

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO
MESTRADO EM AMBIENTE CONSTRUÍDO**

LUCAS DO VALE SOUZA

**ZONEAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAIBUNA
(MG) PARA FINS AGROPECUÁRIOS SUSTENTÁVEL**

JUIZ DE FORA

2022

Lucas do Vale Souza

**ZONEAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAIBUNA
(MG) PARA FINS AGRÍCOLAS SUSTENTÁVEL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ambiente Construído.

Área de concentração: Técnicas do Ambiente Construído.

Orientador: Prof. Dr. César Henrique Barra Rocha.

JUIZ DE FORA

2022

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

do Vale Souza , Lucas .

ZONEAMENTO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
PARAIBUNA (MG) PARA FINS AGRÍCOLAS SUSTENTÁVEL /
Lucas do Vale Souza . -- 2022.

136 p. : il.

Orientador: César Henrique Barra Rocha

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Faculdade de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído, 2022.

1. Zoneamento Ambiental. 2. Áreas de Preservação Permanente (APP). 3. Áreas de Uso Restrito (AUR). I. Barra Rocha, César Henrique , orient. II. Título.

Lucas do Vale Souza

**Zoneamento da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna (MG) para fins
Agrícolas Sustentável**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído, da Universidade Federal de Juiz de Fora, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ambiente Construído. Área de concentração: Técnicas do Ambiente Construído.

Aprovado em 27 de maio de 2022.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. César Henrique Barra Rocha – Orientador
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Jonathas Batista Gonçalves Silva
Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. José Américo de Mello Filho
Universidade Federal Santa Maria

RESUMO

A sustentabilidade é uma questão que vem sendo tratada há muito tempo, entretanto, nas últimas décadas, as principais questões ambientais tornaram-se o foco de inúmeras discussões internacionais, dado o enorme impacto do modo de vida humano na natureza, particularmente devido às dimensões econômicas e sociais. Atualmente, no Brasil, as mudanças no uso da terra são o grande gargalo para as questões ambientais. No ano de 2020, a divisão desses usos no país era a seguinte: a agropecuária tinha 30,9% de todo o Brasil, sendo essa porcentagem, por sua vez, dividida em: agricultura (21%), mosaico (17%), silvicultura (3%) e pastagem (59%). A área urbana ocupa 0,7%; corpo d'água, 2,2 %; formação natural, 6,6 %, sendo essa subdividida entre formação campestre, com 84%, e outros, com 16%. As florestas ocupavam 59,6 % da área e, desse percentual, a formação florestal correspondia a 78%; a formação savânica, a 22%, e outros, a <1% (MapBiomass, 2020). Visto isso, esta pesquisa tem como objetivo realizar o zoneamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba (BHRP) para fins agrícolas de forma sustentável. A metodologia usada partiu da criação de uma base cartográfica com o uso de geotecnologias para subsídio ao zoneamento. Inicialmente, geraram-se cartas-base para o mapa de fragilidade: pedologia, declividade e uso e ocupação da terra; na segunda etapa, confeccionaram-se mapas das Áreas de Preservação Permanente (APP) e Áreas de Uso Restrito (AUR). Finalmente, foram estabelecidas a Zona de Restrições Legais, Zona Produtiva Rural, Zona Urbana e Zona de Incongruência visando criar um mapa síntese para zoneamento ambiental para fins agrícolas. Como resultado, foi estabelecida uma espacialização concreta do mapa de uso e ocupação da terra, para que se possa entender as mudanças do uso atualmente; o mapa de fragilidade indicou os locais com maior sensibilidade, principalmente em regiões onde o conflito com as APP existem, orientando para a recuperação dessas áreas. O mapa-síntese das zonas indicou áreas onde a expansão agrícola pode ter um avanço sustentável, além das AUR, como regiões onde o avanço agrícola pode ser explorado com manejos conservacionistas.

Palavras-chave: Zoneamento Ambiental; Áreas de Preservação Permanente (APP); Áreas de Uso Restrito (AUR).

ABSTRACT

Sustainability is an issue that has been addressed for a long time, however, in recent decades, major environmental issues have become the focus of numerous international discussions, given the enormous impact of the human way of life on nature, particularly due to the economic and social dimensions. Currently, in Brazil, changes in land use are the great bottleneck for environmental issues. In the year 2020, the division of these uses in the country was as follows: agriculture had 30.9% of all Brazil, this percentage, in turn, was divided into: agriculture (21%), mosaic (17%), forestry (3%) and pasture (59%). The urban area occupies 0.7%; water bodies, 2.2%; natural formation, 6.6%, this being subdivided between countryside formation, with 84%, and others, with 16%. Forests occupied 59.6% of the area and, of this percentage, forest formation corresponded to 78%; savannah formation, 22%, and others, <1% (MapBiomass, 2020). Given this, this research aims to perform the environmental zoning of the Paraibuna River Basin (BHRP) for agricultural purposes in a sustainable way. The methodology used started with the creation of a cartographic base with the use of geotechnologies to support zoning. Initially, base maps were generated for the fragility map: pedology, slope, and land use and occupation; in the second step, maps of the Permanent Preservation Areas (APP) and Areas of Restricted Use (AUR) were created. Finally, the Zone of Legal Restrictions, Rural Productive Zone, Urban Zone and Zone of Incongruence were established in order to create a synthesis map for environmental zoning for agricultural purposes. As a result, a concrete spatialization of the land use and occupation map was established, so that one can understand the changes in use today; the fragility map indicated the places with greater sensitivity, especially in regions where conflict with the APP exist, guiding for the recovery of these areas. The map-synthesis of zones indicated areas where agricultural expansion can have a sustainable advance, in addition to the AUR, as regions where agricultural advance can be explored with conservationist management.

Keywords: Environmental Zoning; Permanent Preservation Areas (APP); Restricted Use Areas (AUR).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: PRODUTIVIDADE TOTAL DOS FATORES NA AGRICULTURA PARA PAÍSES SELECIONADOS 1961–2010	16
FIGURA 2: INFOGRÁFICO DO MAPEAMENTO DO MAPBIOMAS 2020 DO BRASIL	21
FIGURA 3: DIMENSÕES DA VULNERABILIDADE DA AGRICULTURA E DA PESCA MARINHA ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS	22
FIGURA 4: EXEMPLO DE PROCESSO DE CALAGEM	24
FIGURA 5: RESULTADO DA GESSAGEM NO SOLO	25
FIGURA 6: EXEMPLO DA UTILIZAÇÃO DE ADUBAÇÃO VERDE	25
FIGURA 7: EXEMPLO DE CULTURA EM FAIXAS	26
FIGURA 8: EXEMPLO DE ROÇADA	27
FIGURA 9: EXEMPLO DE APLICAÇÃO DE COBERTURA MORTA	28
FIGURA 10: EXEMPLO DE INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA SOB PDP	29
FIGURA 11: EXEMPLO DE SISTEMA DE INTEGRAÇÃO ENTRE AGRICULTURA, PECUÁRIA E FLORESTA (ILP, ILPS E SAF)	30
FIGURA 12: EXEMPLO DE PLANTIO EM NÍVEL	31
FIGURA 13: EXEMPLO DE FAIXAS DE VEGETAÇÃO PERMANENTE	32
FIGURA 14: EXEMPLO DE UM PERFIL DE TERRAÇO	33
FIGURA 15: EXEMPLO DE TIPOS DE TERRAÇOS	33
FIGURA 16: EXEMPLO DE UM SISTEMA DE PASTEJO ROTACIONADO	34
FIGURA 17: ESTRUTURA CONCEITUAL PARA COMPARAR O USO DA TERRA E OS <i>TRADE-OFFS</i> DE SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS	36
FIGURA 18: CARTA-SÍNTESE	42
FIGURA 19: ÍNDICES DE FRAGILIDADE AMBIENTAL* CONSIDERANDO OS ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS, TIPOS DE SOLOS, COBERTURA VEGETAL/USO DA TERRA E CLIMA	45
FIGURA 20: HISTÓRICO DA LEGISLAÇÃO AMBIENTAL BRASILEIRA	47
FIGURA 21: PROCESSO LEGISLATIVO NA ELABORAÇÃO DO NOVO CÓDIGO FLORESTAL	48
FIGURA 22: APP DE CURSO D'ÁGUA DE ACORDO COM O TAMANHO DAS PROPRIEDADES (ANTIGO CF)	49
FIGURA 23: DIFERENÇA DO ANTIGO CÓDIGO FLORESTAL PARA O NOVO CÓDIGO FLORESTAL NAS PROPRIEDADES RURAIS QUE CONTÊM APP DE CURSO D'ÁGUA	50
FIGURA 24: APP DE NASCENTE NO NOVO CÓDIGO FLORESTAL	51
FIGURA 25: APP DE ENCOSTA (DECLIVIDADE) NO NOVO CÓDIGO FLORESTAL	52
FIGURA 26: APP DE TOPO DE MORRO NO NOVO CÓDIGO FLORESTAL	52
FIGURA 27: RESERVAS LEGAIS E SUAS DELIMITAÇÕES DE ACORDO COM O NOVO CÓDIGO FLORESTAL	55
FIGURA 28: PRINCIPAIS FUNÇÕES E SERVIÇOS DAS RESERVAS LEGAIS (RLs)	57
FIGURA 29: VEGETAÇÃO NATIVA - CÓDIGOS FLORESTAIS COMPARADOS	58
FIGURA 30: ÁREA DE USO RESTRITO DO NOVO CÓDIGO FLORESTAL	60
FIGURA 31: FLUXOGRAMA ILUSTRANDO OS PASSOS METODOLÓGICOS DA PESQUISA	68
FIGURA 32: MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA BHRP	70
FIGURA 33: HIDROGRAFIA E NASCENTES DA BHRP	71
FIGURA 34: PERFIL LONGITUDINAL DO RIO PARAIBUNA	73
FIGURA 35: MAPA GEOLÓGICO DA BHRP	77
FIGURA 36: MAPA PEDOLÓGICO DA BHRP	79
FIGURA 37: MAPA GEOMORFOLÓGICO DA BHRP	81
FIGURA 38: MAPA DE CLIMA DA BHRP	84

FIGURA 39: MAPA DE DECLIVIDADE DA BHRP	86
FIGURA 40: NÚMERO DE PROPRIEDADES RURAIS NA BHRP	87
FIGURA 41: NÚMERO DE PROPRIEDADES RURAIS POR MUNICÍPIO	88
FIGURA 42: CONCENTRAÇÃO DE PROPRIEDADES DE AGRICULTURA FAMILIAR	89
FIGURA 43: COMPARAÇÃO ENTRE AS ATIVIDADES DE PECUÁRIA E HORTICULTURA E FLORICULTURA	90
FIGURA 44: COMPARAÇÃO ENTRE AS ATIVIDADES DE PECUÁRIA E PRODUÇÃO FLORESTAL	91
FIGURA 45: COMPARAÇÃO ENTRE AS ATIVIDADES DE BOVINOS DE CORTE E DE LEITE	92
FIGURA 46: MAPA DE USO E COBERTURA DA TERRA DA BHRP	94
FIGURA 47: ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE DA BHRP	96
FIGURA 48: CONFLITO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE COM O USO E COBERTURA DA TERRA	100
FIGURA 49: ÁREAS DE USO RESTRITO DA BHRP	103
FIGURA 50: USO E COBERTURA DA TERRA NAS AUR	106
FIGURA 51: FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BHRP	109
FIGURA 52: ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA FINS AGROPECUÁRIOS DA BHRP	113
FIGURA 53: MAPA DE ORDENAMENTO FÍSICO-TERRITORIAL DA BHRP	115

QUADROS

QUADRO 1: CONTEXTO DO USO DA TERRA NOS BIOMAS BRASILEIROS	18
QUADRO 2: ÁREAS RESULTANTES DA CARTA-SÍNTESE	42
QUADRO 3: MAPAS E FERRAMENTAS USADAS PARA A SUA ELABORAÇÃO	63
QUADRO 4: CRITÉRIOS ESTABELECIDOS PARA ELABORAÇÃO DO ZONEAMENTO AMBIENTAL	67

TABELAS

TABELA 1: VALORES DE POTENCIAL DAS UNIDADES TERRITORIAIS	41
TABELA 2: MUDANÇA DA PROTEÇÃO DA COBERTURA VEGETAL DE RLS POR BIOMA EM FUNÇÃO DA LEI 12.651	56
TABELA 3: CLASSES DE USO DO SOLO	64
TABELA 4: SÍNTESE DOS VALORES ATRIBUÍDOS E INFLUÊNCIA PARA OS MAPAS-BASE E PARA O MAPA DE FRAGILIDADE	66
TABELA 5: DIVISÃO DAS CLASSES DE DECLIVIDADE	85
TABELA 6: PRINCIPAIS CLASSES DE USO E COBERTURA DO SOLO DA BHRP - ÁREA ABSOLUTA E PERCENTUAL	93
TABELA 7: CLASSES DE APP DA BHRP - ÁREA ABSOLUTA E PERCENTUAL	95
TABELA 8: USO E COBERTURA DA TERRA NAS APP DA BHRP - ÁREA ABSOLUTA	99
TABELA 9: USO E COBERTURA DA TERRA NAS AUR DA BHRP - ÁREA ABSOLUTA E PERCENTUAL	104
TABELA 10: RESULTADO DO MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE AMBIENTAL DA BHRP – PORCENTAGEM E ÁREA ABSOLUTA	107

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional das Águas
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
APP	Área de Preservação Permanente
BHRP	Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna
BHCRC	Bacia Hidrográfica de Contribuição da Represa de Chapéu D'úvas
RL	Reserva Legal
AUR	Área de Uso Restrito
NCF	Novo Código Florestal
PIB	Produto Interno Bruto

