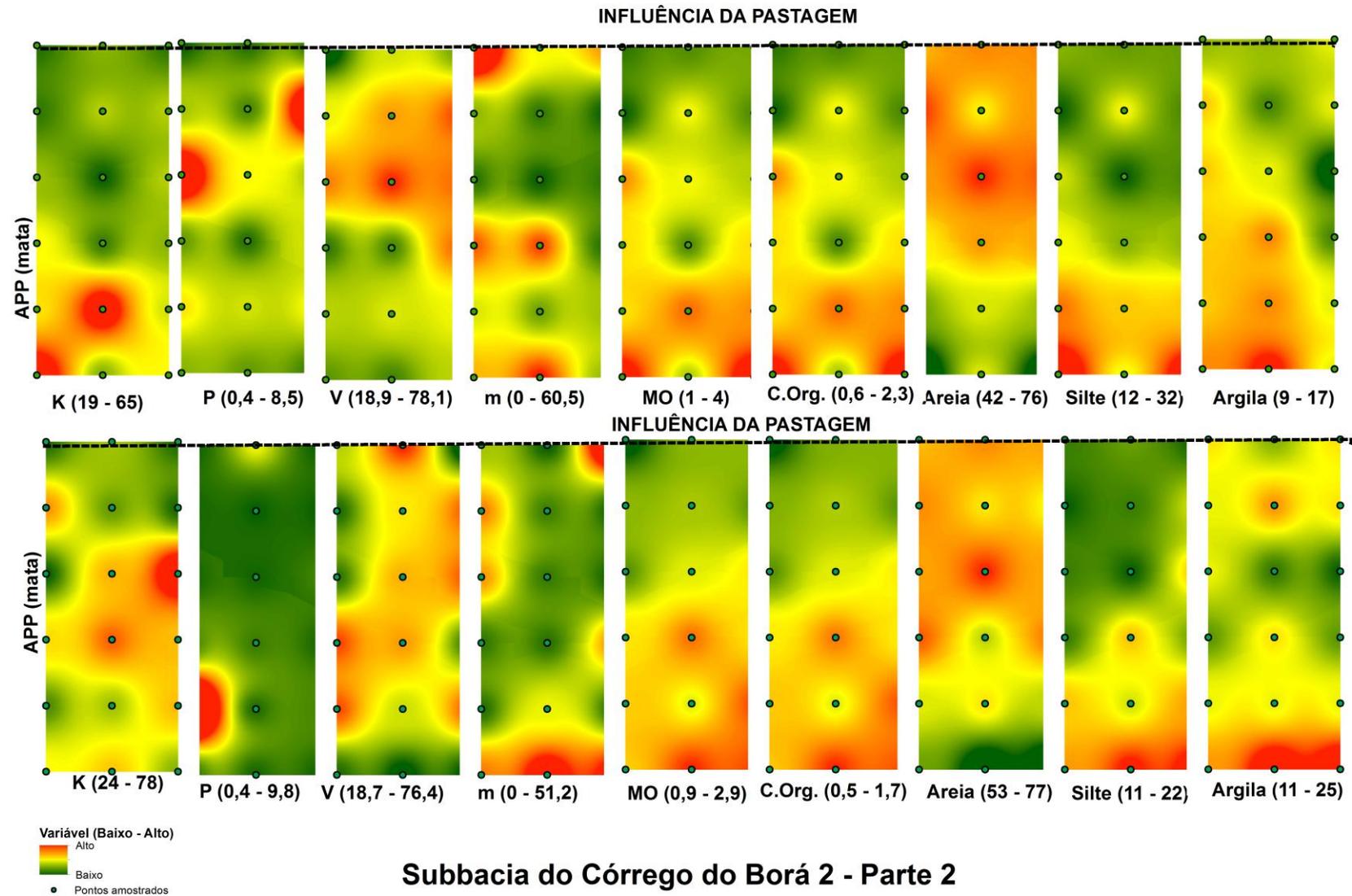


Figura 19. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Borá 2.- 50 metros. Na primeira linha coleta em abril, período úmido, na segunda linha, coleta em novembro, pós período seco.

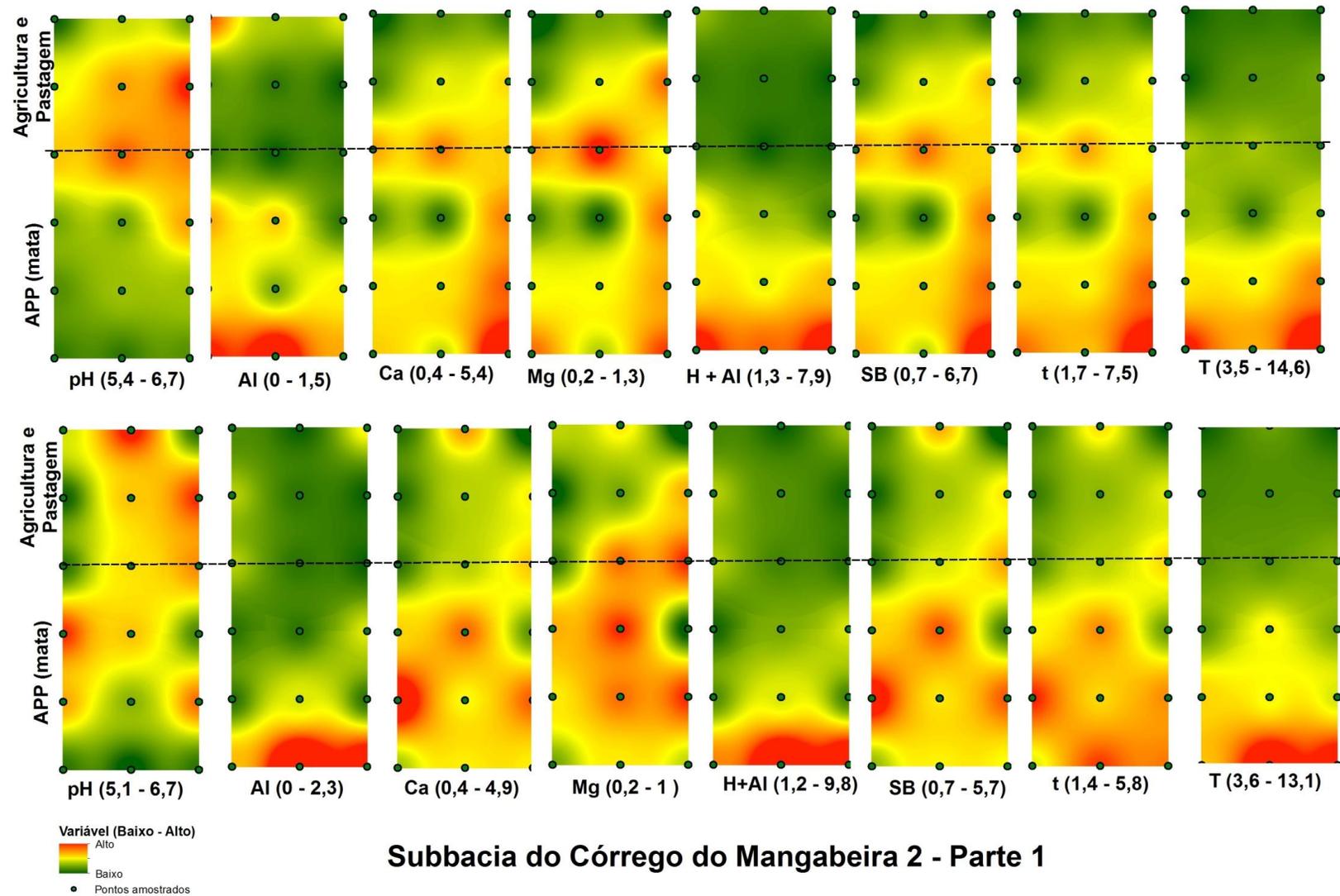


Figura 20. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Mangabeira 2 – 30 metros. Na primeira linha coleta em abril, período úmido, na segunda linha, coleta em novembro, pós período seco.

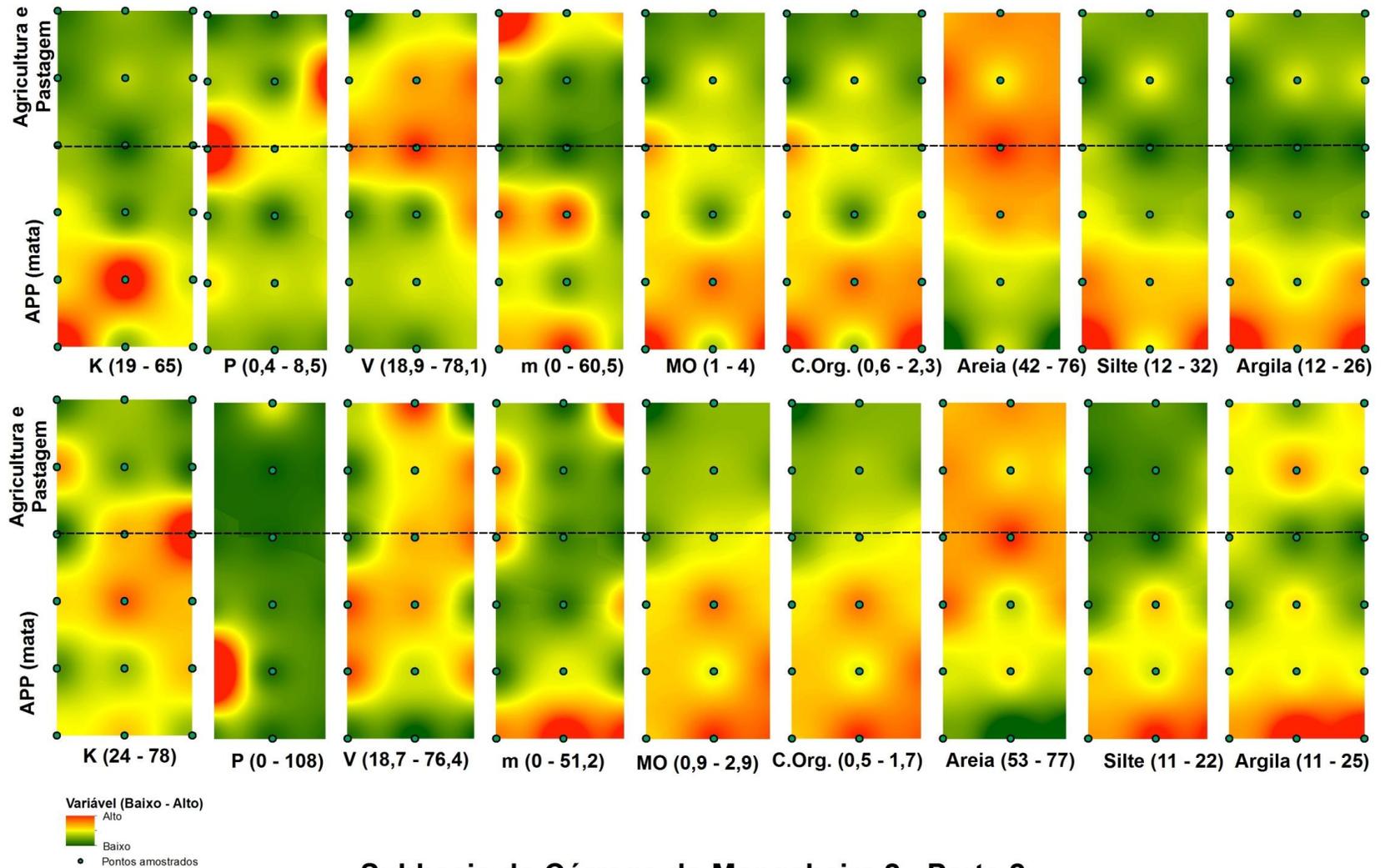


Figura 21. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Mangabeira 2 – 30 metros. Na primeira linha coleta em abril, período úmido, na segunda linha, coleta em novembro, pós período seco.

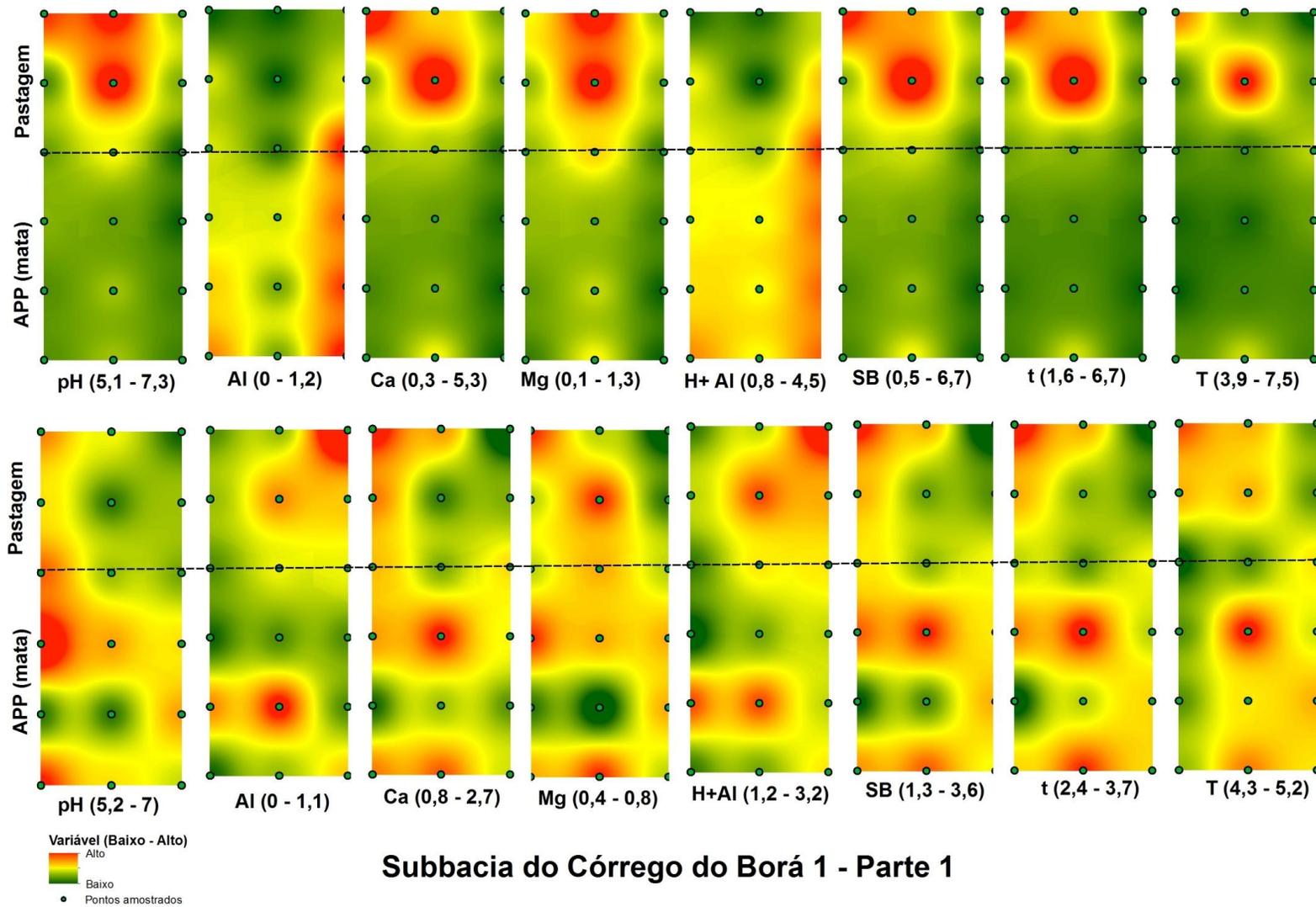


Figura 22. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego do Borá 1 – 30 metros.

Na primeira linha coleta em abril, período úmido, na segunda linha, coleta em novembro, pós período seco.

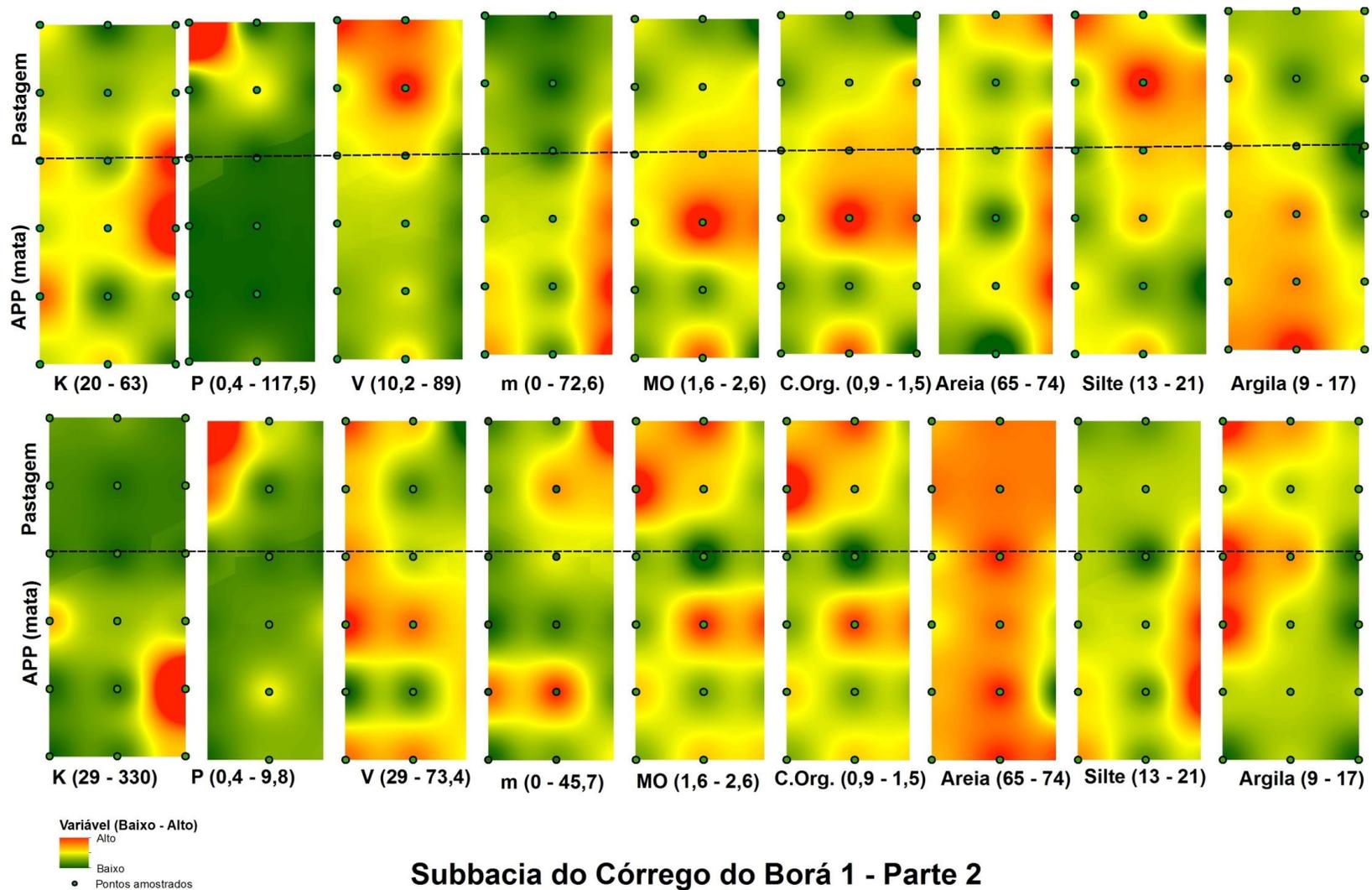


Figura 23. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego do Borá 1 – 30 metros.

Na primeira linha coleta em abril, período úmido, na segunda linha, coleta em novembro, pós período seco.

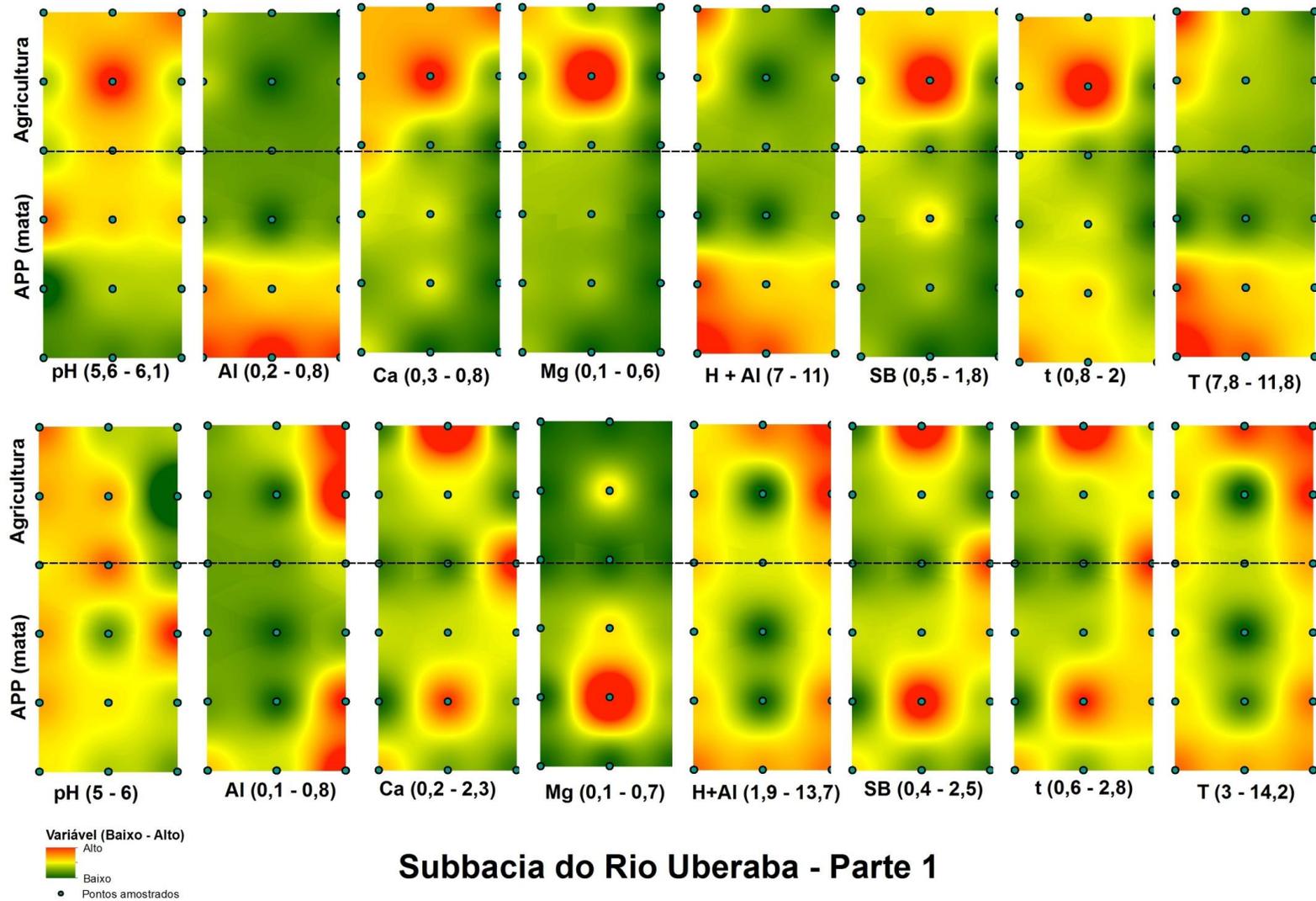


Figura 24. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Rio Uberaba – 30 metros. Na primeira linha coleta em abril, período úmido, na segunda linha, coleta em novembro, pós período seco.