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 IDENTIFICAÇÃO E JUSTIFICATIVA DO PROBLEMA	14
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 <i>Objetivo Geral</i>	15
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 EXPANSÃO AGRÍCOLA E IMPACTOS AMBIENTAIS	16
2.2 PRÁTICAS DE MANEJO CONSERVACIONISTAS	23
2.3 O PLANEJAMENTO AMBIENTAL	34
2.3.1 BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE PLANEJAMENTO	37
2.4 ZONEAMENTO AMBIENTAL	39
2.5 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL EM PERSPECTIVA	46
2.5.1 <i>O “Novo Código Florestal”</i>	46
2.5.2 <i>Áreas de Preservação Permanente</i>	49
2.5.3 <i>Reservas Legais</i>	54
2.5.4 <i>Áreas de Uso Restrito</i>	59
3 MATERIAL E MÉTODOS	62
3.1. LEVANTAMENTO, AQUISIÇÃO DOS DADOS E ELABORAÇÃO DOS MAPAS	62
3.2. MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE	64
3.3 ZONEAMENTO AMBIENTAL DA BHRP	67
4 RESULTADOS	69
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAIBUNA (BHRP) – MG	69
4.1.1. <i>Hidrografia</i>	71
4.1.2. <i>Geologia</i>	74
4.1.3 <i>Pedologia</i>	78
4.1.4. <i>Geomorfologia</i>	80
4.1.5. <i>Clima</i>	82
4.1.6. <i>Declividade</i>	85
4.1.7. <i>Agricultura</i>	87
4.2 USO E COBERTURA DA TERRA	92
4.3 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE	95
4.3.1. <i>Conflito das áreas de APP com o Uso e Cobertura da Terra</i>	97
4.4 ÁREAS DE USO RESTRITO	101
4.4.1 <i>Conflito das áreas AUR com o Uso e Cobertura da Terra</i>	104
4.5 MAPEAMENTO DE FRAGILIDADE	107
4.6 ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA FINS AGROPECUÁRIOS	110
4.6.1 <i>Mapa de ordenamento físico-territorial</i>	114
5 CONCLUSÃO	123
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	125

1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade é uma questão que vem sendo tratada há muito tempo, entretanto, nas últimas décadas, as principais questões ambientais tornaram-se o foco de inúmeras discussões internacionais, dado o enorme impacto do modo de vida humano na natureza, particularmente devido às dimensões econômicas e sociais. O atual modelo de desenvolvimento econômico é incapaz de criar soluções eficazes para resolver esses problemas; dessa forma, novos modelos de desenvolvimento são necessários para aumentar o bem-estar humano. O desenvolvimento sustentável é proposto como um dos modelos a serem perseguidos. Esse paradigma não se restringe à preservação de recursos naturais (WCED, 1987).

O desenvolvimento sustentável está preocupado em encontrar uma maneira pela qual as necessidades socioeconômicas humanas possam ser atendidas em harmonia com as questões ambientais, em virtude da forte interdependência entre tais aspectos. Além disso, deseja-se a criação de uma sociedade equilibrada, na qual todo ser humano tenha a oportunidade de se desenvolver em liberdade, e na qual a equidade entre as pessoas e as gerações presentes e futuras seja assegurada (WCED, 1987). Estaria essa equidade entre gerações ameaçada pelo modelo atual?

Por mais que o *Relatório da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: Nosso Futuro Comum* (WCED) tenha trazido as diretrizes para esse tipo de desenvolvimento, Duran *et al.* (2015) apontam que, em uma análise de componentes do desenvolvimento sustentável, no potencial econômico ocorre uma lenta mudança, enquanto o desenvolvimento socioeconômico muda muito rapidamente, ocasionando, assim, desequilíbrio. Por isso, as ações globais no planejamento do uso da terra precisam de melhor gerenciamento, sendo eficiente, nesse sentido, o uso de recursos ou demandas para um padrão organizado do uso da terra, ditado pela mudança de ambiente ou pelas circunstâncias socioeconômicas observadas (NGUYEN *et al.*, 2015).

Em um livro publicado no ano de 1995, a *Food and Agriculture Organization* (FAO), da Organização das Nações Unidas (ONU), definiu o planejamento do uso da terra como a avaliação do potencial da terra e da água, visando a alternativas de uso e condições socioeconômicas, a fim de adotar o melhor, de forma sustentável, para a sociedade (FAO, 1995).

As tendências atuais permitem que os seres humanos se apropriem de uma fração cada vez maior dos bens e serviços da biosfera, enquanto diminuem simultaneamente a capacidade

dos ecossistemas globais de se manterem em equilíbrio (FOLEY *et al.*, 2005). Assim, embora as práticas modernas de uso da terra aumentem a oferta de bens materiais a curto prazo, podem prejudicar muitos serviços ecossistêmicos a longo prazo, em escala regional e mesmo global. Enfrentar os desafios ambientais globais do uso da terra exigirá avaliar e gerenciar trocas inerentes entre atender às necessidades humanas imediatas e manter a capacidade dos ecossistemas de fornecer bens e serviços no futuro (FOLEY *et al.*, 2005).

Por mais que Foley *et al.* (2005) estivessem preocupados com as práticas de manejo tendencialmente mais prejudiciais ao ecossistema naquela década e nas seguintes, foi em outra publicação (FOLEY *et al.*, 2011) que os autores demonstraram estudos recentes sugerindo que a produção agrícola e pecuária precisaria aproximadamente dobrar sua produtividade para acompanhar as demandas projetadas do crescimento populacional, a menos que houvesse mudanças drásticas nos padrões de consumo agrícola da sociedade.

Segundo a ONU, a população mundial, em 2015, era de 7,3 bilhões de pessoas, e o crescimento nas próximas décadas já era previsto. Conforme o relatório divulgado acerca da divisão de população no âmbito dessa organização, estima-se que, em 2030, esse número possa chegar a 8,5 bilhões. Para os anos de 2050 e 2100, as estimativas são 9,7 bilhões e 11,2 bilhões, respectivamente (ONU, 2015).

Dessa forma, há uma população gigantesca no mundo totalmente dependente de ecossistemas e serviços. Após a Revolução Industrial, e, sobretudo nas últimas décadas, na busca cada vez maior por alimentos, água, insumos, combustíveis etc., o ser humano transformou significativamente os ecossistemas. Instalando uma trajetória de degradação destes, criou uma escassez de benefícios e colocou em risco a própria sustentabilidade do sistema econômico e das gerações futuras (MEA, 2005).

1.1 IDENTIFICAÇÃO E JUSTIFICATIVA DO PROBLEMA

Por meio da elaboração de um zoneamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna (BHRP), este trabalho busca contribuir para uma melhor gestão espacial no contexto de seu manejo agrícola e desenvolvimento sustentável. Referências bibliográficas recentes, das quais são exemplos Nguyen *et al.* (2015), Vasconcelos e Júnior (2015), Braz *et al.* (2017), Carneiro *et al.* (2017), Cruz *et al.* (2017) e Anjinho *et al.* (2021), ratificam o quanto são necessárias proposições desse tipo, já que as ações humanas estão cada vez mais voltadas para as grandes produções, mas sem o olhar direcionado a uma agricultura sustentável e integrada ao meio ambiente. Sendo assim, a pesquisa em questão propõe um zoneamento ambiental,

indicando as zonas propícias ao desenvolvimento agrícola, as áreas com necessidade de preservação ambiental, bem como suas vulnerabilidades e potencialidades.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Realizar, de forma sustentável, o zoneamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna (BHRP) para fins agrícolas.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar uma base de dados cartográficos de solo, hidrografia, declividade e uso e cobertura da terra por meio do geoprocessamento como suporte para o inventário da BHRP;
- Mapear as áreas de preservação permanente, de uso restrito e de reserva legal com vistas a definir áreas nas quais possa ocorrer ou não o manejo agrícola e as que precisam manter a preservação;
- Aplicar o método de fragilidade a partir dos mapas-base, como subsídio para o zoneamento ambiental da área;
- Integrar as informações anteriores para a proposta de zoneamento ambiental sustentável.

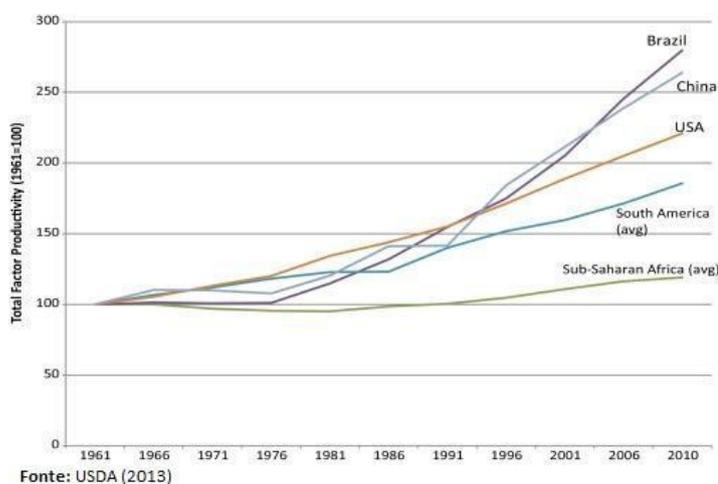
2 REFERENCIAL TEÓRICO

Da produção de grãos para várias regiões no mundo ao problema da escassez de alimentos, ao longo das décadas, a agricultura passou por várias mudanças. Já se discutia, em 1960, como o mundo iria se adequar ao crescimento exponencial da população em pouco tempo e como a mudança da agricultura convencional para as novas tecnologias de produção iriam se desenrolar (BROWN, 1967). Atualmente, questionamos, a partir dos numerosos relatórios da FAO elaborados ao longo de vários anos, como o mundo vai gerir o crescimento populacional e o conseqüente aumento da demanda por alimentos, fatores os quais afetam diretamente a produção mundial destes. Tal produção, por sua vez, pode aumentar ainda mais os impactos ambientais, como registrou-se crescentemente nas últimas cinco décadas (SAATH e FACHINELLO, 2018).

2.1 EXPANSÃO AGRÍCOLA E IMPACTOS AMBIENTAIS

Em termos de expansão agrícola, Mueller e Mueller (2016) destaca que um dos sucessos do Brasil na década citada (1960) foi a evolução da Produtividade Total dos Fatores (PTF)¹ (Figura 1). O gráfico demonstra a evolução de vários países na PTF a partir desse período. Observamos Brasil, China e EUA num crescente, e um distanciamento do Brasil e China na década de 90. Na virada para os anos 2000, o Brasil se tornou um grande produtor agrícola mundial, superando a China e destacando-se até os dias atuais

Figura 1: Produtividade total dos fatores na agricultura para países selecionados 1961–2010



Fonte: Mueller e Mueller (2016).

¹A produtividade total dos fatores é o crescimento da produção não diretamente relacionado com o aumento de capital, trabalho e terra. Assim, geralmente se supõe que são inovações e progresso técnico que permitem o uso mais eficiente dos insumos tradicionais.

Conforme dados da FAO (2013), as áreas de expansão agrícola no mundo estão cada vez menores e desigualmente distribuídas: 90% das terras para produção agrícola se localizam na América Latina e na África Subsaariana. É preocupante que países com enorme contingente populacional, como China e EUA, não possuam novas áreas para produção agrícola. Na América Latina, como mencionado, o Brasil se destaca. Com a expansão agrícola pós-convencional para uma das mais tecnológicas no mundo, o país tornou-se grande produtor de grãos e de carne, fato que está relacionado à disponibilidade de áreas para essa expansão (SAATH e FACHINELLO, 2018) e às políticas governamentais de incentivo.

Em 2013, o país atingiu um nível de produção agrícola grandioso, configurando-se como o segundo maior exportador agrícola do mundo. Juntamente às indústrias agroalimentares, faturou mais de US\$ 86 bilhões (36% do total das exportações); bateu as marcas de maior fornecedor de soja, açúcar, suco de laranja e café; destacou-se, ainda, como grande exportador de tabaco e aves; além de ter se sobressaído com a alta produção de milho, arroz e carne bovina para o mercado interno (OCDE/FAO, 2015).

Essa expansão agrícola, nacional e internacional, contudo, tem deixado a sua marca sobretudo no meio ambiente, no que tange, por exemplo, à perda e contaminação de solos e às questões climáticas, as quais, no final, vão resultar em efeitos negativos para si mesma. Sem água para irrigação e as chuvas, o agronegócio brasileiro pode perder seu destaque e criar um problema sério nas cidades do interior, além de afetar seu PIB.

O Brasil teve duas fases bem distintas ao longo das duas últimas décadas. Depois do crescimento da agricultura entre os anos de 1960 e 1990, com o avanço de biomas adentro (década de 1990 ao ano de 2012), a agricultura se estabilizou e o desmatamento até chegou a diminuir. No Quadro 1, a seguir, Lapola *et al.* (2014) exemplificam como foi o panorama 1990-2012 da agricultura e seu avanço dentro dos biomas brasileiros, trazendo as principais características da produção e da mudança no uso da terra.

Em contrapartida, houve uma mudança drástica das políticas públicas relacionadas com o desmatamento para o avanço da agricultura e pecuária nos últimos oito anos, com números recordes. Como destacado por Oliveira *et al.* (2016), Kuplich *et al.* (2018), Costa, Galvão e Da Silva (2019), Abadias *et al.* (2020), o sucesso da agricultura contribuiu para o crescimento econômico, mas devastou generalizadamente os ecossistemas do Cerrado, resultou na perda drástica da Mata Atlântica, no avanço da soja nas regiões do Pampa, e no avanço da

agricultura e pecuária na Amazônia legal, queimando e desmatando vastas áreas num curto período de tempo.

Isso foi demonstrado no último relatório do MapBiomas (2020), o qual apontou que o crescimento do desmatamento no Brasil foi enorme. Destacam-se os biomas Amazônia e Cerrado, os quais concentraram 96,7% de todo desmatamento do território brasileiro. Segundo essa fonte, 99% de todo o desmatamento detectado em 2019 apresentou irregularidades que incluem desde a localização em áreas protegidas ou com restrição legal, até a ausência de autorização para supressão da vegetação.

Quadro 1: Contexto do uso da terra nos biomas brasileiros

Mais de 80% da expansão de terras cultiváveis no Brasil de 1990 a 2011 ocorreu nas regiões da Amazônia e do Cerrado (IBGE, 2012a). A Amazônia e as partes norte do Cerrado também são as únicas regiões onde a área de pastagem aumentou (em detrimento da vegetação nativa) nos últimos 20 anos (IBGE, 2012a; IBGE, 2012b).