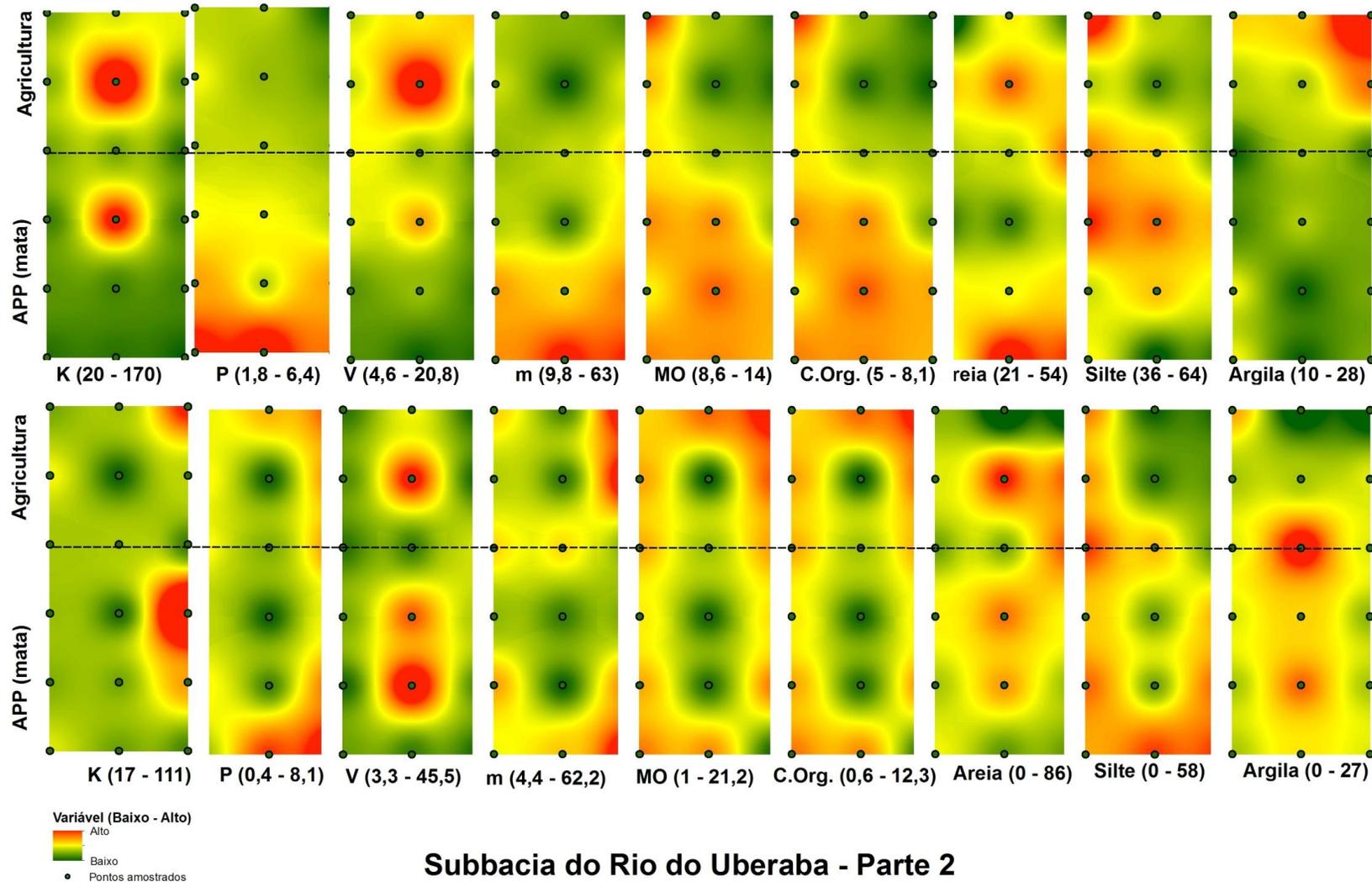


Figura 25. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Rio Uberaba – 30 metros. Na primeira linha coleta em abril, período úmido, na segunda linha, coleta em novembro, pós período seco.

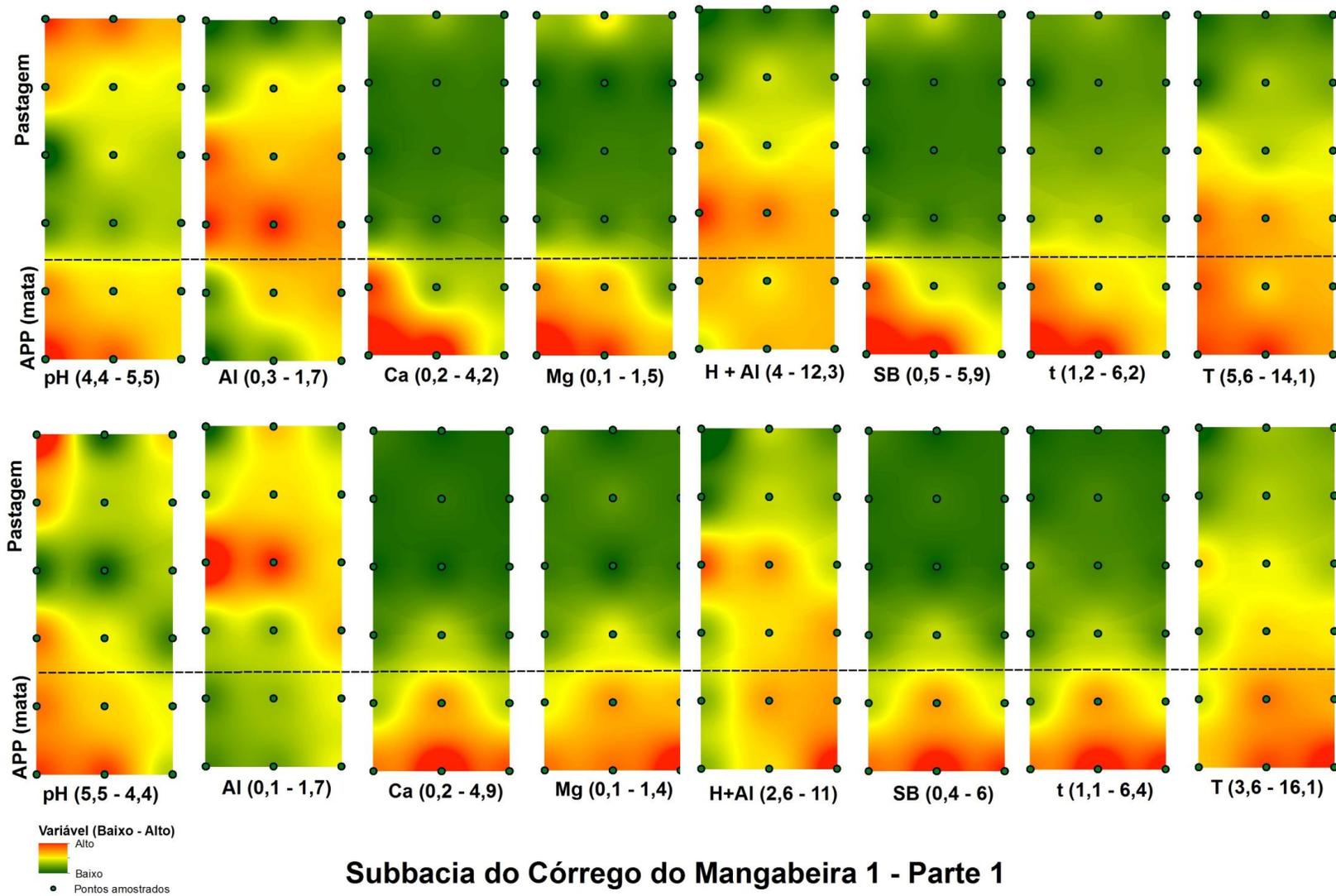


Figura 26 Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Mangabeira 1 – 15 metros. Na primeira linha coleta em abril, período úmido, na segunda linha, coleta em novembro, pós período seco.

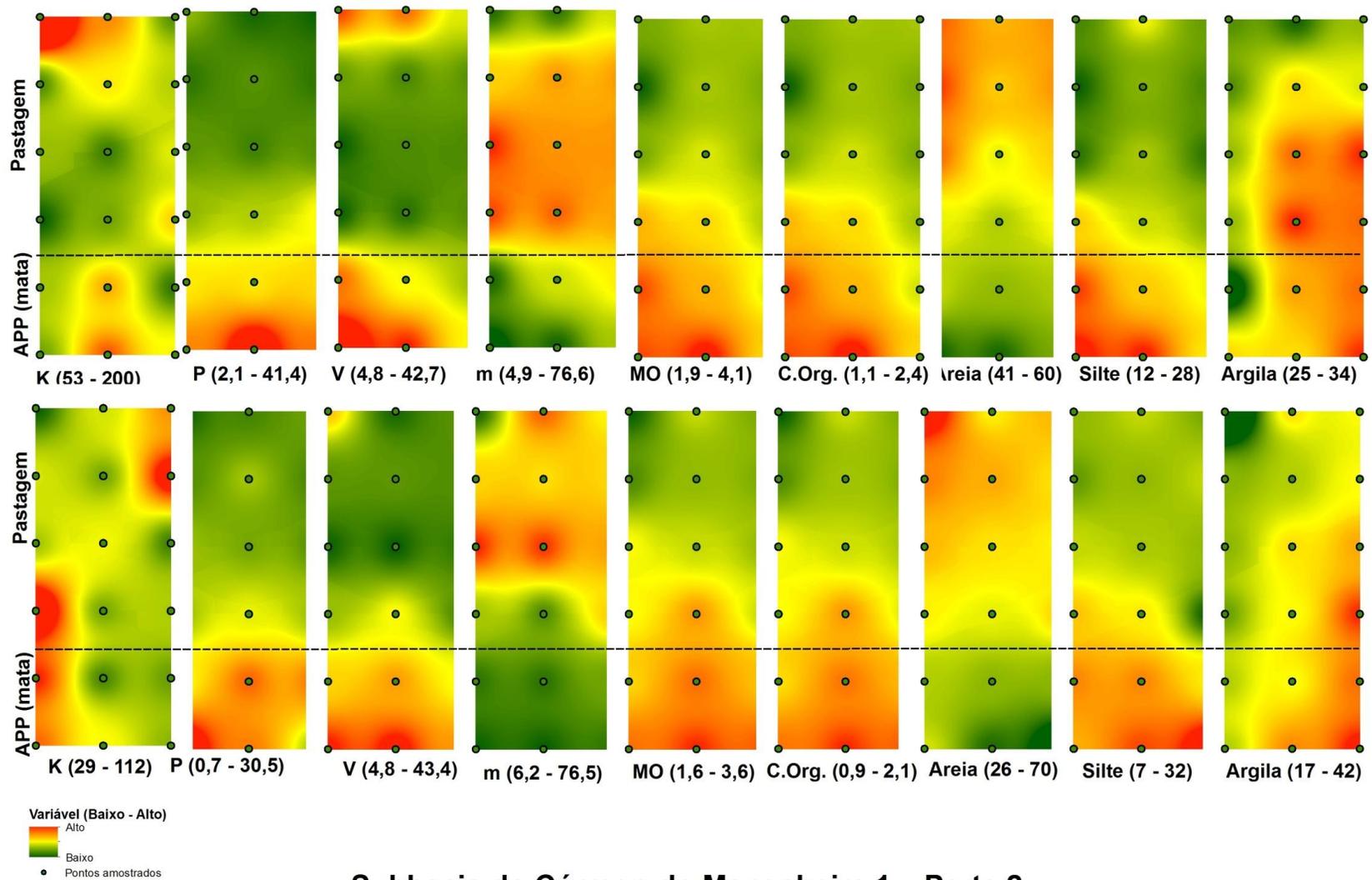


Figura 27. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Mangabeira 1 – 15 metros. Na primeira linha coleta em abril, período úmido, na segunda linha, coleta em novembro, pós período seco.

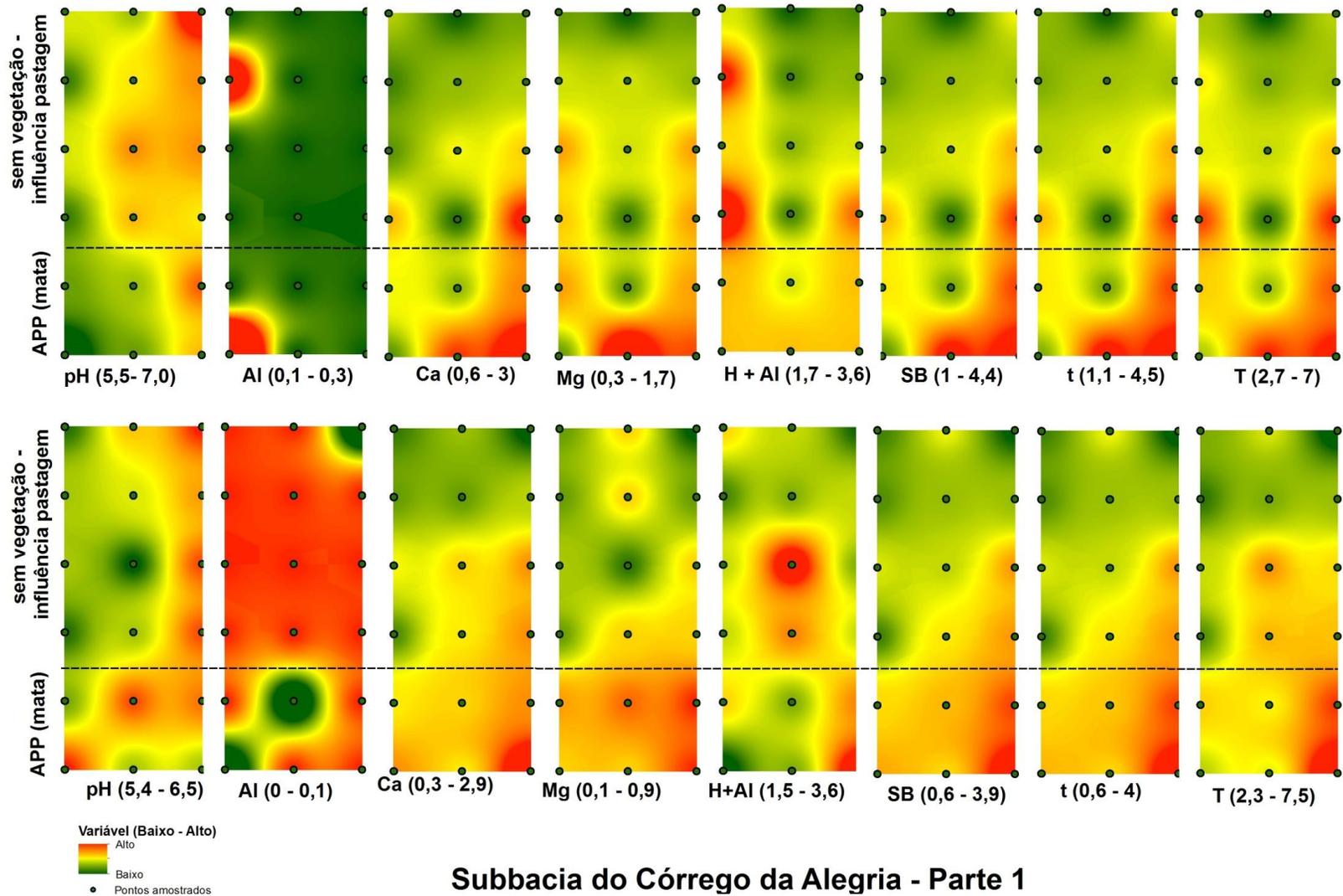


Figura 28. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Alegria – 15 metros. Na primeira linha coleta em abril, período úmido, na segunda linha, coleta em novembro, pós período seco.

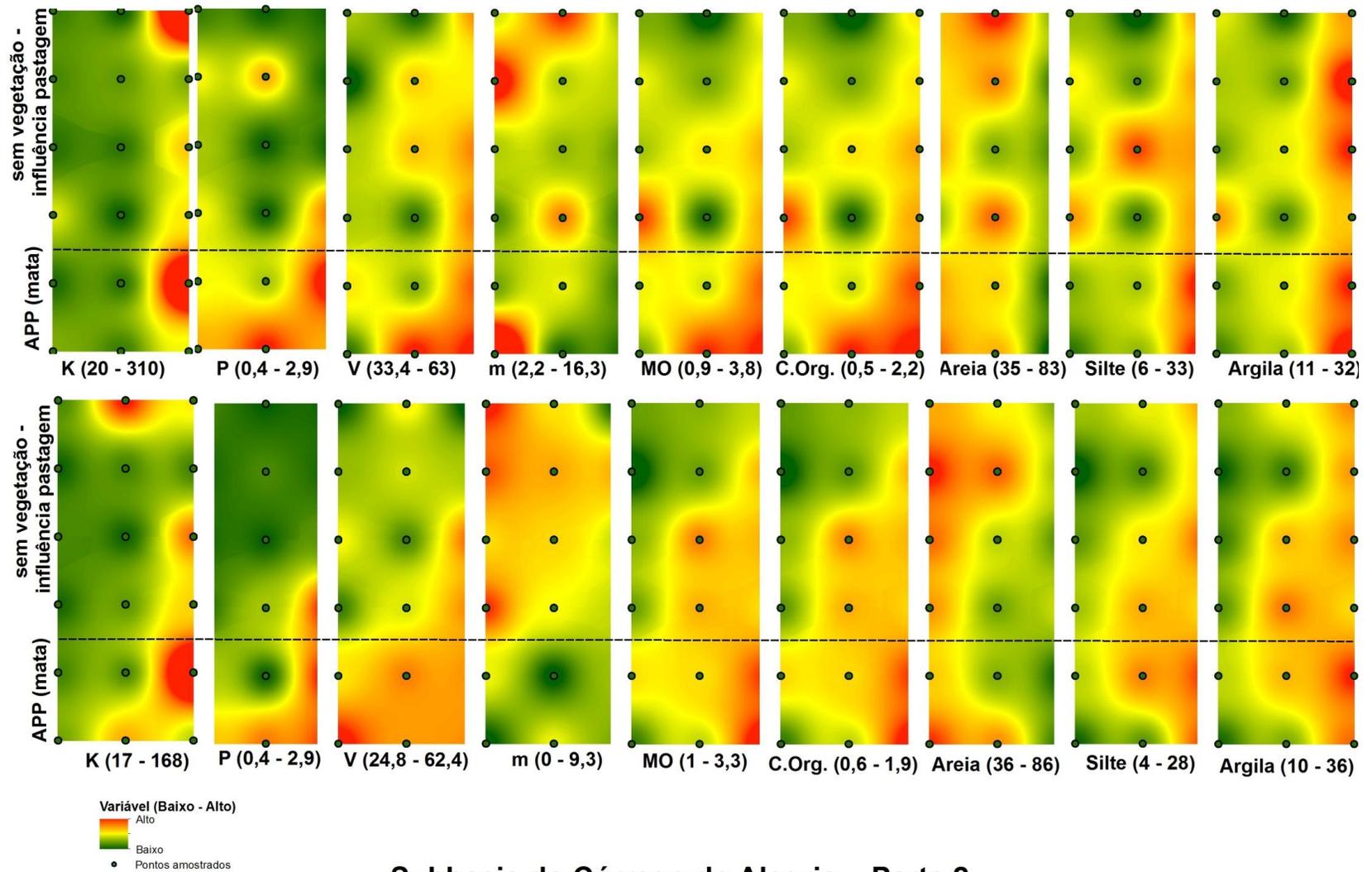


Figura 29. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Alegria – 15 metros. Na primeira linha coleta em abril, período úmido, na segunda linha, coleta em novembro, pós período seco.

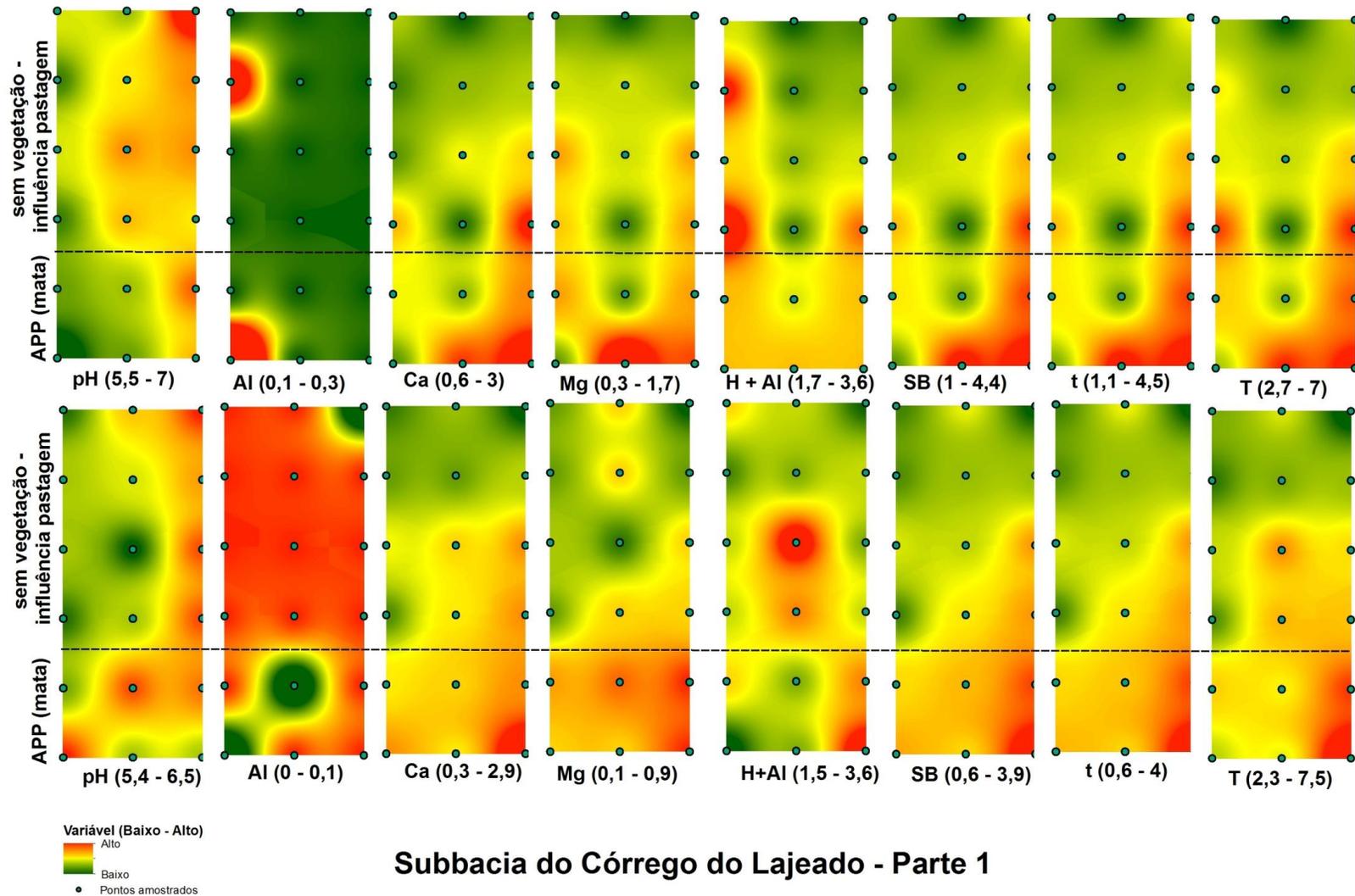


Figura 30. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Lajeado – 15 metros. Na primeira linha coleta em abril, período úmido, na segunda linha, coleta em novembro, pós período seco.