Região Amazônica: Desde o início dos anos 90, a Amazônia brasileira entrou em uma fase nova de colonização e uso da terra, na qual os incentivos fiscais tiveram um papel menor e os lucros da exploração madeireira e da agricultura e pecuária em larga escala, bem como os baixos preços da terra, impulsionaram grande parte da expansão da fronteira (MARGULIS, 2003). Esse processo foi apoiado por programas governamentais e bilaterais de investimento em infraestrutura, como instalações de transporte e fornecimento de energia (KILLEEN, 2007). Apesar dessa pressão, houve um declínio proeminente no desmatamento geral desde 2005: de uma média anual de 18.000 km² no período 1990–2004 para 10.500 km² em 2005–2012, com a taxa mais baixa de 4.571 km² em 2012. As pastagens para a produção de carne bovina continuam sendo o uso dominante da terra, ocupando 60% a 80% da terra desmatada, com os números regionais de gado atingindo mais de 50 milhões de cabeças desde 2004 (INPE, 2013b; IBGE, 2012a).

Região do Cerrado: Atualmente, a agricultura ocupa quase 1 milhão de km² do Cerrado, ou 50% da extensão original do bioma (IBGE, 2012a; MONFREDA et al., 2008). A criação de gado também é de longe o uso dominante da terra, mas uma fração dessas pastagens foi substituída recentemente pelo avanço da colheita mecanizada em larga escala de soja e cana-de-açúcar, por exemplo (IBGE, 2012a; MARTINELLI e FILOSO, 2008; WALTER et al., 2011). De fato, o Cerrado é a região produtora de carne bovina mais importante do Brasil, abrigando a maior extensão de pastagens e 50% do rebanho nacional. A transformação do Cerrado em monocultura de soja nas últimas duas décadas foi um dos principais contribuintes para a expansão da área total de terras cultiváveis no Brasil. No entanto, como na Amazônia, as taxas anuais de desmatamento estão

caindo de uma média de 16.000 km² no início dos anos 2000 para 6.500 km² em 2010. No entanto, a alta adequação da topografia e solos do Cerrado à agricultura mecanizada, o número reduzido e de extensão total de áreas protegidas, a falta de um programa de vigilância de desmatamento bem estabelecido e frequente e a pressão resultante do declínio do desmatamento na Amazônia, todos indicam que o Cerrado continuará sendo a principal região de mudanças no uso da terra no Brasil (SPAROVEK *et al.*, 2010; FERREIRA *et al.*, 2007; NEPSTAD *et al.*, 2009; LAPOLA *et al.*, 2011).

Região do Pantanal: Apesar de ser o bioma mais intacto do Brasil (apenas 15% de sua extensão o que se ve é uma pressão no uso da terra região sazonalmente inundada do Pantanal. No entanto, a região também sofreu um declínio no desmatamento na última década (IBGE, 2012b; IBAMA, 2012). Preocupações ambientais marcantes com a expansão descontrolada das plantações de cana-de-açúcar nos biomas vizinhos motivaram uma proibição legal que proíbe a monocultura da cana-de-açúcar no Pantanal (e na Amazônia) (BRASIL, 2009).

Região da Caatinga: A Caatinga compreende 970.000 km² de vegetação predominantemente arbustiva. De uma população humana total de 21 milhões, 44% vivem nas áreas rurais, confiando fortemente na agricultura de pequeno porte e sazonal, na criação de cabras (uso dominante da terra junto com o cultivo de subsistência) e na colheita de lenha (o principal motor do desmatamento na região) (SAMPAIO *et al.*, 2010). Projetos recentes de irrigação priorizaram a produção de frutas orientada para a exportação. No entanto, grandes impactos devido à má gestão da terra, extração de madeira, projetos de irrigação mal planejados e aumento da frequência de secas severas estão contribuindo para a expansão da desertificação, com áreas degradadas respondendo por 40.000 km², levando à consequente perda de biodiversidade, estoques de carbono e propriedades estruturais e químicas do solo (SAMPAIO *et al.*, 2005). As estimativas disponíveis indicam que o desmatamento anual ocorreu a taxas de 5.900 km² durante o período 1994-2002, diminuindo depois para 91.900 km² em 2009 (IBAMA, 2012).

Região da Mata Atlântica: O bioma Mata Atlântica, um hotspot de biodiversidade extremamente ameaçado, abriga a maioria das terras cultiváveis original foi convertida para usos antropogênicos, principalmente para criação de gado, silvicultura, construção de barragens hidrelétricas e navegação, do Brasil e é habitado por 125 milhões de pessoas, incluindo várias grandes áreas metropolitanas, como São Paulo e Rio de Janeiro. Apenas 12% (160.000 km²) da vegetação original permanece, menos de 50% dos quais está localizado em áreas protegidas (INPE, 2012a; IBGE, 2012b). No entanto, a área de floresta secundária tem aumentado em algumas regiões, conforme previsto pela teoria da transição florestal para fronteiras agrícolas consolidadas, devido à transição generalizada para a agricultura mecanizada (que não opera em áreas íngremes) e à fiscalização orientada pelas leis ambientais (WALKER, 2012). Os usos dominantes da terra na região são a agricultura de cana-de-açúcar em larga escala e a pecuária, com taxas relativamente altas de estocagem de gado (2 cabeças por hectare) espalhadas pela região sudoeste do bioma

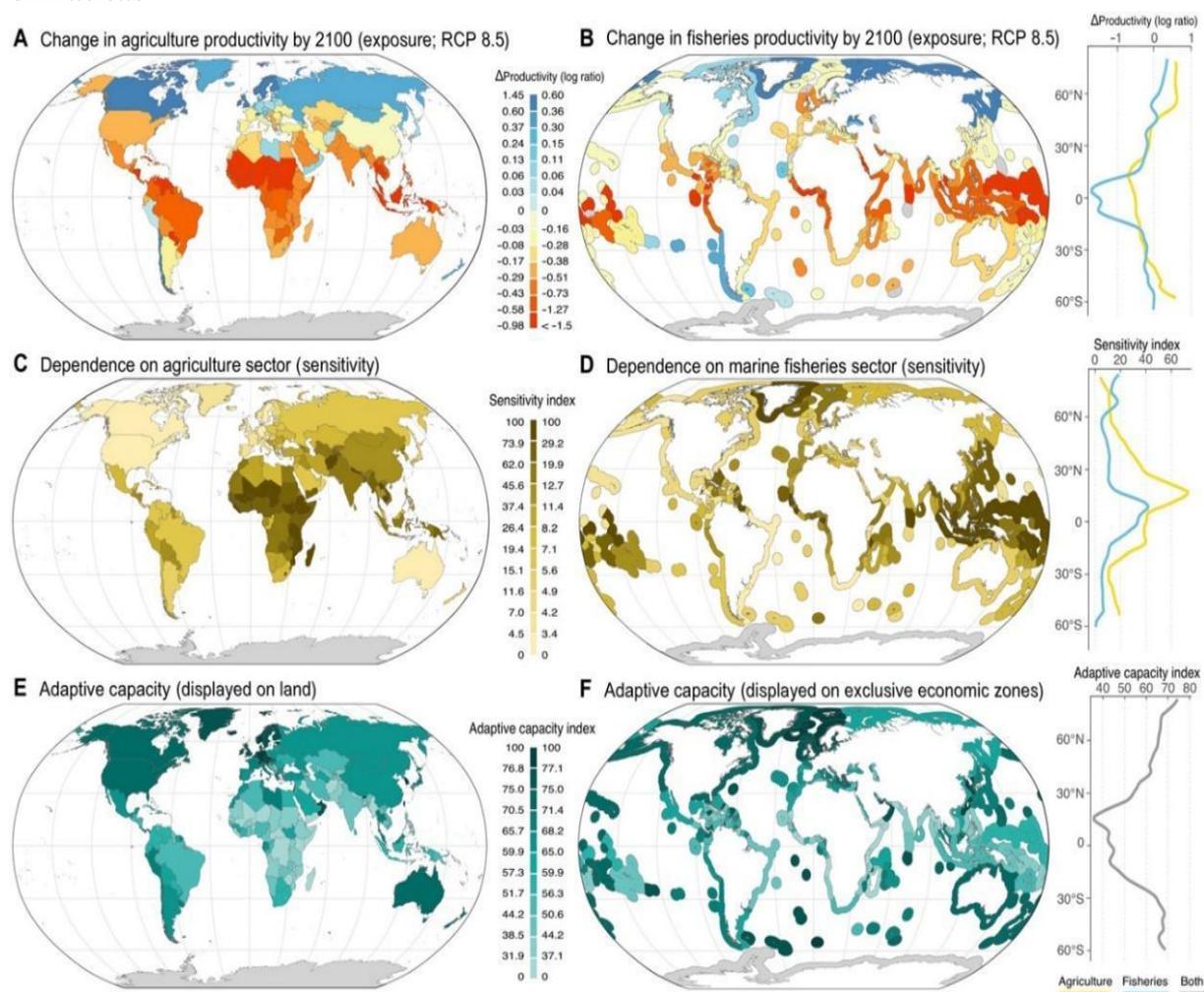
(MARTINELLI e FILOSO, 2008; MONFREDA *et al.*, 2008; FAO, 2007a). Somente no estado de São Paulo, as terras cultivadas com cana-de-açúcar aumentaram de 18.000 km² em 1990 para 52.000 km² em 2011 (IBGE, 2012a). Embora a maior parte dessa recente expansão da cana esteja ocorrendo em pastagens anteriores, pode-se argumentar que a demanda de gado uma vez encontrada por essas pastagens, foram pelo menos parcialmente transferidas para as regiões da Amazônia e do Cerrado (onde as pastagens se expandiram às custas da vegetação nativa). (MARTINELLI e FILOSO, 2008; BARRETTO *et al.*, 2013; AGUIAR *et al.*, 2011; WALTER *et al.*, 2011; LAPOLA *et al.*, 2011; ARIMA *et al.*, 2011).

Fonte: Lapola *et al.* (2014).

Extraída de Mello *et al.* (2020), a Figura 2 ilustra a distribuição do uso da terra nos biomas brasileiros utilizando dados do IBGE (2019a) e do MapBiomas (2020). No Brasil, a agropecuária tem 30,9% de todo o país, distribuída da seguinte maneira: agricultura (21%), mosaico (17%), silvicultura (3%), pastagem (59%). A área urbana ocupa 0,7%; corpo d'água, por seu turno, 2,2 %; formação natural, 6,6 %; sendo estes últimos divididos em formação campestre, com 84%; e outros, com 16%. As florestas correspondem a 59,6 %; sendo formação florestal, com 78%; formação savânica, com 22%, e outros, com <1% (MapBiomas, 2020).

O avanço da agricultura junto ao desmatamento e à perda de solos afeta o clima, que, por sua vez, afeta a produção agrícola. Em pesquisa recente, Thiault *et al.* (2019) ilustram os impactos gerados pelas mudanças climáticas na agricultura e no mundo apresentando projeções das regiões onde o clima vai afetar mais ou menos a produção agrícola até 2100. Na Figura 3, é possível ver, a partir do índice, que regiões mais sofrem com as mudanças climáticas. Na projeção A, vemos quanto o clima afetará a produtividade agrícola da região; na B, quanto a região vai ser dependente daquele setor; na C, a capacidade de adaptação às mudanças climáticas. O Brasil está em destaque, junto a regiões do continente africano e asiático, pois neles a agricultura é um setor forte e há grandes impactos climáticos, se comparados a países da Europa e América do Norte. Segundo o Ministério de Ciência e Tecnologia (2010), cerca de 80% das emissões de CO₂ do Brasil em 2005 originaram-se da agricultura e de mudanças do uso da terra.

Figura 3: Dimensões da vulnerabilidade da agricultura e da pesca marinha às mudanças climáticas



Fonte: Thiault *et al.* (2019).

Finalmente, em um trabalho mais recente sobre mudanças climáticas, Zilli *et al.* (2020) mostram a importância da implementação de mudanças profundas na produção agrícola e pecuária brasileira em vista das mudanças climáticas que tendem a se intensificar ao longo dos próximos anos no mundo. Essas mudanças devem incluir práticas ambientais mais sustentáveis, a aplicação mais rigorosa do código florestal, o impedimento do desmatamento ilegal e demais iniciativas que ajudam na preservação do ecossistema, para, assim, reduzir os impactos.

Sendo assim, deve-se praticar novos modelos de práticas agrícolas, como a agricultura 5.0, que substitui a agricultura 4.0, já inserida em grandes tecnologias, como redes de sensores, sensores em máquinas, drones, processamento de imagens de satélite, sistemas de tecnologia da informação baseados em nuvem, análise de grandes volumes de dados (*big data*), aplicações móveis e tratores autônomos. A agricultura 5.0 traz inteligência artificial, na robótica, na impressão 3D e 4D, na biologia sintética e na agricultura vertical, sendo novas formas de mitigar os impactos trazidos pelas produções agrícolas extensivas (CEMA, 2017).

2.2 PRÁTICAS DE MANEJO CONSERVACIONISTAS

As práticas de manejo conservacionistas são definidas como um sistema de produção agrícola baseado no manejo integrado do solo, água e recursos agrícolas (FAO, 2002).

Práticas agrícolas conservacionistas promovem a proteção ambiental e a sustentabilidade da produção por meio da manutenção permanente ou semipermanente da cobertura orgânica do solo. Nesse sentido, a agricultura conservacionista tornou-se uma alternativa à agricultura extensiva, isto é, ao uso indiscriminado de defensivos agrícolas, fertilizantes e maquinários, os quais resultam em perdas na produtividade do solo devido a processos de degradação, tais como erosão, compactação, encrostamento superficial, depleção da matéria orgânica, perda da biodiversidade, acidificação, lixiviação, entre outros (ARAÚJO JUNIOR *et al.*, 2015).

São várias as práticas conservacionistas que buscam melhorar a produção e, ao mesmo tempo, diminuir a degradação do solo. A seguir, apresento várias práticas conservacionistas amplamente aplicadas pelos produtores rurais e que contribuem para a proteção do solo.

Calagem: prática com melhor relação custo/benefício, essencial para o bom aproveitamento dos insumos aplicados, ao mesmo tempo em que propicia melhorias na física do solo e no ambiente radicular, promovendo melhor infiltração. É fonte de cálcio e/ou

magnésio, atuando na complexação da matéria orgânica e na disponibilidade de alguns micronutrientes essenciais Figura 4 (CATI, 2014).

Gessagem: possibilita melhor estrutura do solo, em função da agregação de coloides, ao mesmo tempo em que promove o fornecimento de cálcio e enxofre e, principalmente, a melhoria das condições físicas e químicas na subsuperfície, propiciando condições para melhoria da infiltração e do desenvolvimento radicular em profundidade. É prática que vem sendo largamente utilizada com vistas à melhoria do ambiente radicular, lembrando que o volume de massa produzido é reflexo, principalmente, do desenvolvimento radicular Figura 5 (CATI, 2014).

Figura 4: Exemplo de processo de calagem



Calagem em área sob o sistema de plantio direto.

Autor: Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida – doutorando Esalq/USP.

Fonte: CATI (2014)

Figura 5: Resultado da gessagem no solo



Proporcionalidade entre o volume de massa produzida em superfície e o desenvolvimento radicular, mostrando a importância da melhoria do ambiente radicular.

Autor: Inovação Agrícola (cessão de uso).

Fonte: CATI (2014)

Adubação verde: adubo verde é a planta, cultivada ou não, de preferência uma leguminosa, em virtude da capacidade de fixação de nitrogênio, com a finalidade de elevar a fertilidade do solo e a produtividade das culturas, por meio de sua massa vegetal produzida no local ou trazida de fora. Consiste no cultivo e no corte de plantas imaturas, no pleno florescimento, com ou sem a incorporação da fitomassa Figura 6 (CATI, 2014; PES e GIACOMINI, 2017).

Figura 6: Exemplo da utilização de adubação verde



Rotação de culturas em área explorada com cana-de-açúcar, utilizando adubação verde com crotalária.

Autor: Pedro Henrique de Cerqueira Luz – professor FZEA/USP.

Fonte: CATI (2014).

Cultura em faixas: consiste na disposição das culturas em faixas de largura variável, de forma que se alternem a cada ano as plantas que oferecem pouca proteção ao solo com outras de crescimento denso. Pode-se considerá-la como uma prática complexa, pois combina o plantio em contorno, a rotação de culturas, as plantas de cobertura e, em muitos casos, os terraços. O efeito da cultura em faixa no controle de erosão é baseado em três princípios: as diferenças em densidades das culturas empregadas; o parcelamento dos lançantes; e a disposição em contorno. A disposição alternada de culturas diferentes faz com que as perdas por erosão sofridas por determinada cultura sejam, em parte, controladas pela cultura que vem logo abaixo. Culturas como feijão, mamona e mandioca perdem mais solo e água por erosão do que o amendoim, o algodão e o arroz, e estas, por sua vez, perdem mais que a soja, a batatinha, o milho e a cana-de-açúcar Figura 7 (CATI, 2014; PES e GIACOMINI, 2017).

Figura 7: Exemplo de cultura em faixas



Fonte: EOS (2022).

Alternância da Roçada: uma das maneiras eficientes de controlar a erosão é a ceifa do mato nas culturas perenes, cortando as ervas daninhas a uma pequena altura da superfície do solo, deixando intactos os sistemas radiculares do mato e das plantas perenes, bem como uma pequena vegetação protetora de cobertura, constituída de tocos. A ceifa deve ser convenientemente repetida, a fim de não prejudicar a cultura pela concorrência do mato, e executada com o auxílio de implementos ou ferramentas adequadas. O controle das ervas daninhas nas culturas perenes pode ser realizado quimicamente, por intermédio de herbicidas, porém, o efeito contra a ação do impacto da gota de chuva deve ser menor. A ceifa controla o

desenvolvimento exagerado e prejudicial das ervas daninhas, eliminando-as logo que sua competição em umidade e elementos nutritivos comece a ser sentida pelas culturas, como se vê na Figura 8 (CATI, 2014).

Figura 8: Exemplo de roçada



Maneio de cultura de citros. com roçada do mato e manutenção de cobertura nas entrelinhas.

Autora: Isabella Clérici de Maria – Apta/IAC/SAA

Fonte: CATI (2014)

Cobertura morta: a cobertura do solo com restos de culturas é uma das mais eficientes práticas de controle da erosão. A cobertura morta protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, faz diminuir o escoamento da enxurrada e incorpora ao solo a matéria orgânica, que aumenta a sua resistência ao processo erosivo. No caso da erosão eólica, protege o solo contra a ação direta dos ventos e impede o transporte das partículas. A cobertura morta com palha ou resíduos vegetais contribui para a conservação da água, devendo ser preconizada nas zonas de precipitações pouco abundantes, além de diminuir a temperatura do solo, reduzindo, assim, as perdas por evapotranspiração. Estima-se que a prática controla a erosão na porcentagem de 53%, nas perdas de solo, a 57% nas perdas de água Figura 9 (CATI, 2014; PES e GIACOMINI, 2017).

Figura 9: Exemplo de aplicação de cobertura morta



Cobertura morta com palhada de capim braquiária recebendo o plantio direto de soja.

Autor: Rodrigo Estevam Munhoz de Almeida – doutorando Esalq/USP.

Fonte: CATI (2014)

Plantio Direto na Palha (PDP): é um sistema de produção em que se evita a perturbação do solo, mantendo sua superfície sempre recoberta por resíduos (palha) e/ou vegetação. Considerando as suas premissas básicas, pode-se afirmar que o PDP é, hoje, a melhor tecnologia agrícola disponível, aplicável a praticamente todas as culturas comerciais, inclusive à cana-de-açúcar e culturas perenes. É, também, a que mais se aproxima das condições em que a natureza opera. Traz, em sua essência, a busca pelo equilíbrio do ecossistema, possibilitando para a agricultura a autossustentação em termos econômicos, sociais e ambientais. Propicia a melhoria da infiltração e retenção de água, a oxigenação, a redução da amplitude térmica, a manutenção da umidade, a reciclagem de nutrientes e a riqueza biológica. Remete, ainda, à redução dos custos de mecanização e mão de obra, ao menor consumo de combustíveis fósseis e à maior eficiência no uso da água e dos insumos Figura 10 (CATI, 2014).

Figura 10: Exemplo de integração lavoura-pecuária sob PDP



Fonte: Revista Cultivar (2021).

Sistema de Integração entre Agricultura, Pecuária e Floresta (ILP, ILPS e SAF): são sistemas de cultivos que integram a produção de grãos, fibras, madeiras, carnes, leite e/ou agroenergia em uma mesma área. Nesses sistemas, o cultivo de grãos, a exploração de pastagens e a produção arbóreas são realizados em consórcio, em rotação ou em sucessão, de forma planejada, para benefício das interações ecológicas e econômicas resultantes da diversidade de espécies. Além da conservação do solo, incluindo o controle da erosão e a melhoria de suas propriedades, esses sistemas objetivam promover a sustentabilidade da produção agropecuária, a diversificação de atividades e o bem-estar animal Figura 11 (CATI, 2014; PES e GIACOMINI, 2017).

Figura 11: Exemplo de sistema de integração entre agricultura, pecuária e floresta (ILP, ILPS e SAF)



Integração Lavoura-Pecuária-Floresta [Fazenda Nelson Guerreiro, em Brotas (SP)], mostrando em primeiro plano a Integração Pecuária-Floresta, com eucalipto e braquiária. Em segundo plano, Integração Lavoura-Pecuária-Floresta – com eucalipto, milho e após, braquiária. Autor: Mário Ivo Drugowich – engenheiro agrônomo Ciagro/CATI/SAA.

Fonte: CATI (2014)

Plantio em nível: consiste em dispor as fileiras das plantas e executar todas as operações de cultivo no sentido transversal ao pendente, em curvas de nível ou linhas em contorno. Dentre as práticas simples, além de constituir uma medida de controle da erosão, proporciona maior facilidade e eficiência no estabelecimento de outras práticas complementares, baseadas na orientação em nível, com o menor custo. Este método é representado na Figura 12 (CATI, 2014; PES e GIACOMINI, 2017).

Figura 12: Exemplo de plantio em nível



Fonte: CAPECHE (2012); Embrapa Solos.

Faixas de vegetação permanente: faixas ou cordões de vegetação permanente são fileiras de plantas perenes e de crescimento denso, dispostas com determinado espaçamento horizontal e sempre em nível. Em culturas anuais cultivadas continuamente na mesma faixa ou em rotação, são intercaladas faixas estreitas de vegetação cerrada, formando os cordões de vegetação permanente. Nas culturas perenes, também podem ser usadas as faixas de vegetação permanente, formando barreiras vivas entre as árvores para controlar a erosão e servir de quebra-vento. Quebrando a velocidade de escoamento da enxurrada, o cordão de vegetação permanente provocará a deposição de sedimentos transportados e facilitará a infiltração da água que escorre no terreno, concorrendo para diminuir a erosão do solo. Esses cordões possibilitam a formação gradual de terraços com o correr dos anos, com o preparo do solo e com os cultivos que se fazem entre as faixas. Também, como resultado da própria erosão, a terra vai sendo deslocada do seu lado de cima, formando, gradativamente, terraços que, com um pequeno trabalho de acabamento, serão terminados. Nos padrões atuais de ocupação do solo, a cultura em faixa também se presta como elemento fundamental no Sistema Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), em que, além de poder receber nos primeiros anos culturas anuais intercalares, ao final poderão ser estabelecidas pastagens, as quais tornam possível o aproveitamento econômico da cultura explorada na faixa, normalmente espécies florestais Figura 13 (CATI, 2014).

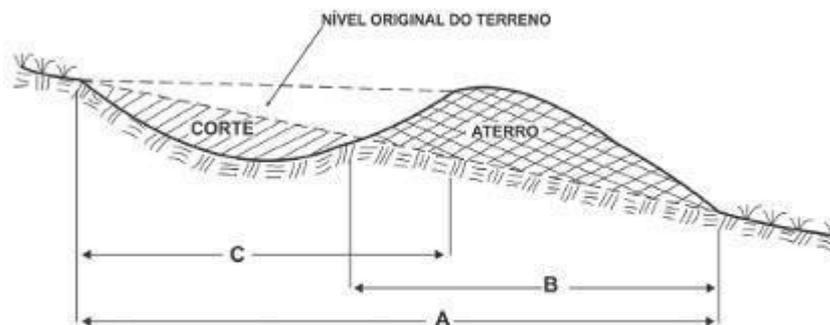
Figura 13: Exemplo de faixas de vegetação permanente



Fonte: Modesto Júnior *et al.* (2016).

Terraceamento agrícola: é uma prática conservacionista de caráter mecânico cuja implantação envolve a movimentação de terra por meio de cortes e aterros, como se vê na Figura 14. O terraceamento se baseia na construção de estruturas físicas no sentido transversal ao declive do terreno, em intervalos dimensionados, visando ao controle do escoamento superficial das águas de chuva. Essas estruturas são denominadas “terraços”, e sua construção está diretamente relacionada ao tipo de solo, à declividade do terreno e à intensidade e duração das chuvas. Nem todos os terrenos podem ser terraceados com êxito. Naqueles em que os solos são pedregosos, muito rasos, com subsolo adensado ou com relevo muito íngreme, o terraceamento não é recomendado. Para que um sistema de terraceamento seja eficiente, deve-se combiná-lo com outras práticas conservacionistas, como o plantio em nível, a rotação de culturas, o controle de queimadas, a manutenção da cobertura do solo, entre outros. Outro fator que deve ser levado em conta é que o custo de implantação e de manutenção de um sistema de terraceamento é relativamente alto; dessa forma, antes de sua implantação, deve ser realizado um levantamento das condições de solo, clima e das culturas a serem implantadas na área e equipamentos disponíveis, para que se tenha segurança e eficiência no controle da erosão, pois o rompimento de um terraço pode levar à destruição de todos que estiverem abaixo deste, acarretando grandes prejuízos (CATI, 2014; PES e GIACOMINI, 2017).

Figura 14: Exemplo de um perfil de terraço



Representação esquemática de um terraço em perfil, mostrando:
A – faixa de movimentação de terra; B – camalhão ou dique; C – o canal

Fonte: Lombardi Neto et al. (1994).

Fonte: Zonta *et al.* (2012).

Figura 15: Exemplo de tipos de terraços

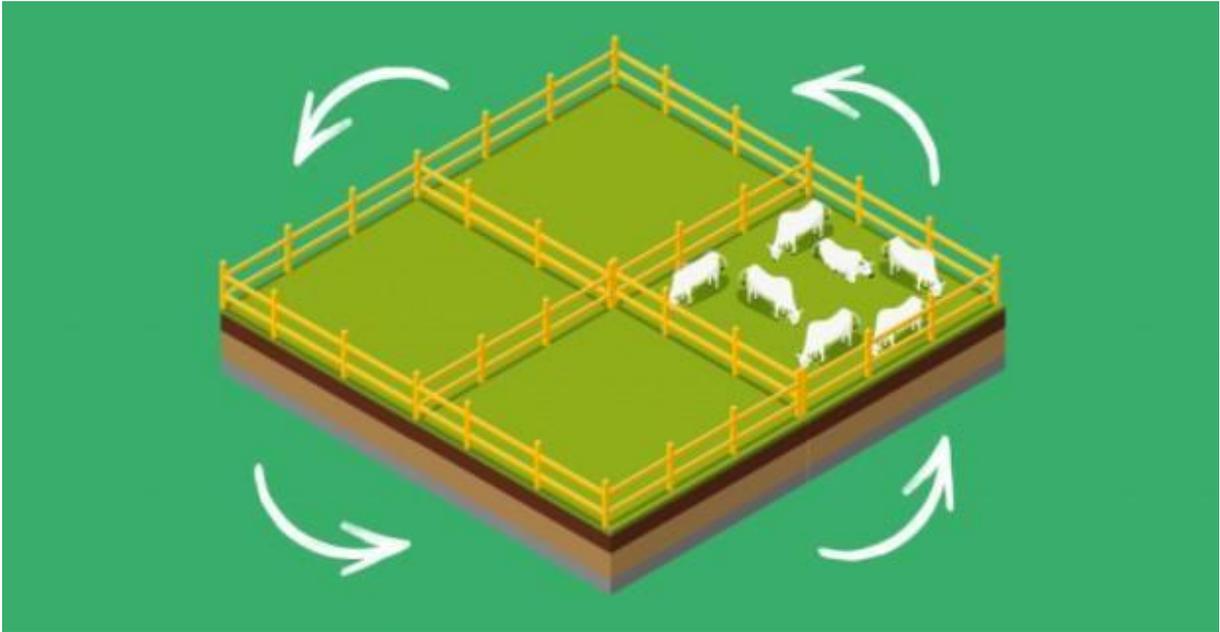


Terraço de base estreita (A) e de base larga (B) para contenção de enxurradas.