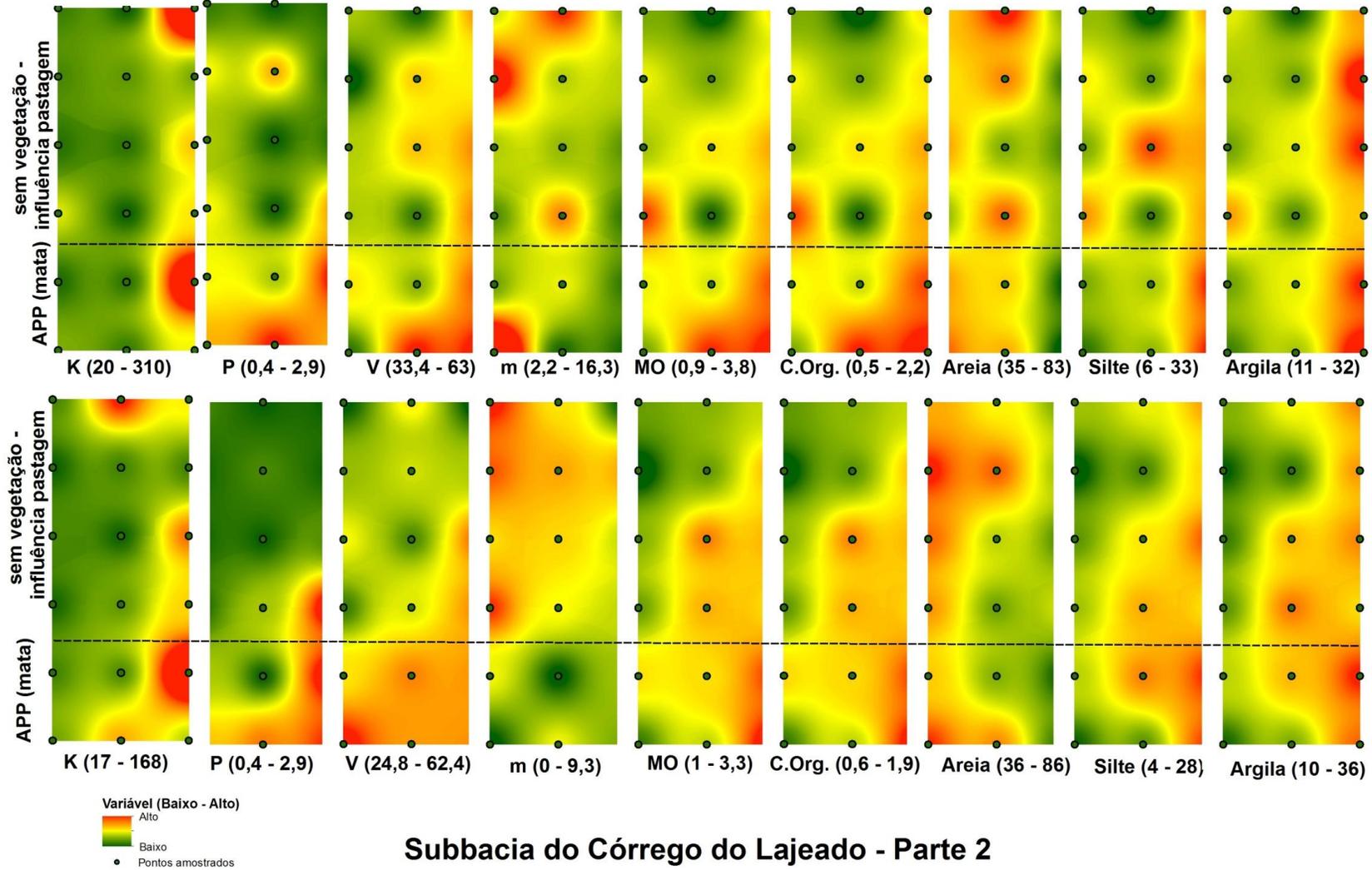


Figura 31. Atributos do solo da área de preservação permanente (APP) na sub-bacia hidrográfica do Córrego Lajeado – 15 metros. Na primeira linha coleta em abril, período úmido, na segunda linha, coleta em novembro, pós período seco.

Os valores de média e mediana da maioria dos atributos químicos do solo nas APPs de 50 m, 30 m e 15 m estão próximos, evidenciando que estes se aproximam da distribuição normal, ou seja, medidas de tendência central não são dominadas por valores atípicos na distribuição (CAMBARDELLA et al., 1994). A variabilidade dos atributos do solo é classificada em função de seu coeficiente de variação (CV). Segundo a classificação de Warrick e Nielsen (1980), nas APPs de 50 metros, os CVs foram mais baixos para os valores de pH, Ca, Mg, SB, t, T, areia e silte (Tabela 9). Tendência semelhante foi observada no período de seca (Tabelas 13 e 14).

Os elevados valores de CV verificados para a maioria dos valores sugerem alta heterogeneidade em torno da média entre os atributos na área de APP com 15 metros, e com alta concentração no solo. A heterogeneidade das áreas pode ter diversas causas, dentre as quais merecem destaque: processos de formação do solo, acúmulo e distribuição das partículas do solo em função da forma do relevo e do fluxo de escoamento superficial ou de infiltração de água no solo, o que favorece a formação de gradientes com áreas de concentração dos elementos analisados (Figuras 16 a 31 ).

O solo da área de preservação permanente das sub-bacias do Córrego Lanhoso e do Borá 2, com metragem de 50 metros, na formação Uberaba e no solo LVd1, apresentou, na faixa de 10 a 30 metros, os valores médios observados mais elevados para os parâmetros Ca, Mg e SB. Ao afastar-se da calha do rio entre 30 e 50 metros, os valores médios aumentam para areia e fósforo. A APP encontra-se reflorestada até à distância de 50 metros, com interferência de pastagem em seu entorno, e os valores de K, Ca e Mg são maiores na zona preservada, devido a estarem na zona de deposição. Trabalhos semelhantes foram desenvolvidos por Delalibera et al. (2008).

Na sub-bacia do Borá 1, com distância de 30 metros, no solo LVd1, na formação Uberaba, os valores mais altos são para Al, H+Al na primeira coleta e ocorre um aumento dos valores de pH, SB, P e silte ao longo do tempo. Nesta sub-bacia há o predomínio de agricultura, com conservação do solo por terraceamento e plantio em nível e a APP apresenta cobertura vegetal arborizada de até 30 metros. Observa-se que os teores dos atributos analisados são mais altos nesta área, exceto para pH, V%,

P e areia.

Na sub-bacia Mangabeira 1, a distância da área de preservação permanente com cobertura vegetal arbórea é de 15 metros. Nesta faixa, constata-se que os valores de pH, Ca, Mg, SB, P, MO, CO e silte aumentam, devido a ser a zona de deposição. Os percentuais de areia reduziram-se.

Na sub-bacia do Córrego Alegria, na formação Uberaba, no solo predominante LVdf2, com APP de 15 metros, constatou-se que os valores mais elevados foram para Al; MO; Corg.; Ca; SB e P. Nesta faixa (APP), observa-se que os valores médios mais elevados são para os teores de Al, MO, Corg, Ca, SB e P. A área de preservação permanente encontra-se reflorestada até 15 metros, com interferência de pastagem-campo limpo, onde se observa um aumento de Ca e P, formando uma zona de deposição. A textura do solo foi classificada como francoarenosa, sob a formação geológica Uberaba (arenito) e solo Latossolo Vermelho distroférico (LVdf2).

A diferença mais acentuada entre as APPs foi nas margens dos cursos d'água da sub-bacia do Lanhoso – 50 metros de APP e da sub-bacia Alegria – 15 metros de APP. Em áreas com vegetação nativa com 50 metros, ocorre maior integração entre a cobertura vegetal e os atributos do solo, uma vez que ocorre deposição ao longo da área, associada às menores perdas de nutrientes. Desta maneira, considerando os processos de formação do solo que atuam ao longo do tempo, observa-se a variabilidade dos atributos do solo em detrimento do acúmulo preferencial nas áreas identificadas de APP.

As variáveis foram regionalizadas nas sub-bacias hidrográficas, e a posição espacial relativa de cada amostra ocasiona a distinção entre as áreas que tem maior ou menor função ecológica. De forma resumida, as áreas de preservação permanente têm três finalidades principais, que são: a proteção dos recursos hídricos e dos mananciais; a proteção física dos solos e uma ênfase à proteção da vegetação e da biodiversidade. Portanto, na condução dos sistemas de produção, devem ser consideradas as práticas agropecuárias com o manejo visando à conservação do solo e à proteção aos recursos hídricos nas APPs. O principal objetivo é melhorar a qualidade de vida da população

local e a proteção dos ecossistemas regionais, e manter as atividades socioeconômicas.

Como unidade de conservação da categoria uso sustentável, a APA permite a ocupação humana. Estas unidades existem para conciliar a ordenada ocupação humana da área e o uso sustentável de seus recursos naturais. A ideia do desenvolvimento sustentável direciona toda e qualquer atividade a ser realizada na área. No entanto, as atividades e os usos desenvolvidos nestas áreas estão sujeitos a regras específicas. Este trabalho vem contribuir para esta gestão específica, nas áreas de preservação permanentes (APPs).

As águas produzidas nas sub-bacias da APA do Rio Uberaba são uma Unidade de Conservação de Uso Sustentável, definida como a área de drenagem a montante do ponto de captação de águas da cidade de Uberaba para o abastecimento público. As áreas agropecuárias fazem parte das sub-bacias, e pode-se dizer que, em seu exutório, estão representados os processos que fazem parte de seu sistema. O que ali ocorre é consequência das formas de ocupação do território e da utilização das águas que para ali convergem.

Os efeitos que as distâncias das áreas de preservação permanentes (50, 30 e 15 metros) exercem no meio, formam uma faixa-tampão, formando uma cobertura vegetal com espécies vegetais ciliares, que têm a função de reter as partículas oriundas das partes mais altas da vertente das sub-bacias. Este processo de retenção protege o recurso hídrico de receber alta carga de nutrientes e protege as redes de drenagem. Ao analisar as metragens de proteção, observa-se a eficácia espacial da faixa ciliar.

Nas vertentes das bacias acima das faixas ciliares, ocorrem as práticas agrícolas, que interferem nos ecossistemas ribeirinhos. A partir da análise específica entre as faixas métricas ciliares, observa-se que a faixa ciliar de 50 metros foi a que mais apresentou a capacidade-tampão e foi mais eficiente do que as comunidades ripícolas naturais em faixas menores. Sendo assim, ela exerce o poder-tampão, em sua combinação de árvores, arbustos e gramíneas que minimizam o processo de translocação de nutrientes, de pesticidas e o deslocamento de sedimentos e poluentes.

Nas sub-bacias hidrográficas analisadas, a área é composta por uma rede de drenagem e seus tributários e uma superfície que drena a água para essa superfície de rio (PISSARRA, 2002). Na legislação ambiental brasileira, preconiza-se o seguinte: que a APP é uma superfície com uma metragem específica ao longo da rede de drenagem. Entretanto, para esta superfície ser considerada dentro dos padrões legais como uma superfície de preservação permanente, ela deverá corresponder a uma metragem específica, determinada pelo maior leito sazonal e a largura específica do rio em questão.

A lei definiu os limites, portanto têm-se dois cenários: o primeiro cenário jurídico é a Lei Federal n. 4.771 que dizia que, nos cursos d'água com até dez metros de largura, a APP seria de, no mínimo, 30 metros e usava o critério de locação a partir do leito maior sazonal. No segundo cenário, tem-se a mudança da Lei, no Código Florestal Novo, na qual foram inseridas duas regras. Uma regra de transição, em que se leva em conta o tamanho da propriedade calculada em módulos fiscais e cria-se uma distância que vai do valor mínimo ao valor máximo, nas seguintes metragens: 5, 8, 15 e 20 metros, e na regra permanente, que determina 30 metros. Entretanto, no Novo Código Florestal, foi retirado o critério locacional, pois passou-se a contar como APP a área a partir do leito regular, isto é, ocorreu diminuição do tamanho em metros e em razão do critério de locação, uma vez que leito regular<sup>13</sup> não leva em conta o fenômeno das vazantes.

A pesquisa comprova que a legislação nova prejudica o meio ambiente, pois ocorre a diminuição da metragem da área a ser considerada como APP. Ainda, destaca-se que os 30 metros da lei revogada também não atendiam, em sua plenitude, às funções que estão descritas na Lei, conforme p. 16 a 19, desta tese.

Na análise do gradiente amostral (Figuras 16 a 31) em que foi realizada a amostragem do solo (APPs de 15, 30 e 50 metros), pode-se comprovar que ocorre uma área de vulnerabilidade que impacta diretamente o ecossistema e o recurso hídrico, se

---

<sup>13</sup> Artigo 3º, inciso XIX, da Lei Federal 12651/12: leito regular: a calha por onde correm regularmente as águas do curso d'água durante o ano.

a metragem for menor que 50 metros.

A pesquisa, com os dados primários, reforça o que está escrito na literatura bibliográfica, a importância da mata ciliar (FERREIRA et al., 2002; MUNNÉ et al., 2003; ANJOS et al, 2007; VALLE; BUSS; BAPTISTA, 2013) e que preconiza a metragem de, no mínimo, 50 metros (GAEMA, 2012).

A APP é uma superfície definida por lei, não sendo para uso socioeconômico do proprietário da terra, em regra, somente se admite o uso das áreas de preservação permanente quando ausente opção locacional e as intervenções sejam de baixo impacto, de interesse público e social<sup>14</sup>.

A propriedade, sob o ponto de vista jurídico, é o direito de usar, gozar e possuir bens e dispor deles da maneira como quiser. O direito de propriedade é entendido como a qualidade inerente aos corpos. Nesse caso, implica as características essenciais que compõem algo. Para a Declaração de Direitos do homem e do cidadão, a propriedade é um direito inviolável e sagrado, isto é, ninguém pode ser dela privado a não ser quando uma necessidade pública, legalmente constatada, exigi-lo de modo evidente e sob condição de uma indenização justa e prévia.