Fonte: Zonta *et al.* (2012).

Pastejo rotacionado: tem sido uma das principais técnicas adotadas no processo de intensificação dos sistemas pastoris. O pastejo rotacionado consiste na utilização de pelo menos dois piquetes submetidos a sucessivos períodos de descanso e de ocupação. Durante o período de descanso, ocorre a rebrota da planta forrageira na ausência do animal. No período de ocupação, verifica-se a utilização do pasto pelos animais (consumo), concomitantemente, ao processo de crescimento de forragem. O intervalo de tempo resultante do somatório desses dois períodos representa o ciclo de pastejo. O manejo correto do pasto pode trazer grandes benefícios a médio e longo prazo ao produtor, visto que não adianta só fazer a rotação e sim saber o quanto aquele local vai suportar de gado e tempo de uso, conforme se indica na Figura 16 (MARTHA JÚNIOR *et al.*, 2003).

Figura 16: Exemplo de um sistema de pastejo rotacionado



Fonte: JETBOV (2021).

2.3 O PLANEJAMENTO AMBIENTAL

Há vários conceitos sobre o planejamento na literatura, cada um com a sua perspectiva. Para Conyers e Hills (1984, p. 3), por exemplo, “o planejamento é um processo contínuo que envolve decisões ou escolhas, sobre modos alternativos de usar os recursos disponíveis, com o objetivo de alcançar metas específicas em algum momento no futuro”.

Para Santos (2004, p. 23), por sua vez, o planejamento “é um processo contínuo que envolve a coleta, organização e análise sistematizada das informações, por meio de procedimentos e métodos para chegar a decisões ou a escolhas acerca de melhores alternativas para o aproveitamento dos recursos disponíveis”. O autor enfatiza que o mais importante no planejamento são as tomadas de ações subsidiadas num diagnóstico que, no final, identifique e defina o melhor uso dos recursos daquele meio planejado.

Em contrapartida, Barreto (2000) argumenta que o planejamento é uma atividade não estática, com muitos fatores concomitantes, os quais devem ser coordenados para se alcançar um objetivo que está em outro tempo. Silva e Santos (2011) descrevem que, nesse processo dinâmico, é indispensável um olhar de revisão e a correção de rumos, o repensar constante, mesmo após a consolidação dos objetivos. Esses estudiosos reafirmam a colocação de Barreto (2000), acrescentando que o “planejador não pode trabalhar na base do método empírico, mas sim baseado num estudo aprofundado de todo o contexto em que o planejamento e o planejador

estão inseridos” (SILVA e SANTOS, 2011, p. 25). Ou seja, deve obter e utilizar métodos científicos que permeiam e orientam o seu planejamento.

O planejamento envolve diferentes ações. Christofolletti (1999) salienta a diferenciação entre as categorias de planejamento estratégico e operacional, abordando, ainda, a possibilidade de se utilizar o planejamento segundo critérios de grandeza espacial — como planejamento local, regional, nacional etc. — ou por setores de atividades — tais como planejamento urbano, rural, ambiental, econômico etc.

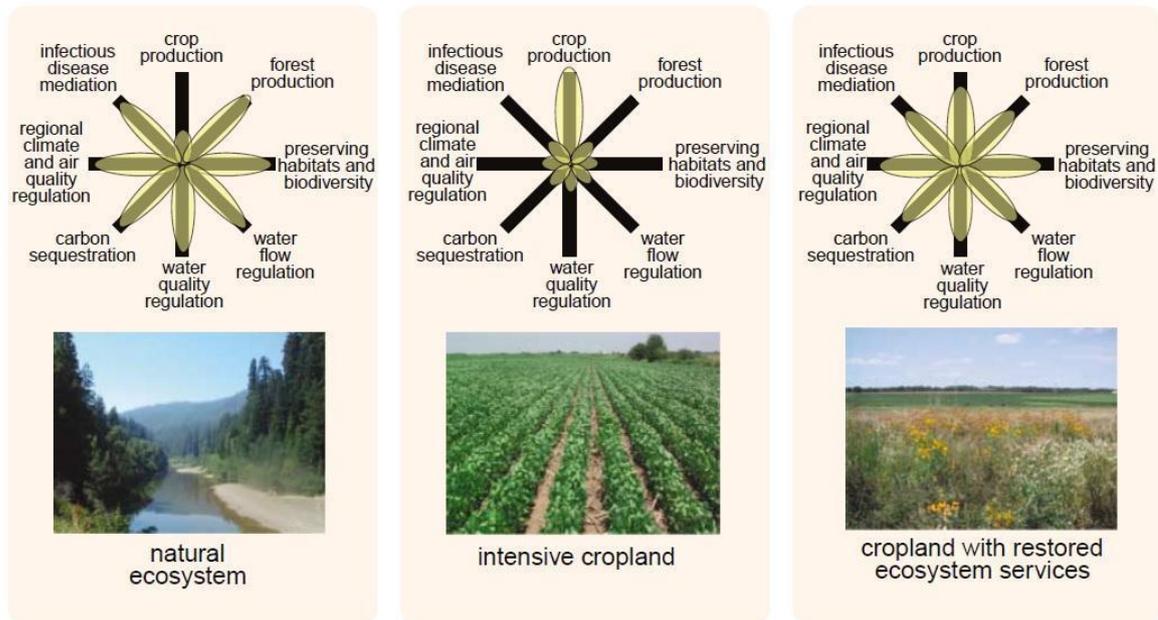
O Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2015) ressalta que o planejamento das cidades é prerrogativa constitucional da gestão municipal, que responde, inclusive, pela demarcação oficial da zona urbana, zona rural e demais territórios para onde são direcionadas as ferramentas de planejamento ambiental. Sobre o meio ambiente urbano, o MMA afirma que as principais ferramentas de planejamento ambiental são o Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE), o Plano Diretor Municipal, o Plano de Bacia Hidrográfica, o Plano Ambiental Municipal, a Agenda 21 Local e o Plano de Gestão Integrada da Orla.

Foley *et al.* (2005) mencionam ainda a necessidade da resiliência de paisagens, sendo necessária uma crescente tomada de decisões e de ações políticas em múltiplas escalas geográficas e múltiplas dimensões ecológicas para que o meio possa viver em equilíbrio. O uso da terra possui os seus benefícios sociais e econômicos para a sociedade, mas é contraditória e potencialmente um causador da degradação ecológica em escala local, regional e global. A sociedade enfrenta o desafio de desenvolver estratégias que possam reduzir os impactos ambientais negativos desse uso em vários serviços, mantendo os benefícios supracitados.

Foley *et al.* (2005) apresentam, na Figura 17, a estrutura conceitual para comparar o uso da terra e os *trade-offs*² de serviços ecossistêmicos. O fornecimento de múltiplos serviços ecossistêmicos sob diferentes regimes de uso da terra é ilustrado como um diagrama simples de "flores", no qual a condição de cada serviço ecossistêmico é indicada ao longo de cada eixo. Na ilustração, ele compara três paisagens hipotéticas: um ecossistema natural (à esquerda), uma área de cultivo intensivamente manejada (ao meio), e uma área de cultivo com ecossistema em equilíbrio (à direita).

²*Trade-offs* é uma expressão que define uma situação em que há conflito de escolha. No exemplo de Foley (2005), as ações de serviços do ecossistema são *trade-offs* no uso da terra e podem causar um equilíbrio ou um distúrbio.

Figura 17: Estrutura conceitual para comparar o uso da terra e os *trade-offs* de serviços ecossistêmicos



Fonte: Foley *et al.* (2005).

Os ecossistemas naturais são capazes de suportar muitos serviços ecossistêmicos em níveis elevados, entretanto, o mesmo não se aplica à produção de alimentos, ainda que a área de cultivo intensivamente manejada seja capaz de produzi-los em abundância (pelo menos a curto prazo), ao custo de diminuir outros serviços do ecossistema. Contudo, um meio-termo — uma área de cultivo que seja explicitamente gerenciada para manter outros serviços do ecossistema — pode ser capaz de suportar um portfólio mais amplo de serviços do ecossistema (FOLEY *et al.*, 2005).

Para que o ecossistema local não seja afetado pelo uso intenso do uso da terra, Kusi *et al.* (2020) sublinham a importância de um manejo equilibrado. Também para esses autores, em regiões onde se tem um grande avanço da produção agrícola, a tendência é haver um grande desequilíbrio, principalmente nas questões hídricas e pedológicas.

Dito isso, a busca pelo planejamento de um local enseja diretamente a Bacia Hidrográfica como unidade de planejamento. No campo do planejamento territorial ambiental, essa é uma unidade básica de análise para o desenvolvimento de ações e medidas estruturais e não estruturais com a perspectiva de integração entre a gestão dos recursos hídricos e a gestão ambiental (CARVALHO, 2020).

2.3.1 Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento

A bacia hidrográfica, entendida como a unidade básica de análise ambiental, permite compreender e avaliar seus diversos componentes e os processos de interação que neles atuam. A adoção da bacia hidrográfica implica uma visão sistemática e abrangente do meio ambiente (BOTELHO e SILVA, 2007).

Com base em Santos (2004), a escolha da bacia hidrográfica como unidade de planejamento tem sido comumente aceita em alguns campos científicos. Justifica-se porque “uma bacia hidrográfica constitui um sistema natural bem definido no espaço, consistindo em um conjunto de terras topograficamente drenadas por um curso d’água e seus afluentes, onde as interações, pelo menos físicas, são integradas e, assim, mais facilmente interpretadas” (SANTOS, 2004, p. 40). É importante ressaltar que a definição da bacia hidrográfica como área de estudo dentro dos estudos físico-ambientais é devida às abordagens sistêmicas. Segundo Gonçalves (2011),

Uma das principais formas de se entender os processos hidrológicos no espaço é avaliando-os dentro dos limites da bacia hidrográfica. Justifica-se a escolha da bacia hidrográfica como unidade de estudo, por esta manter uma relação estreita entre os componentes do ambiente e a atividade antrópica. Fica então evidenciada, a necessidade de analisar as alterações ocorridas nas bacias hidrográficas, em especial as alterações nos recursos hídricos. Uma maneira de se identificar tais processos é a avaliação de variáveis indicadores do estado da água, uma vez que a existência e qualidade da água dependem de como os outros componentes do ambiente são manejados (GONÇALVES, 2011, p. 17).

Guerra e Botelho (1998) afirmam que, quando é objeto de estudo, a bacia hidrográfica estabelece uma unidade natural básica de planejamento, criando ações que interagem de diferentes formas no uso e manejo, sendo vista sob a ótica sistêmica, de forma que cada agente pode influenciar ou ser influenciado pelos demais.

Tundisi (2003), ao justificar a bacia hidrográfica como unidade de planejamento, vai um pouco mais além, explicando que a escolha desta como unidade de gestão territorial passou de barreiras políticas tradicionais (municípios, estados, países) para uma unidade física que gere um planejamento e desenvolvimento econômico e social.

Numa outra visão, Rodríguez, Silva e Leal (2011) caracterizam a bacia hidrográfica como um sistema ambiental. Quanto à forma:

- É a superfície terrestre drenada por um sistema fluvial contínuo e bem definido;
- As águas escolhem outro sistema fluvial ou outros objetos hídricos;
- Seus limites estão geralmente determinados pela divisão principal, segundo o relevo;

- É o conjunto de terras drenadas por um corpo principal de águas;
- É um espaço físico-funcional.

Quanto ao planejamento e gestão:

- Abrange parte de um conjunto de feições ambientais homogêneas (paisagens, ecossistemas) ou de diversas unidades territoriais;
- Considera-se como a unidade mais apropriada para o estudo quantitativo e qualitativo do recurso água, e dos fluxos de sedimentos e de nutrientes;
- Assume-se como a unidade preferencial para o planejamento e a gestão ambiental.

Desse modo, a análise da bacia numa perspectiva sistêmica, sustentável e complexa é adequada aos objetivos desse trabalho, já que buscamos uma relação espaço-temporal do meio estudado. Partimos do pressuposto de que esse meio apresenta relações e interações entre a distribuição da água, o clima, a geologia e o relevo, entre outros agentes, que, no final, criam uma relação constituinte do espaço e a paisagem (RODRÍGUEZ, SILVA e LEAL, 2011). A visão integrada que a bacia hidrográfica traz é considerada como um fator de grande importância para que seja usada como um delimitador nos planejamentos de qualquer lugar (BACANI e LUCHIARI, 2014; MARQUES NETO *et al.*, 2017; RODRIGUES e LEITE, 2018; CARVALHO, 2020).

A bacia hidrográfica tem características bem definidas que a transformam em uma unidade bem caracterizada, num sistema que integra, de modo multidisciplinar, diferentes sistemas de gerenciamento, estudo e atividade ambiental. A bacia hidrográfica, enquanto unidade de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos, demonstra um grande avanço conceitual na gestão e integração de uma região.

Além disso, a bacia hidrográfica é cada vez mais adotada em muitos países, começando pela Europa, sendo considerada como unidade físico territorial em várias intervenções, principalmente nas de gestão dos recursos hídricos. Vê-se também seu conceito sendo usado como unidade de gestão da paisagem para o planejamento ambiental (MACHADO e TORRES, 2012).

Ross (2009) defende que, na perspectiva do planejamento econômico e ambiental do território, independentemente de qualquer unidade de planejamento, é de grande importância que as intervenções humanas criem objetivos claros de ordenamento territorial, visto que precisam trazer as premissas da potencialidade dos recursos naturais e humanos, bem como as fragilidades dos ambientes naturais. É necessário colocar em prática políticas públicas para que

o ordenamento territorial atente para a proteção e preservação da natureza e do desenvolvimento sustentável.

Na busca da proteção e do uso sustentável da natureza, o uso da bacia hidrográfica se torna importante como unidade de planejamento. Guerra e Marçal (2012) abordam a integração da natureza com a conservação, com vistas a destacar a importância de a natureza ser compreendida numa síntese dos aspectos físicos e sociais, em que o desenvolvimento de pesquisas que tragam metodologias as quais contribuam com o manejo adequado e sustentável dos recursos naturais. Sendo assim, para promover essa integração, a bacia hidrográfica se torna um modo de delimitação e planejamento de grande importância.

2.4 ZONEAMENTO AMBIENTAL

O conceito de zoneamento ambiental (ZA) é altamente utilizado, pelo governo, no planejamento de estados, cidades ou regiões estratégicas, tendo a bacia hidrográfica como delimitador.

De acordo com o decreto nº 4.297, de julho de 2002, o zoneamento,

instrumento de organização do território a ser obrigatoriamente seguido na implantação de planos, obras e atividades públicas e privadas, estabelece medidas e padrões de proteção ambiental destinados a assegurar a qualidade ambiental, dos recursos hídricos e do solo e a conservação da biodiversidade, garantindo o desenvolvimento sustentável e a melhoria das condições de vida da população (BRASIL, 2002).

Para Guedes *et al.* (2016), o ZA é a base do planejamento ambiental. Auxilia na formulação e implementação do ordenamento físico e territorial de políticas e estratégias de desenvolvimento com base em variáveis socioambientais e na definição de regiões homogêneas.

Silva e Santos (2011) apontam que esse tipo de regionalização se dá por meio de certos padrões pré-estabelecidos, os quais são causados pela análise dinâmica e pela regionalização dos atributos relacionados, destinando-se a análises associadas.

Silva e Santos (2011) descrevem que o zoneamento vem sendo adotado como principal ferramenta de regulamentação de um território, sofrendo diferentes caracterizações, basicamente em função de sua perspectiva de ação, por exemplo, conforme seja voltado para controle de crescimento, do tipo de uso ou da proteção ambiental. Já Randolph (2004) organiza

o Zoneamento em várias ações, como por interpretação de critérios de desempenho (zoneamento de desempenho), ora de concentração de densidade de uso (zoneamento por agrupamento), ora pelo potencial e restrição ambiental (zoneamento por sobreposição), entre outros.

A Política Nacional do Meio Ambiente no Brasil (PNMA. Lei no 6.938 de 31/08/1981) foi de grande importância para leis e regulamentações legais para conservação ambiental que vieram depois, trazendo o zoneamento como o instrumento que visa cumprir objetivos de “preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, sem deixar de assegurar condições de desenvolvimento socioeconômico e de proteção da dignidade humana”. Isso pois o zoneamento ambiental é a relação de fatores ambientais que englobam características do meio, as fragilidades, nos seus diferentes aspectos físicos, biológicos e humanos (SILVA e SANTOS, 2011 p.38).

Já para Seiffert (2011), o zoneamento ambiental visa definir a capacidade de ocupação de uma determinada área; pode-se criar uma área homogênea com um grau mais ou menos restritivo às ações humanas, pode-se, ainda, ser realizado em qualquer área que desperte o interesse. Sua expansão pode ter as fronteiras políticas, como um país, ou as fronteiras naturais, como bacias hidrográficas.

Outro conceito descrito é o de zoneamento geoambiental (BRASIL, 1984) em que se elabora uma setorização do espaço geográfico, conforme com as suas potencialidades, restrições e problemas, estimando-se os limites máximos para a sua exploração racional, tendo em vista a conservação do meio ambiente. Isso é feito com base na teoria de sistemas, que é a relação dos agentes físicos e biológicos do meio natural que geram uma relação, buscando constantemente sua estabilidade dinâmica.

Existem várias aplicações dentro do Zoneamento Ambiental, entretanto, uma das aplicações mais conhecidas é de Becker e Egler (1997). Segundo os autores, para que exista uma integração entre o ecológico e econômico, foi proposto o potencial social, no âmbito do qual se avalia as relações entre fatores dinâmicos e restritivos a partir de quatro grupos que são: potencial natural, potencial humano, potencial de produção e potencial institucional. Para se criar o potencial social, tem-se uma escala de valor potencial (alto, médio e baixo), e, fazendo a integração desses quatro grupos, tem-se o dinamismo ou restrição ao desenvolvimento humano naquele local, Tabela 1.

Tabela 1: Valores de Potencial das Unidades Territoriais

Potencial	Condição para o desenvolvimento humano	Valor
Alto	Prevalecem os fatores dinâmicos	3
Médio	Equivalência entre os fatores dinâmicos e restritivos	2
Baixo	Prevalecem os fatores restritivos	1

Fonte: Becker e Egler (1997); Rocha (2019d).

Rocha (2019d) explica que a elaboração do mapa de potencial social é a relação de várias informações, as quais são levadas para dentro de um SIG e sobrepostas e gerados o nível de sustentabilidade do local. O quadro 2 e a Figura 18 trazem a síntese da proposta do zoneamento feito por Becker e Egler (1997), no qual se entende que, para sua implantação, precisa-se de uma ampla negociação social e política (ROCHA, 2019d).

O Quadro 2 traz a proposta de áreas e zoneamentos, sendo que as áreas se subdividem em três: produtivas, críticas e institucionais. Nas produtivas, têm-se os zoneamentos de consolidação e expansão em que as atividades humanas podem ser desenvolvidas; nas críticas, têm-se o zoneamento de preservação e a recuperação de áreas que têm alto nível de vulnerabilidade e precisam ser recuperadas e preservadas; e nas institucionais, têm-se os zoneamentos de preservação permanente, uso restrito e uso nacional estratégico, compreendendo os parques nacionais e estaduais, reservas indígenas e extrativistas e fronteiras nacionais.

Na Figura 5, Meirelles *et al.* (1999, p.31) descrevem que “a síntese das informações sobre o Potencial Social e a Vulnerabilidade Natural e a consequente delimitação de zonas tais como definidas acima, ocorre através da execução de reclassificação em SIG, baseado no esquema proposto por Becker e Egler (1997)”. Trabalhos como o ZEE/RJ (1998); Meirelles *et al.* (1999) aplicaram a metodologia feita por Becker e Egler (1997).

Figura 18: Carta-Síntese



Fonte: Meirelles *et al.* (1999)

Quadro 2: Áreas resultantes da Carta Síntese

Áreas	Zoneamento	Uso recomendado
Produtivas	Consolidação	Poderão ser utilizadas para o desenvolvimento humano
	Expansão	A serem utilizadas para a expansão do potencial produtivo
Críticas	Preservação	Devem ser preservadas devido a sua vulnerabilidade
	Recuperação	Apesar do seu elevado grau de vulnerabilidade, possuem um alto potencial para o desenvolvimento
Institucionais	Preservação Permanente	Parques nacionais e estaduais
	Uso restrito	Reservas indígenas e extrativistas
	Uso nacional estratégico	Fronteiras Nacionais

Fonte: Meirelles *et al.* (1999)

Conforme Lopes et al. (2019), geralmente os zoneamentos são cercados de críticas, tanto no meio acadêmico como técnico, pois, por vezes, suas diretrizes não são bem claras para que possam ser seguidas, prejudicando a aquisição de um produto que identifique, com clareza, as necessidades e apontamentos concernentes. Esses autores engendram uma crítica de grande importância para os responsáveis pela realização dos zoneamentos:

Uma crítica refere-se à simplicidade em se tratar a elaboração do ZA para diferentes territórios. O Brasil é um país multiterritorial, com distintas características sociais, ambientais, econômicas e culturais. Essas diferentes características devem ser consideradas no âmbito da análise do território e elaboração do ZA. Considerando que o zoneamento é elaborado para múltiplos locais, e que estes territórios destoam em relação às suas características ambientais, sociais, econômicas e culturais é importante que se discuta as abordagens e concepções do ZA para diferentes locais (LOPES *et al.*, 2019, p. 350).

Essas colocações demonstram a importância de se elaborar um ZA que busque efetivamente trazer as características do seu local de estudo, bem como mostram que somente seguir as diretrizes colocadas pelo governo para a sua elaboração não é suficiente. É preciso ter uma abordagem mais robusta e abrangente.

Visto isso, Pivello *et al.* (1998), elucidam que o zoneamento ecológico é a relação unidades paisagem, baseada em aspectos físicos, biológicos e institucionais caminhando com os níveis de fragilidade ambiental em cada uma dessas unidades. Esse conceito foi proposto para unidade de conservação, utilizando informações de geomorfologia, pedologia, vegetação e aspectos institucionais.

Em outra linha, há os zoneamentos agrícolas, que partem da relação de vários aspectos físicos, parecidos com os descritos anteriormente. Silva e Santos (2011) afirmam que o zoneamento agrícola cria zonas aptas para inserir determinadas culturas, ponderando as exigências bioclimáticas da planta e fundamentado nas características pedológicas, geomorfológicas e nas condições climáticas, bem como na disponibilidade de água, temperatura adequada etc. Por vezes, este é confundido com o mapa de aptidão agrícola das terras. Desde 1995, é feito no Brasil o zoneamento agrícola, não com a mesma finalidade descrita acima, mas com o intuito de reduzir os riscos climáticos na agricultura.

No mesmo pensamento, temos o zoneamento agroecológico, o qual busca o equilíbrio entre o meio ambiente e a produção sustentada, vistos os fatores envolvidos na produção agrícola e suas relações com a dinâmica ambiental e econômica. Procura-se identificar e delimitar zonas com aptidão agroecológica a partir de dados do meio físico, biológico e socioeconômico, tentando criar o menor impacto negativo no ecossistema. Para Sánchez (1991)

o zoneamento agroecológico é um ordenamento do meio rural e florestal que envolve sistemas naturais e modificados pelo homem com as melhores alternativas para as ações nesse meio natural.

Com base em tudo que foi visto antes, um conceito que se destaca como subsídio para o desenvolvimento dos zoneamentos é o de fragilidade ambiental, proposto por Ross (1994).

O conceito de fragilidade descrito por Ross (1994) é derivado do conceito de Unidades Ecodinâmicas, de Tricart (1997), em que a condição do meio ambiente é classificada nos níveis Meios Estáveis, Meios Integrados e Meios Fortemente Instáveis. O primeiro nível é caracterizado pela não intervenção antrópica; já os demais, pela média e intensa interferência humana no sistema natural.

Fundamentado no conceito de Unidades Ecodinâmicas de Tricart (1977), Ross (1994) classifica as Unidades Ecodinâmicas Instáveis ou de Instabilidade Emergente — áreas intensamente alteradas pela ação antrópica — e Unidades Ecodinâmicas Estáveis ou de Instabilidade Potencial — as quais se encontram em maior equilíbrio dinâmico. Essas subdivisões propostas pelo autor destinam-se a classificar o grau de fragilidade ambiental de determinadas áreas, que podem apresentar níveis de instabilidade os quais variam de muito fraca a muito forte.

Para proceder com as análises de fragilidade ambiental, deve ser elaborada uma base cartográfica com vários dados sobre o relevo (declividade e curvatura), o clima (com ênfase na pluviosidade), tipos de solos e a cobertura e uso da terra. O estudo integrado desses dados, como vimos, é essencial para a compreensão da realidade ambiental da área estudada, constituindo-se um instrumento de grande importância para o planejamento ambiental e estratégico (DEGRANDE e BORTOLUZZI, 2020).

Segundo Ross (1994), cada componente da paisagem tem níveis de fragilidade ambiental diferentes. Esses níveis são divididos em cinco classes: 1 - Muito Fraca; 2 - Fraca; 3 - Média; 4 - Forte; e 5 - Muito Forte. A Figura 19 representa as divisões das classes a partir de alguns mapas-base, demonstrando como as características de cada classe se encaixam no nível de fragilidade.

Muitos trabalhos voltados para o zoneamento ambiental utilizam o conceito e a aplicação de fragilidade ambiental de Ross (1994) como forma de subsidiar o zoneamento ambiental, e conseqüentemente, o planejamento de uma bacia hidrográfica — são exemplos

Silva, Urban e Rodgers, (2013); Cruz *et al.* (2017); Pereira e Gouveia, (2017) e Degrande e Bortoluzzi, (2020).

Figura 19: Índices de Fragilidade Ambiental* considerando os aspectos geomorfológicos, tipos de solos, cobertura vegetal/uso da terra e clima

Declividade ^a	Vertentes ^b	Tipos de Solos ^a	Cobertura e uso da terra ^a	Características pluviométricas ^a
até 6%	—	Latossolo roxo, Latossolo Vermelho escuro ^c Vermelho textura argilosa.	Florestas, matas ciliares, florestas cultivadas com biodiversidade.	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1000 mm/ano.
de 6 a 12%	—	Latossolo Amarelo ^c Vermelho-amarelo textura média/ argilosa	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucalipto com sub-bosque de nativas.	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000 mm/ano.
de 12 a 20%	Retilínea	Latossolo Vermelho-amarelo textura média/argilosa.	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucalipto com sub-bosque de nativas.	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março.
de 20 a 30%	Convexa	Podzóico Vermelho-amarelo textura média/arenosa, Cambissolos.	Culturas com ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com solo exposto entre ruas), culturas de ciclo curto (arroz, feijão soja milho algodão com cultivo em curvas de nível/terraceamento).	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril, quando ocorrem de 70 a 80% do total das chuvas.
acima de 30%	Côncava	Podzolizados com cascalho, litólicos ^c Areias Quartzosas.	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos, estradas, terraplanagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.	Situação pluviométrica com distribuição regular ou não ao longo do ano, com volumes anuais ultrapassando 2500 mm/ano; ou ainda, comportamentos de chuvas irregulares, com episódios de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm/ano.