Desta forma, a Constituição Federal de 1988 adotou a moderna concepção de direito de propriedade, pois ao mesmo tempo em que o consagrou como direito fundamental, deixou de caracterizá-lo como incondicional e absoluto. Entretanto, esta superfície apresenta uma restrição de uso, por lei, e não pode ser realizada uma atividade antrópica, salvo as exceções já indicadas. A superfície considerada de preservação permanente (APP) sofre uma restrição de uso imposta por lei, que visa a assegurar um bem maior, que são o solo e o recurso hídrico, bens ambientais previstos na Constituição Brasileira.

Se não for uma área de proteção ambiental, que apresente, dentre as funções ecológicas, a proteção ao recurso hídrico, este recurso irá receber uma carga de poluição oriunda do solo no que tange ao processo erosivo e das atividades antrópicas,

---

<sup>14</sup> Artigo 8º, da Lei Federal n. 12651/12.

que irão impactar de maneira tão drástica, que poderá não ocorrer o retorno em sua qualidade.

As propriedades à jusante do empreendimento irão sofrer as consequências deste impacto negativo. Todos os proprietários irão ser prejudicados na ausência da boa qualidade do recurso hídrico trazendo severos prejuízos econômicos.

Com as atividades antrópicas, os poluentes e demais fontes difusas de degradação são carregados na superfície do solo para dentro dos cursos d'água. Quando a superfície está inserida nos 15 metros, a legislação em vigor determina a proteção da função ecológica, o que assegura o recurso hídrico, o fluxo gênico de fauna e flora e mantém a estabilidade da bacia. Sendo assim, se na bacia hidrográfica ocorrer uma área de manancial de extrema importância para o abastecimento hídrico de zonas urbanas, a área a ser protegida deverá ter a função de manter a estabilidade hídrica e a qualidade do ecossistema. E, assim, esta área de preservação deverá ser mantida na forma da legislação ambiental brasileira.

O próprio Código preconiza que a metragem é de, no mínimo, uma distância específica que manterá as funções necessárias ao ecossistema. Este estudo técnico comprova que essa superfície deverá ser aumentada para 50 metros. Assim, a metragem específica ao longo da rede de drenagem deverá ser revista, a qual será definida como área de bacia, curso d'água e de importância social e econômica para abastecimento público, e outras funções.

Conforme é a análise dos aspectos geológicos, do solo, da água e da vulnerabilidade do sistema, a metragem será determinada em cada superfície de sub-bacia, e sua função ecológica deverá ser resguardada. Como ficará a área que poderá ser destinada ao sistema de produção agrícola ou de pecuária, em detrimento ao desenvolvimento de atividades que visem somente à proteção ambiental? A crítica que se faz ao Código é que a função de cada área, medida ao longo da rede de drenagem, deverá ser definida tecnicamente e não por conveniência política ou socioeconômica.

Os critérios de locação das APPs serão determinados nos estudos técnicos, que

irão respaldar os critérios técnicos de determinação da metragem necessária para assegurar as funções ecológicas e de preservação do recurso hídrico para usos múltiplos.

A partir de análise das coletas de solo e água, pode-se determinar um gradiente amostral que irá comprovar que, na área de estudo, se for realizada intervenção antrópica, o recurso hídrico será impactado trazendo prejuízos econômicos e sociais. Nesta área, deverá ser mantida a vegetação com a função de preservar a qualidade do recurso hídrico e sendo o caso com a devida contrapartida para o produtor rural.

Na discussão do Código Florestal, a própria Agência Nacional de Água – ANA editou uma Nota Técnica, na qual se diz que: “para cumprir algumas das funções determinadas na lei, a APP, a metragem deveria ser de, no mínimo, 30 metros; e o trabalho desenvolvidos por Valle et al. (2013) identifica a importância da metragem das APPs para o desenvolvimento de espécies animais, caracterizando a melhoria da fauna local.

Conforme Kageyama, Cordeiro e Metzger (GAEMA, 2012), está comprovado que deve ser, no mínimo, 50 metros a área de proteção. O interessante é que, nesta pesquisa, os dados primários coletados indicam uma área de vulnerabilidade de 50 metros. Nas sub-bacias estudadas, o gradiente amostral com esta metragem determinou a área de vulnerabilidade que irá impactar com maior intensidade o recurso hídrico. Ou seja, se nesta área, de 50 metros, for praticada atividades antrópicas, será acentuado o processo de deposição, o processo erosivo e o assoreamento e eutrofização do recurso hídrico, situação que se eleger a categoria de dano ambiental, na forma do artigo 3º, da Lei Federal n. 6938/81.

A metragem que determina a área de vulnerabilidade deverá ser determinada em critérios técnicos e a partir das funções ambientais, devendo tal distância ser adequada e suficiente para que a área não sofra ação antrópica, sob pena de não cumprimento dos requisitos necessários que uma APP deve ter para preservar as funções ecológicas e o recurso hídrico.

Qual a finalidade precípua da APP? Esta área existe para reverter um processo antrópico e resguardar o recurso hídrico. O gradiente amostral define a área de vulnerabilidade. Assim, a área que for comprovada tecnicamente como vulnerável será definida como área de preservação permanente – APP. As áreas com maior concentração dos elementos analisados estão mais próximas da rede de drenagem quando a metragem das APPs for menor, o que caracteriza ambiente de maior vulnerabilidade. Este acúmulo indica que o volume de solo e o sistema radicular das espécies vegetais da cobertura do solo têm a função de assegurar a proteção, diminuindo a intensidade da concentração dos elementos em questão, no recurso hídrico.

Nas superfícies avaliadas em cada sub-bacia, denota-se que o gradiente amostral indica a maior intensidade de proteção. Nas áreas de menor metragem (15 metros), observa-se claramente as maiores concentrações, o que indica a função de acúmulo. Nas metragens maiores (30 e 50 metros), ocorre maior dissipação dos valores dos atributos analisados, imprimindo o real valor destas áreas no que tange à proteção, tendo em vista que o solo retém estes elementos, aumentando a concentração em 15 metros e dissipando as áreas concentradas em metragem acima de 30 metros (Figuras 13 a 19).

Denota-se que a metragem de 50 metros, aferida com dados primários, foi a que mais apresentou a função dissipadora e protetora, isto é, a função de assegurar a função ecológica das APPs. Quanto mais perto do rio, mais acúmulo se observa, demonstrado nos valores mais altos (Figuras 16 a 31). Este fato ocorre tendo em vista que, a partir do processo erosivo ocasionado pelas atividades antrópicas, o solo é carregado nas vertentes das sub-bacias. Observando-se as concentrações das variáveis analisadas, perto da calha do rio, ocorre um acúmulo dos elementos em todas as sub-bacias analisadas.

O sedimento que está acumulado na área de metragem de 15 metros é porque parte dele atingirá, com maior intensidade, o recurso hídrico, com a simples ocorrência de qualquer evento mais intenso de uma chuva, o processo erosivo será ocasionado e

terá maior descarga destes elementos no leito do rio, fato ocorrido, especificamente, na sub-bacia do Córrego Borá, após um ano. O gradiente amostral foi dividido em duas estações: chuvosa e seca. Observa-se uma diferença entre as estações, e, na época das chuvas, observa-se claramente que ocorre uma diferença dos elementos na superfície, devido aos processos de deslocamentos das partículas e, possivelmente, pelas práticas agrícolas inadequadas nas vertentes das sub-bacias.

O estudo é corroborado na literatura, e na principiologia do Direito Ambiental, trabalha-se com os princípios da precaução e da prevenção, ou seja, o Código Florestal vigente deve ser sempre interpretado *pró natura*, a favor do meio ambiente. Sendo assim, se existem dados primários que comprovam que até 50 metros ocorre uma área de vulnerabilidade, é evidente que se deve optar pelo padrão de maior proteção ambiental.

Ocorre o efeito no solo nas APPs. Em função do solo, do uso do solo, da ocupação e do manejo, a eficiência das funções ecológicas varia; e a cobertura vegetal exerce influência no processo de escoamento superficial das águas das chuvas.

Ocorrem pontos de fragilidade quanto à fertilidade natural do solo decorrente do processo de deposição de nutrientes carreados nos processos erosivos do solo ao longo das vertentes, devido ao transporte de sedimento e condições de manejo.

A zona do efeito de borda corresponde a, no mínimo, 30% da metragem que é definida no gradiente amostral do solo. No desenvolvimento desta pesquisa, determina-se que a metragem de 50 metros se determine ao longo da rede de drenagem.

As seguintes medidas de mitigação são necessárias e decorrentes da degradação dos recursos naturais: água e solo, que devem ser evidenciadas e discutidas pelos órgãos governamentais e empresas públicas e privadas, devendo integrar as Políticas Públicas e os Planos de Gestão Ambiental.

As vulnerabilidades das áreas de APP de menos de 50 metros afetam os ecossistemas e a biodiversidade ribeirinha, pois ocorrem alterações nos atributos físico e químicos do solo e da água.

As medidas de proteção podem ser realizadas a partir de ações baseadas no princípio da prevenção, sendo estas áreas consideradas de forma antecipada, como áreas de preservação permanente, de metragem de 50 metros ao longo da rede de drenagem, visando a reduzir os impactos negativos das ações antrópicas.

Para intensificar as medidas de proteção, os gestores ambientais, com operações de monitoramento e identificação de zonas de vulnerabilidade, devem elaborar planos de ação necessários para antecipar e para prevenir as situações que podem causar impactos negativos ao ambiente natural, como o monitoramento do uso do solo e da exploração dos recursos naturais, e a promoção do desenvolvimento sustentável às atividades geradoras de riqueza e que contribuam para a valorização dos recursos naturais, utilizando tais estudos e planos nos procedimentos de licenciamento ambiental, outorga para o uso de recursos hídricos e até nos respectivos zoneamentos socioambientais

Os planos de mitigação visam a reverter danos parciais e a minimizar situações de risco e de impactos ambientais, através da intervenção em áreas vulneráveis e da implementação de programas operacionais que permitam, no curto prazo, mitigar situações críticas com base na definição de prioridades. Eles devem ser implantados com base numa gestão adaptativa, fundamentada em mecanismos que levem em conta a dinâmica de determinadas zonas naturais das sub-bacias, como: manter, em estado próximo do natural, a maior parte das zonas degradadas; condicionar as explorações agrícolas e pecuárias; impedir a ocupação com habitação nas áreas delimitadas de proteção; limitar a construção de estradas marginais e a intensidade de tráfego; desenvolver e implantar técnicas de manejo conservacionista do solo, dentre outras.

As medidas de remediação baseiam-se no acompanhamento da evolução dos fenômenos ambientais, na avaliação de riscos e na predição de impactos, com o objetivo de defender e de equilibrar a dinâmica dos habitats. Entre os principais programas de remediação, podem-se destacar:

- Planos para evitar a continuação da degradação, para proteger e melhorar o estado dos ecossistemas das sub-bacias;

- Assegurar a redução da poluição das águas;
- Promover a utilização sustentável de água, baseada numa proteção a longo prazo dos recursos hídricos disponíveis;
- Promover a modernização de políticas públicas para melhorar o desempenho das ações que visam à sustentabilidade da APA do Rio Uberaba em Minas Gerais;
- Criar programas eficientes de pagamentos por serviços ambientais – PSA.
- Criar programas e aperfeiçoar o procedimento de licenciamento ambiental para incluir condicionantes que exijam a implantação de práticas conservacionistas no manejo do solo;

Desenvolver metodologia pedométrica que precifique a perdas dos recursos naturais, em especial, solo e água. Aplicar de forma eficiente o princípio do poluidor-pagador quando identificada alteração adversa ou degradação dos recursos naturais, em especial, solo e água.

## **5. CONCLUSÃO**

Os parâmetros das faixas marginais do curso d'água natural perene, desde a borda da calha do leito maior sazonal (Lei n. 4771/65), hoje revogada, quando comparados com os parâmetros das faixas marginais do curso d'água natural perene desde a borda da calha do leito regular (Novo Código Florestal, Lei n. 12.651/12), para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura, definidos em 30 m não é capaz de desempenhar a função ambiental de conservar os recursos hídricos, a paisagem e a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas, estes atributos exigidos pela própria lei, esclarecendo que os dados obtidos foram de solo e água.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

No contexto da política de uso e ocupação do solo, o Ministério Público Brasileiro necessita de metodologias e ações que aprimorem a governança do solo e dos recursos hídricos. A metodologia de análise do solo em gradiente amostral na extensão superficial de terra ao longo dos cursos d'água é eficaz para predizer e para compreender as alterações que ocorrem na estrutura e funcionamento destas superfícies, decorrentes do efeito da redução da extensão superficial das APPs nos ecossistemas (solo e água) das bacias hidrográficas.