* Índice de fragilidade: ■ 1- Muito fraco; ■ 2- Fraco; ■ 3- Médio; ■ 4- Forte; ■ 5-Muito forte.

Errata: A forma certa não é mais podzóico, mas argissolo.

Fonte: Degrande e Bortoluzzi (2020).

2.5 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL EM PERSPECTIVA

A legislação ambiental brasileira é constituída por uma variedade de leis, entre as quais podemos citar o Código Florestal (CF), a Lei de Crimes Ambientais e a Política Nacional de Meio Ambiente. Essas leis e diretrizes buscam criar um equilíbrio no meio ambiente dentro de práticas de conservação e preservação. Dessas, destaca-se o CF (lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012), lei que estabelece as normas gerais, entre outras, para o uso e cobertura da terra nas Áreas de Preservação Permanente (APP).

O artigo 225 da Constituição Federal dispõe que “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 ” (BRASIL, 1988). Mas antes mesmo desse afirmar constitucionalmente o direito ao meio ambiente preservado, várias leis foram elaboradas ao longo dos anos, como mecanismo de proteção a esse meio e seus recursos.

2.5.1 O “Novo Código Florestal”

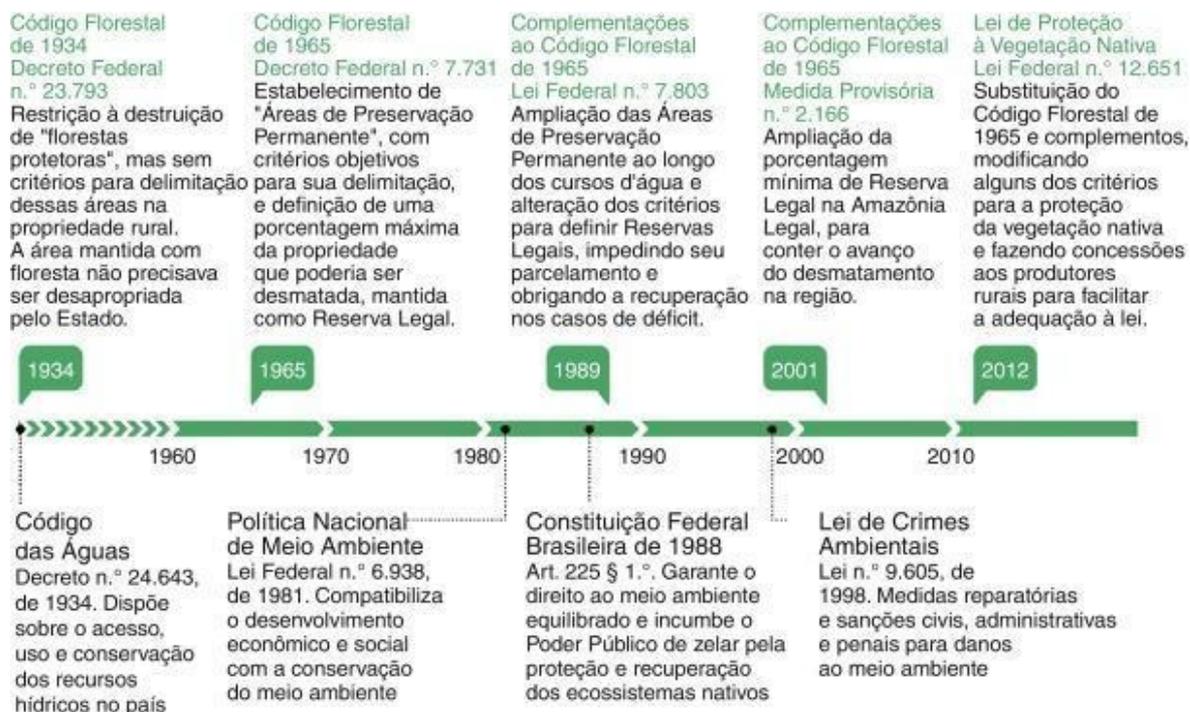
O primeiro CF, elaborado em 1934 (Decreto Federal nº 23.793), teve como diretriz principal a redução da expansão desenfreada da agricultura em área de vegetação nativa em locais de grande relevância ambiental para o ecossistema, como as margens de rios e nascentes (BRANCALION *et al.*, 2016).

Depois de 30 anos em vigor, em 1965 foi criada a Lei nº 4.471, uma versão do CF mais robusta, com critérios mais claros para o uso e proteção de áreas verdes em propriedades rurais. As modificações se deram nas dimensões das APP, que passaram a variar conforme a largura dos cursos d’água, a criação de proteção em nascentes e topo de morros (BRANCALION *et al.*, 2016).

Além do Código Florestal de 1965, outras três leis entraram em vigor posteriormente, reforçando a necessidade de proteção ambiental: conhecida como Estatuto do Índio, a Lei nº 6.001, de 1973, criou regras para a conservação de áreas naturais em terras indígenas; em 1998, popularmente chamada de “Lei de Crimes Ambientais” (Lei nº 9.605), umas das mais importantes, estabeleceu sanções penais e administrativas para aqueles que causavam alguma atividade lesiva ao meio ambiente; e no ano 2000, a Lei nº 9.985 criou o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (Snuc), definindo as regras para a preservação da

vegetação e da fauna nativas nas unidades de proteção. A Figura 20 apresenta todas as leis e diretrizes elaboradas no Brasil até o CF de 2012 (BRANCALION *et al.*, 2016).

Figura 20: Histórico da legislação ambiental brasileira



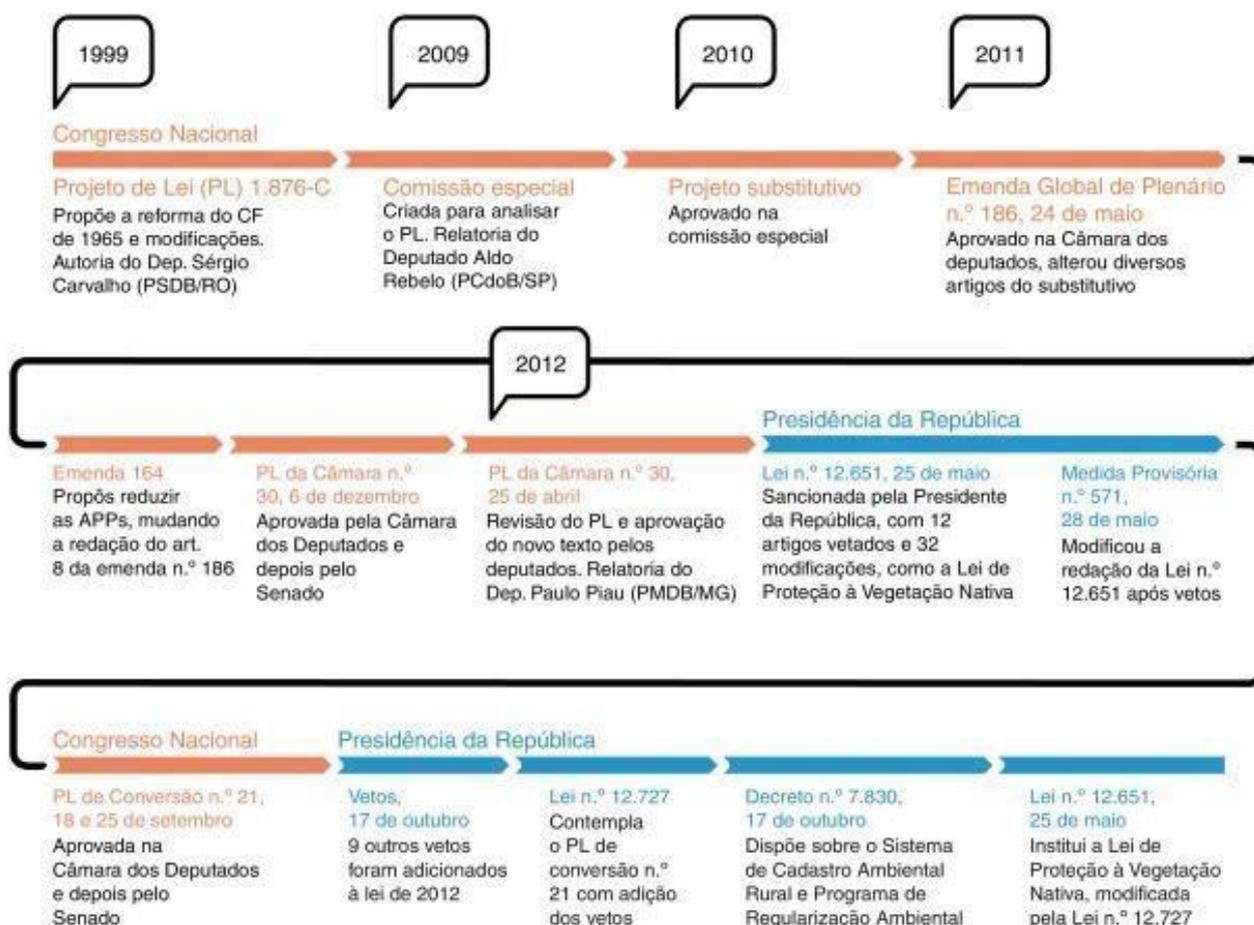
Fonte: Brancalion *et al.* (2016).

Sparovek *et al.* (2010) argumenta que, embora essas três leis sejam importantes, é preciso aprimorar a legislação brasileira no que tange às questões do uso do solo, sua conservação e recuperação dos ecossistemas, principalmente em propriedades rurais, já que essas ocupam 80% do território brasileiro e têm, dentro dos seus limites, mais da metade da área de vegetação remanescente no país. Por mais que a lei de 1998 tenha instituído uma maior fiscalização dos órgãos ambientais dentro das propriedades rurais, sempre existiu uma pressão no Congresso Nacional para que houvesse uma revisão do CF de 1965. No entanto, no período de 1998 até o novo CF de 2012, a fiscalização ambiental nas propriedades rurais cresceu, fazendo com que os proprietários rurais se juntassem e se organizassem para adequação de suas propriedades dentro do estabelecido pelo CF de 1965 (BRANCALION *et al.*, 2016; POSSAMAI e GONÇALVES, 2017).

Ainda com as instituições governamentais e os proprietários rurais tentando se adequar às leis ambientais vigentes, a pressão no Congresso junto à bancada ruralista foi grande. Desde

1999, um novo CF vinha sendo discutido e, assim, depois de anos de discussões, em 2012 ele foi aprovado. A Figura 21 ilustra como foi realizado todo o processo. Com o tempo, emendas e mais emendas diminuíram as proteções das APP (BRANCALION *et al.*, 2016; POSSAMAI e GONÇALVES, 2017).

Figura 21: Processo legislativo na elaboração do Novo Código Florestal



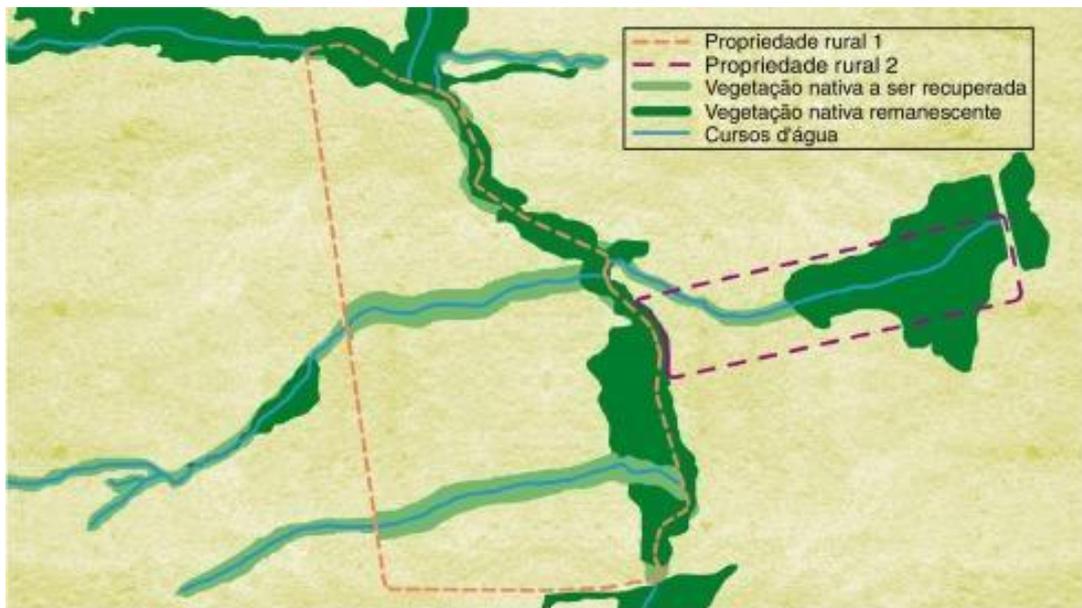
Fonte: Brancalion *et al.* (2016).

O processo de instituição do Novo Código Florestal (NCF, Lei n.º 12.727, de 2012) foi arbitrário. Representações da comunidade acadêmica — Academia Brasileira de Ciências, Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência e a Associação Brasileira de Ciência Ecológica e Conservação — elaboraram algumas propostas e enviaram-nas aos poderes Legislativo e Executivo (LEWINSOHN, 2010; METZGER, 2010; SILVA *et al.*, 2012). Entretanto, tais propostas não foram usadas no final, quando a lei foi publicada.

2.5.2 Áreas de Preservação Permanente

O NCF representa uma mudança drástica no tratamento das APP e na implantação de outras ações para a regularização e acompanhamento das propriedades rurais. Rocha *et al.* (2019a) e Rocha *et al.* (2019b) reafirmam o retrocesso sobre as APP que o NCF significa, principalmente as de curso d'água e topos de morro. As Figuras 22 e 23 comparam o antigo CF e o NCF para APP de curso d'água.

Figura 22: APP de Curso D'Água de acordo com o tamanho das propriedades (antigo CF)



Fonte: Brancalion *et al.* (2016).