As principais métricas para a avaliação da preservação da qualidade hídrica do solo são: análise da água, nos parâmetros de temperatura; turbidez e índice de qualidade de água (IQA); e análise do solo em gradiente amostral de, no mínimo 50 m, pois poderão comprovar tecnicamente alteração adversa e degradação do meio ambiente.

O desempenho da função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas imposta por Lei Ambiental nas áreas de preservação às margens dos cursos d'água, segundo o atual Código Florestal Brasileiro (30 m), não é suficiente. Há necessidade que tal metragem seja de, no mínimo de 50 metros e as práticas agrossilvopastoris sejam desenvolvidas de forma conservacionista.

Os resultados obtidos neste trabalho serão entregues ao Poder Público no sentido de lhe fornecer fundamentação científica quanto à aplicação do Novo Código Florestal relativo à preservação das APPs às margens dos cursos d'água, contribuindo para a eficiente governança dos recursos naturais, possibilitando o uso e ocupação do meio ambiente de forma sustentável.

A metodologia, por fim, será replicada aos demais Ministérios Públicos Estaduais e Federal possibilitando aos Membros da Instituição adotar medidas extrajudiciais ou judiciais em defesa do solo e da água e dos demais recursos naturais impactados através da aplicação do princípio do poluidor-pagador e da legislação nacional, notadamente, da Lei Federal 6938/81 e do artigo 225,§3º, da Constituição Federal de 1988.

## 7 REFERÊNCIAS

ABDALA, V. L. **Diagnóstico hídrico do rio Uberaba-MG como subsídio para a gestão das áreas de conflito ambiental**. 2012. v, 64 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2012.

ABDALA, V. L. **Zoneamento ambiental da bacia do alto curso do rio Uberaba - MG como subsídio para gestão do recurso hídrico superficial**. 2005. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Humanas) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

ALMEIDA, M. V.R.; OLIVEIRA, T. S.de O.; BEZERRA, A. M. E. Biodiversidade em sistemas agroecológicos no município de Choró, CE, Brasil. **Ciência Rural**, v. 39, n. 4, 2009.

ANJOS, L. dos; VOLPATO, G. H.; LOPES, E. V.; SERAFINI, P. P.; POLETTO, F.; ALEIXO, A. The importance of riparian forest for the maintenance of bird species richness in an Atlantic Forest remnant, southern Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 24, n. 4, p. 1078-1086, 2007. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-81752007000400027&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-81752007000400027&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 05 Ago. 2017.

ARCOVA, F. C. S.; CICCIO, V. de. **Qualidade da água de microbacias com diferentes usos do solo na região de Cunha**. Estado de São Paulo. 1999.

ARMAS, E. D. D., MONTEIRO, R. T. R., ANTUNES, P. M., SANTOS, M. A. P. F., CAMARGO, P. B. D., ABAKERLI, R. B. Diagnóstico espaço-temporal da ocorrência de herbicidas nas águas superficiais e sedimentos do Rio Corumbataí e principais afluentes. **Química Nova**, v. 30, n. 5, p. 1119-1127, 2007.

ARRIBAS HERGUEDAS, F. La idea de desarrollo sostenible. **Sistema**, Madrid, v. 196, p. 75-86, 2007.

ARSCOTT, D. B.; TOCKNER, K.; VAN DER NAT, D.; WARD, J. V. Aquatic habitat dynamics along a braided alpine river ecosystem (Tagliamento River, Northeast Italy). **Ecosystems**, New York, v. 5, p. 802-814, 2002.

AWADE, M.; METZGER, J. P. Using gap-crossing capacity to evaluate functional connectivity of two Atlantic rainforest birds and their response to fragmentation. **Austral Ecology**, v. 33, n. 7, p. 863-871, 2008.

BARCELOS, J. H. **Reconstrução paleogeográfica da sedimentação do Grupo Bauru baseada na sua redefinição estratigráfica parcial em território paulista e no estudo preliminar fora do Estado de São Paulo**. 1984. 190 f. Tese (Livre-Docência) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1984.

BLOCKSOM, K. A. A performance comparison of metric scoring methods for a multimetric index for Mid-Atlantic highlands streams. **Environmental Management**, New York, v. 31, n. 5, p. 670-82, 2003.

BOSCOLO, D. et al. Importance of inter-habitat gaps and stepping-stones for lesser woodcreepers (*Xiphorhynchus fuscus*) in the Atlantic Forest, Brazil. **Biotropica**, v. 40, p.273-276, 2008.

BRANCO, S. M. **A água e o homem. In: Hidrologia Ambiental**, v.3. Edusp – Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

BRANCO, S. M. **Hidrologia Aplicada à engenharia sanitária**. 3ed. São Paulo: CETESB/AsCETESB, 1986. 640p.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 05 de outubro de 1988. Texto constitucional promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações determinadas pelas Emendas Constitucionais de Revisão nos 1 a 6/94, pelas Emendas Constitucionais nos 1/92 a 91/2016 e pelo Decreto Legislativo no 186/2008. Brasília, DF: **Senado Federal**, Secretaria de Editoração e Publicações Coordenação de Edições Técnicas, 2016. Disponível em: <[https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88\\_Livro\\_EC91\\_2016.pdf?sequence=1?concurso=CFS%202%202018](https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf?sequence=1?concurso=CFS%202%202018)>. Acesso em 22 nov. 2017.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 28 maio 2012. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm)>. Acesso em: 20 jan. 2012.

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 16 set. 1965. Seção 1, p. 9529. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/1960-1969/lei-4771-15-setembro-1965-369026-publicacaooriginal-1-pl.html>>. Acesso em: 15 abr. 2012.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 13 maio 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em: 20 jan. 2012.

CAMARGO, M. B. P.; CAMARGO, A. P. Representação gráfica informatizada do extrato do balanço hídrico de Thornthwaite & Mather. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 2, p. 169-172, 1993.

CAMBARDELLA, C. A. et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil science society of America journal**, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.

CARVALHO, N. de O. **Hidrossedimentologia prática**. Rio de Janeiro: CPRM, 1994. 372p.

CARVALHO, N. de O.; FILIZOLA JUNIOR, N. P.; SANTOS, P. M. C. dos; LIMA, J. E. F. W. **Guia de avaliação de assoreamento de reservatórios**. Brasília: ANEEL / Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2000. 132p.

CEPAGRI (CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS À AGRICULTURA). **Classificação de clima**. Campinas,. Disponível em: . Acesso em: 15 set. 2017.

CETESB, **Qualidade da água**. Disponível em: <<http://www.CETESB.sp.gov.br/Agua/rios/curiosidades.asp>>. Acesso em: 2017.

CETESB-COMPANHIA, DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO. AMBIENTAL. **Valores orientadores para solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo (Decisão de diretoria nº 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005)**. São Paulo, 2005.

CHOI, J. Y. Establishment and management of riparian buffer zones in Han River basin, Korea. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, Hants, v. 48, p. 1-7, 1970.

CONAMA. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 344, de 25 de março de 2004. Estabelece as diretrizes gerais e procedimentos mínimos para avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=445>> Acesso em: 22 jun. 2017.

DÉCAMPS, H.; DÉCAMPS, O. **Ripisylves Méditerranéennes**. Tour du Valat: Med Vet., 2002. (Conservation de zones humides méditerranéennes, 12).

DELALIBERA, H. C.; WEIRICH NETO, P. H.; LOPES, A. R. C.; ROCHA, C. H. Alocação de reserva legal em propriedades rurais: do cartesiano ao holístico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 3, p. 286-292, 2008.

DEVELEY, P. F.; STOUFFER, P. C. Effects of roads on movements by understory birds in mixed-species flocks in central Amazonian Brazil. **Conservation Biology**, v. 15, n. 5, p. 1416-1422, 2001.

DOLABELLA, R. H. C. **Legislação brasileira e programas do governo federal para o uso sustentável e a conservação de solos agrícolas**. 2014.

DWIRE, K. A.; LOWRANCE, R. R. Riparian ecosystems and buffers-multiscale structure, function, and management Introduction. **Journal of the American Water Resources Association**, Hoboken, v. 42, p. 1-4, 2006.

ELLOVITCH, M. F.; VALERA, C. A. **Manual Novo Código Florestal**. Belo Horizonte: Ministério Público do Estado de Minas Gerais (MPMG), 2013. (JMPMG Revista do Ministério Público de Minas Gerais). Disponível em: <[https://www.magma.mp.br/arquivos/CAUMA/MPMG\\_JUR\\_COD\\_FLOR.pdf](https://www.magma.mp.br/arquivos/CAUMA/MPMG_JUR_COD_FLOR.pdf)>. Acesso em: 28 nov. 2017.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1997. 212 p.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: EMBRAPA - Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMBRAPA/EPAMIG. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro**. Rio de Janeiro: EPAMIG – DRNR, 1982. 526 p. (Boletim de Pesquisa, 1).

ENDRES, P. F.; PISSARRA, T. C. T.; BORGES, M. J.; POLITANO, W. Quantificação das classes de erosão por tipo de uso do solo no município de Franca - SP. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 1, p. 200-207, 2006.

ESRI (ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE). **ArcGIS Professional GIS for the desktop**. Versão 10. [S.l.], 2012. Disponível em: <>. Acesso em: mar 2016.

EWEL, K. C.; CRESSA, C.; KNEIB, R. T.; LAKES, P. S.; LEVIN, L. A.; PALMER, M. A.; SNELGROVE, M. A.; WALL, D. H. Managing critical transition zones. **Ecosystems**, New York, v. 4, p. 452-460, 2001.

FERREIRA, M. T.; ALBUQUERQUE, A.; AGUIAR, F. C.; SIDORKEWICZ, N. Assessing reference sites and ecological quality of river plant assemblages from an Iberian basin using a multivariate approach. **Archiv für Hydrobiologie**, Stuttgart, v. 155, p. 121-145, 2002.

GAEMA - Grupo de Atuação Especial de Defesa do Meio Ambiente. Função ecológica é a operação pela qual os elementos bióticos e abióticos que compõem determinado meio contribuem, em sua interação, para a manutenção do equilíbrio ecológico e para a sustentabilidade dos processos evolutivos. Relatório Técnico (2012).

GONZÁLEZ-BERNÁLDEZ, F.; LEVASSOR, C.; PECO, B. Landscape ecology of uncultivated lowlands in central Spain. **Landscape Ecology**, Dordrecht, v. 3, p. 3-18, 1989.

GRAVINA, E.G.; KAFINO, C.V.; BROD, J.A.; BOAVENTURA, G.R.; SANTOS, R.V., GUIMARÃES, E.M.; JOST, H. Proveniência de arenitos das formações Uberaba e Marília (Grupo Bauru) e do garimpo do Bandeira: implicações para a controvérsia sobre a fonte do diamante do Triângulo Mineiro. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 32, p. n. 4, p. 545-558, 2002.

GREGORY, S. V.; SWANSON, F. J.; MCKEE, W. A.; CUMMINS, K. W. An ecosystem perspective of riparian zones: focus on links between land and water. **BioScience**, Cary, v. 41, p. 540-551, 1991.

HANSON, M. D. Riparian forest revegetation for water quality improvement. **Restoration and Reclamation Review**, St. Paul, v. 2, n. 1, p. ?, 1997.

HUGHES F. M. R. (Ed). **The flooded forest: guidance for policy makers and river managers in Europe on the restoration of floodplain forests**. Cambridge: Dept. of Geography, University of Cambridge, 2003. (FLOBAR, 2).

HUGHES, F. M. R. Floodplain biogeomorphology. **Progress in Physical Geography**, London, v. 21, p. 501–529, 1997.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). Departamento de Cartografia. **Carta do Brasil: Jaboticabal e Taquaritinga**. São Paulo: Instituto, 1971. Escala 1:50.000.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. **Manual técnico de pedologia**. 2 ed. Rio de Janeiro. Disponível em: < [https://www.ige.unicamp.br/pedologia/manual\\_tecnico\\_pedologia.pdf](https://www.ige.unicamp.br/pedologia/manual_tecnico_pedologia.pdf)>. Acesso em: 4 mai. 2017.

INMET/EPAMIG (2000) Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>> Acesso em: 04 dez. 2016.

KUMMER, L. Metodologia participativa no meio rural: uma visão interdisciplinar. **Conceitos, ferramentas e vivências**. Salvador: GTZ, 2007.

LAL, R. Soil degradation by erosion. **Land Degradation & Development**, Chichester, v. 12, n. 6, p. 519-539, 2001.

LAL, R. Soil erosion and land degradation: the global risks. In: **Advances in soil science**. New York: Springer, 1990. p. 129-172.

LIMA, W.P.; ZAKIA, M.J.B. **Indicadores hidrológicos em áreas Florestais**. Série Técnica IPEF, Piracicaba v. 12, n. 31, 1998. p. 53-64.

MAGINI, C.; CHAGAS, R. L.. Microzoneamento e diagnóstico físico-químico do Ribeirão das Araras, Araras-SP. **Geociências**, v. 22, n. 2, p. 195-208, 2003.

MALARD, F.; UEHLINGER, U.; ZAH, R.; TOCKNER, K. Flood-pulse and riverscape dynamics in a braided glacial river. **Ecology**, Hoboken, v. 87, p. 704-716, 2006.

MARINI, M. A.; GARCIA, F. I. Bird conservation in Brazil. **Conservation Biology**, n. 19, p. 665-671, 2005.

MARTENSEN, A. C.; PIMENTEL, R. G.; METZGER, J. P. Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in the Atlantic Rain Forest: implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 141, n. 9, p. 2184-2192, 2008.

MASSOUD, M. F. Assessment of water quality along a recreational section of the Damour River in Lebanon using the water quality index. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 184, n. 7, p. 4151-4160, 2012.

MATHEUS, C.E.; MORAES, A.J. de; TUNDISI, T.M.; TUNDISI, J.G. **Manual de análises limnológicas**. São Carlos: Centro de Recursos Hídricos e Ecologia Aplicada, USP, 1995. 62 p

MATIAS, E. F. P. **A humanidade contra as cordas: a luta da sociedade global pela sustentabilidade**. Editora Paz e Terra, 2014.

MCBRATNEY, A. B.; PRINGLE, M. J. Estimating average and proportional variograms of soil properties and their potential use in precision agriculture. **Precision Agriculture**, v. 1, n. 2, p. 125-152, 1999.

MERCANTE, E.; URIBE-OPAZO, M. A.; SOUZA, E. G. Variabilidade espacial e temporal da resistência mecânica do solo à penetração em áreas com e sem manejo químico localizado. **Bras. Ci. Solo**, v. 27, p. 1149-1159, 2003.

MERTEN, G. H. & MINELLA, J. P. **Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura**. Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável. Porto Alegre, v. 3, n.4, 2002.

METZGER, J. P., LEWINSOHN, T., JOLY, C. A., CASATTI, L., RODRIGUES, R. R., & MARTINELLI, L. A. Impactos potenciais das alterações propostas para o Código Florestal Brasileiro na biodiversidade e nos serviços ecossistêmicos. Documento-síntese produzido por Pesquisadores do PROGRAMA BIOTA-FAPESP e pela ABECO (Associação Brasileira de Ciência Ecológica e Conservação). **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, 2010.

MILARÉ, E. **Tutela penal do ambiente. Inovações em direito ambiental**. Florianópolis: Fundação José Arthur Boiteux, 2000.

MINITAB INC. **Minitab Statistical software, release 14 for Windows**. [S.l.], 2003.

MUNNÉ, A.; PRAT, N.; SOLÀ, C.; BONADA, N.; RIERADEVALL, M. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers and streams: QBR index. **Aquatic. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.**, v.13, p.147-164, 2003.

NACHTERGAELE, F. et al. **Land degradation**: SOLAW background thematic report 3. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2011.

NAIMAN, R. J.; DECÁMPS, H. The Ecology of interfaces: Riparian zones. **Annual Review of Ecology and Systematics**, Palo Alto v. 28, p. 621-658, 1997.

NAIMAN, R. J.; DÉCAMPS, H.; MCCLAIN, M. E. **Riparian**: ecology, conservation and management of streamside communities. San Diego: Elsevier/Academic Press, 2005.

OLIVEIRA, J. B. Pedologia aplicada. 2.ed. Piracicaba: FEALQ, 2005. 574 p.

PACHECO, F. A. L.; SANCHES FERNANDES, L. F. Environmental land use conflicts in catchments: A major cause of amplified nitrate in river water. **Science of The Total Environment**. v. 548 – 549, p. 173 – 188. 2016.

PATEMIANI, J.E.S.; PINTO, J.M. Qualidade da água. In: MIRANDA, J.H.; PIRES, R.C.M. **Irrigação série Engenharia Agrícola**. Ed. Piracicaba: FUNEP/SBEA, v.1, p.195-253, 2001.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

PETERS, N.E; MEYBECK, M. Water quality degradation effects on freshwater availability: impacts to human activities. **Water International**, Urbana, v.25, n.2, p.214-21, 2000.

PISSARRA, T. C. T. **Análise da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico na sub-região de Jaboticabal, SP**: comparação entre imagens TM-Landsat 5 e fotografias aéreas verticais. 2002. 132 f. 2002. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal.

PISSARRA, T. C. T. **Avaliação quantitativa das características geomórficas de microbacias hidrográficas de 1ª ordem de magnitude em quatro posições do sistema de drenagem**. 1998. 124 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 1998.

PISSARRA, T. C. T. et al. Environmental adaptation of the source of the subbasin of Rico Stream, Monte Alto - SP, Brazil. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 303-311, 2013.

PISSARRA, T. C. T., POLITANO, W., FERRAUDO A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da bacia hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Rev Bras Ciênc Solo**, v. 28, n. 2, p 297–305. 2004

POIANI, K. A.; RICHTER, B. D.; ANDERSON, M. G. Biodiversity conservation at multiple scales: functional sites, landscapes, networks. **Bioscience**, Cary, v. 50, p. 133-146, 2000.

POOLE, G. C. Fluvial landscape ecology: addressing uniqueness within the river discontinuum. **Freshwater Biology**, v. 47, p. 641-660, 2002.

PORTO, M. FA; BRANCO, S.M.; LUCA, SJ de. Caracterização da qualidade da água. **Hidrologia ambiental**, São Paulo: EDUSP, p. 375-390, 1991.

RIBEIRO, I. V. A. de S.; BOUCHONNEAU, N.; SILVA, A. C. da; FERNANDES, R. M. C.; PINHEIRO, L. de S. Cálculo do índice de qualidade de água (IQA), com estudo de caso nos rios Cocó e Maranguapinho, Ceará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande, 2009.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos; normal, seqüencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.

SÃO PAULO. Instituto Geográfico e Geológico. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto Geográfico e Geológico - IGG, 1974. Esc.1: 1.000.000. Color.

SARLET, I. W.; FENSTERSEIFER, T. **Direito Constitucional Ambiental**. 2. ed. São Paulo: Revista dos Tribunais, 2012.

SILVA, G. A. F. Mapeamento geotécnico e análise dos processos erosivos na bacia do córrego Tuncun, São Pedro – SP, Escala 1:10000. 2003.158 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, Departamento de Geotecnia, São Carlos, 2003. Disponível em: <http://www.eesc.usp.br/geopos/dissertes/ferreiradasilva.pdf>. Acesso em: 01 maio 2017.

SINGH, K. P.; MALIK, A.; SINHA, S. Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti River (India) using multivariate statistical techniques - a case study. **Analytica Chimica Acta**, v. 538, n. 1/2, p. 355-374, 2005.

SKORUPA, L. **A Áreas de preservação permanente e desenvolvimento sustentável**. Jaguariúna: Departamento de Meio Ambiente da EMBRAPA, 2003.

SMA (Secretaria do Meio Ambiente. Legislação Ambiental). Disponível em:

<<http://www.ambiente.sp.gov.br/contAmbientalLegislacaoAmbiental.php>>. Acesso em: 6 nov. 2010.

STANFORD, J. A.; LORANG, M. S.; HAUER, F. R. The shifting habitat mosaic of river ecosystems. **Proceedings of the International Society for Limnology**, Stuttgart, v. 29, n. 1, p. 123–136, 2005.

SWIFT JR., L.M.; MESSER, J.B. Forest cuttings raise temperatures of small streams in the southern Appalachians. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v.26, n.23, p.111-17, 1971.

TOCKNER, K.; WARD, J. V. Biodiversity along riparian corridors. **Archiv für Hydrobiologie**, Stuttgart, v. 115, p. 293-310, 1999. Supplement.

TOMASKO, D. A.; ANASTASIOU, C.; KOVACH, C. Dissolved oxygen dynamics in Charlotte Harbor and its contributing watershed, in response to Hurricanes Charley, Frances, and Jeanne—impacts and recovery. **Estuaries and Coasts**, v. 29, n. 6, p. 932-938, 2006.

TRANGMAR, B.B.; YOST, R.S.; WADE, M.K.; UEHARA, G. Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Adv. Agron.**, 38:45-94, 1985.

TRENTIN, R.; ROBAINA, L. E. de S. Metodologia para mapeamento Geoambiental no Oeste do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 11., 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 2005. p. 3606-3615.

TUNDISI, J. G. et al. The response of Carlos Botelho (Lobo, Broa) reservoir to the passage of cold fronts as reflected by physical, chemical, and biological variables. **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 1, p. 177-186, 2004.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, 2010.

UNCED (UNITED NATIONS CONFERENCE ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT). **Earth Summit, Agenda 21, Rio Declaration on Environment and Development**. New York, 1992. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/agenda21.htm>>. Acesso em: 17 maio 2017

VALERA, C. A.; PISSARRA, T. C. T.; MARTINS FILHO, M. V.; VALLE JR., R. F.; SANCHES FERNANDES, L. F.; PACHECO, F. A. L. A legal framework with scientific basis for applying the 'polluter pays principle' to soil conservation in rural watersheds in Brazil. **Land Use Policy**, v. 66, p. 61-71, 2017.

VALLE JUNIOR, R. F. do. **Diagnóstico de áreas de risco de erosão e conflito de uso dos solos na bacia do rio Uberaba**. 2008. 222 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2008.

VALLE JUNIOR, R. F. do; PISSARRA, T. C. T.; PASSOS, A. de O.; RAMOS, T. G.; ABDALA, V. L. Diagnóstico das áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio Tijuco, Ituiutaba - MG, utilizando tecnologia SIG. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 495-503, 2010.

VALLE JUNIOR, R.F.;VARANDAS, S.G.P.; SANCHES FERNANDES, L.F.;PACHECO, F.A.L.. Multi Criteria Analysis for the monitoring of aquifer vulnerability: A scientific tool in environmental policy. **Environmental Science & Policy**, v. 48, p. 250-264, 2015.

VALLE JÚNIOR., R. F.; VARANDAS, S. G. P.; SANCHES FERNANDES, L. F.; PACHECO, F. A. L. Groundwater quality in rural watersheds with environmental land use conflict. **Science of the Total Environment**, v. 493, p. 812–827, 2014.

VALLE, I. C.; BUSS, D. F. ; BAPTISTA, D. F. Influência da conectividade dos fragmentos florestais e da largura da vegetação ripária sobre a fauna de macroinvertebrados em um ecossistema lótico. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 73, n. 2, p. 231-238, 2013.

VIEIRA, F. de A.; CARVALHO, D. de. Genetic structure of an insect-pollinated and bird-dispersed tropical tree in vegetation fragments and corridors: implications for conservation. **Biodiversity and Conservation**, v. 17, n. 10, p. 2305-2321, 2008.

VIEIRA, S. R. NOVAES, RF de. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. **Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 1, p. 1-54, 2000.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3a Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais; 2005.

WARD, D.; HOLMES, N.; JOSÉ, P.. The New Rivers & Wildlife Handbook. RSPP, NRA e The Wildlife Trusts, Bedfordshire. 1995. 426p.

OWESSELS, K. J.; PRINCE, S. D.; RESHEF, I. Mapping land degradation by comparison of vegetation production to spatially derived estimates of potential production. **Journal of Arid Environments**, London, v. 72, n. 10, p. 1940-1949, 2008.

ZANATA, Marcelo. **Efeito do manejo na qualidade do solo e da água em microbacias hidrográficas**, Batatais, SP. 2009. xiii, 79 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2009.