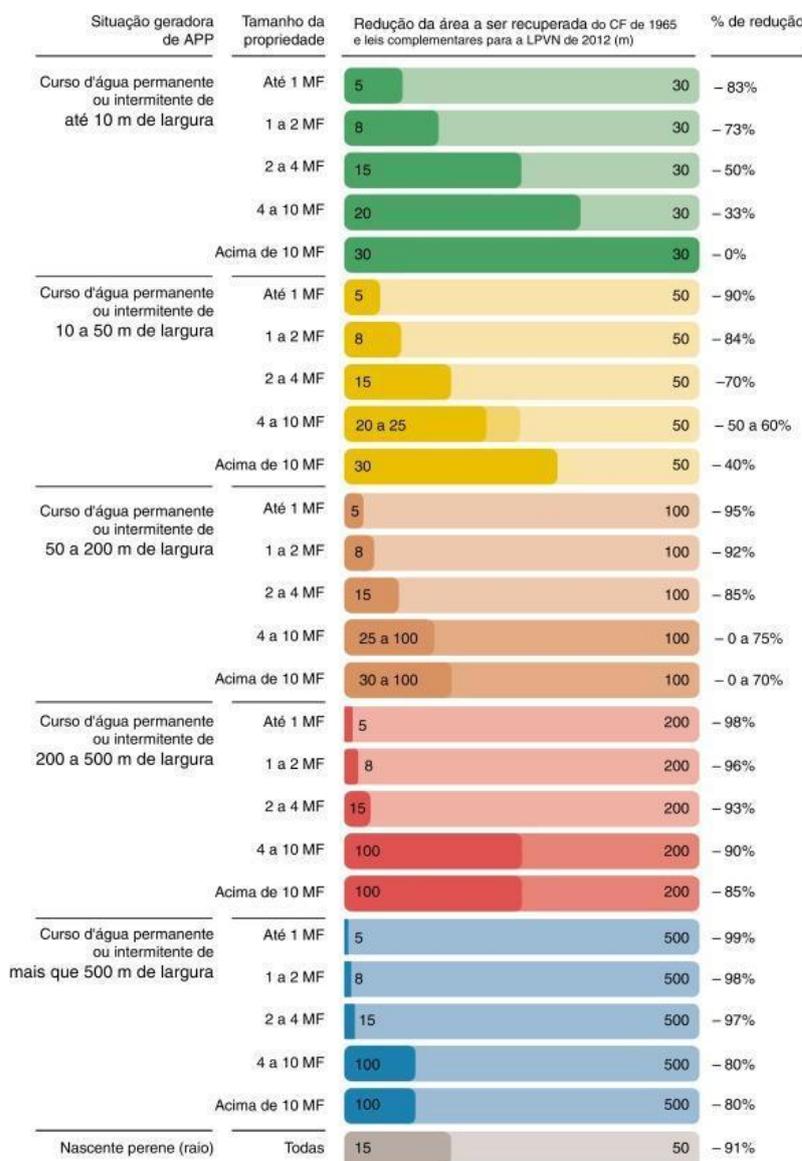
No NCF, as diretrizes para *APP de curso d'água* em áreas de propriedades rurais mudaram substancialmente. Segundo a nova lei, o proprietário rural precisa preservar a mata ciliar de um curso d'água de acordo com o tamanho de sua propriedade (Módulo Fiscal); na prática, conforme o aumento do tamanho das propriedades rurais, maior o curso d'água e menor a proteção. A Figura 8 exibe a porcentagem de propriedades rurais que desmataram a mata ciliar a partir da mudança do NCF conforme o módulo fiscal da propriedade e o tamanho do curso d'água.

A perda da mata ciliar dos cursos d'água gera um grande impacto para o ecossistema. Alguns autores descrevem que um corredor de mata ciliar precisa ter no mínimo 50 metros de largura para que espécies animais possam sobreviver naquele local. Para que isso ocorra, é preciso mitigar nele o fator degradação, diminuindo a criação de gado solto e o cultivo agrícola

contínuo naquela área (METZGER, 2010; RAMOS e ANJOS, 2014; BRANCALION *et al.*, 2016; ROCHA *et al.*, 2019a; ROCHA *et al.*, 2019b ROCHA *et al.*, 2019c).

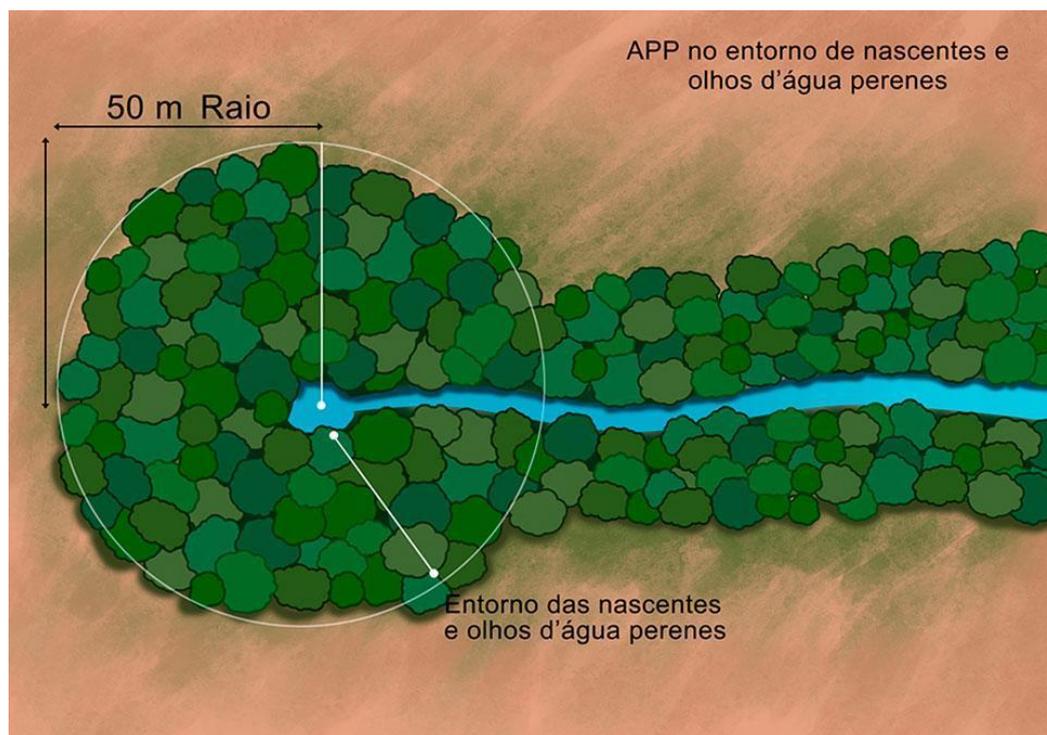
Sobre as *APP de nascentes*, costuma-se pensar que essas são as únicas que tiveram quase nenhuma alteração em suas diretrizes, por manter um raio de 50 metros de proteção das nascentes perenes. Contudo, o NCF fez uma mudança drástica nelas também, pois retirou a proteção das nascentes intermitentes. A Figura 24 mostra um exemplo de delimitação de APP de nascente.

Figura 23: Diferença do Antigo Código Florestal para o Novo Código Florestal nas propriedades rurais que contém APP de curso d'água



Fonte: Brancalion *et al.* (2016).

Figura 24: APP de nascente no Novo Código Florestal



Fonte: CI Florestas (2020).

São as APP de nascente que sofrem maior pressão antrópica; devido à degradação da área, muitas não resistiram. A proteção da mata ciliar em nascentes tem função de grande importância na redução do assoreamento, portanto, na proteção da qualidade da água (BRASIL, 2012; CASTRO, 2013; LOPES *et al.*, 2017).

As únicas APP que não sofreram nenhuma alteração com o NCF foram as *APP de encosta* (declividade). Qualquer encosta que tiver uma inclinação maior que 45° (equivalente a 100%) deve ter a mata protegida. A Figura 10 exemplifica uma APP de encosta.

Além das APP de curso d'água, outra que também foi radicalmente alterada foram as *APP de topos de morros*. O antigo Código Florestal aceitava, na delimitação de topos, morros e montanhas acima de 50 metros, que poderiam ser divididas em três parcelas. O terço superior deveria ser totalmente protegido. O NCF alterou esses parâmetros, dobrando a diferença de altitude e introduzindo o ponto de sela Figura 25. Praticamente acabaram os topos de morros em várias bacias hidrográficas do Brasil e Minas Gerais (ROCHA *et al.*, 2019b).

Figura 25: APP de encosta (declividade) no Novo Código Florestal



Fonte: CI Florestas (2020).

- Altura mínima de 100 metros: é preciso que a distância entre o cume e o ponto de sela mais próximo (para terrenos ondulados) ou que a distância entre o cume e a base da planície regular ou curso d'água adjacente (terrenos planos) seja igual ou superior a 100m (no Código antigo, era 50m da planície regular);
- Inclinação média mínima de 25° (no Código antigo, era 17°).

Figura 26: APP de topo de morro no Novo Código Florestal



Fonte: CI Florestas (2020).

A mudança no Código Florestal para APP de topo de morro impactou de forma violenta a proteção florestal de algumas áreas. Segundo Soares-Filho *et al.* (2014), com as mudanças dos critérios para delimitação, a perda de áreas protegidas em morros, montanhas, serras e montes chegou a 87% em comparação com os anos anteriores, de vigência do antigo CF.

Essas mudanças afetam várias dimensões, acarretando, por exemplo, alterações geomorfológicas e ocasionando, inclusive, mortes. Anualmente, centenas de pessoas morreram e ficaram desalojadas no Brasil em consequência de desastres causados pelo uso ilegal da terra, enquanto governos precisam gastar dinheiro para ajudar a diminuir as perdas da população, ao invés de preveni-las (MIN, 2014). Nos lamentáveis episódios vivenciados pela população na região serrana do estado do Rio de Janeiro no ano de 2011, 70% das mortes ocorreram em áreas que deveriam estar protegidas de acordo com o Código Florestal de 1965, fato que demonstra a importância de se proteger essas áreas (BRANCALION *et al.*, 2016).

Dito isso, concluímos que o NCF representa um grande retrocesso para o Brasil. Por mais que o CF antigo contivesse falhas, faltassem algumas diretrizes, os produtores rurais e a sociedade no geral já estavam se organizando para se adequarem às regras, sobretudo após a aprovação da lei que reforçou as multas e fiscalizações ambientais em todo o território.

Destacaremos, a seguir, alguns mecanismos criados no NCF para contribuir com a fiscalização e a regularização das propriedades rurais e da proteção mínima de áreas verdes: o Cadastro Ambiental Rural (CAR), o Programa de Regularização Ambiental (PRA), o Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas e Alteradas (Prada), e as Cotas de Reserva Ambiental, com normas estabelecidas pelo Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012.

O Cadastro Ambiental Rural é realizado em um sistema on-line gratuito, no qual o próprio proprietário consegue efetuar o registro de sua(s) propriedade(s) e consultar sua situação em relação às diretrizes do NCF. Após o preenchimento de alguns dados, esse sistema gera um relatório constando o que é necessário para a adequação ou não das questões ambientais dentro de sua propriedade. Com o CAR, o poder público tem mais informações sobre como as propriedades rurais estão em relação às leis ambientais. Para incentivar a realização massiva dos cadastros, o Estado concede subsídios ao público-alvo — Resolução nº 4.276, de 2013 do Banco Central (BRASIL, 2015; COSME e SILVA, 2019).

Proprietários que não tivessem em conformidade com a lei poderiam entrar em outro programa, o Programa de Regularização Ambiental, instituído pelo Decreto nº 8.235, de 5 de

maio de 2014. Neste eles se comprometem a cumprir medidas de recuperação e compensação dentro e fora da propriedade, reduzindo o número de multas e aumentando as áreas protegidas (BRANCALION *et al.*, 2016).

Após firmar-se o termo de compromisso do PRA, as irregularidades passam a ser resolvidas com a execução do Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas e Alteradas. Aqui, o proprietário se compromete a recuperar a vegetação nativa em APP e/ou Reserva Legal (RL), ou a compensar o déficit de RL a partir de ferramentas como os contratos de servidão, aquisição de áreas ocupadas com vegetação nativa ou compra de Cotas de Reserva Ambiental (CRA), todos no mesmo bioma (ZAKIA e PINTO, 2013).

2.5.3 Reservas Legais

As Reservas Legais (RLs) são áreas de preservação de vegetação nativa. A porcentagem de mata protegida de cada propriedade rural vai variar conforme o bioma existente na região (BRASIL, 2012):

Imóvel localizado na Amazônia legal

- 80% no imóvel situado em área de floresta
- 35% no imóvel situado em área de cerrado
- 20 % no imóvel situado em área de campos gerais

Imóvel localizado nas demais regiões do País

- 20% do imóvel

Todavia, o NCF permite que o proprietário rural reduza o tamanho das RLs em algumas situações (BRASIL, 2012):

- Não implique a conversão de novas áreas para o uso alternativo do solo;
- A área a ser computada esteja conservada ou em processo de recuperação, conforme comprovação do proprietário junto ao órgão estadual integrante do Sisnama;
- O proprietário ou possuidor tenha requerido a inclusão do imóvel no CAR.

A partir do momento em que o proprietário rural se adequa às diretrizes, ele pode diminuir o tamanho de sua RL conforme o tamanho da sua APP, numa proporção meio a meio: caso ele tenha 10% de APP dentro de sua propriedade, ele pode preservar mais 10% de RL para completar 20% da propriedade; caso ele tenha 20% de APP na propriedade, ele não precisa ter RL, mas se tiver 20% de APP na propriedade que já tenha 20% de RL, não pode desmatar, mas pode usar no CAR para compensar outras propriedades que não tenham RL ainda, como demonstrado na Figura 27 (BRASIL, 2012; BRASIL, 2018).

Figura 27: Reservas Legais e suas delimitações de acordo com o Novo Código Florestal



Fonte: CI Florestas (2020).

A pressão para a extinção das RLs até hoje é grande, principalmente pelo agronegócio e por alguns governantes. Em 2019, os senadores Flávio Bolsonaro e Marcio Bittar tentaram implementar o Projeto de Lei n. 2362/19, o qual estabelecia a remoção da exigência de RL, argumentando que o Brasil precisa expandir suas atividades agrícolas e estimular o desenvolvimento econômico (METZGER, 2019). Como observado por Metzger (2019), se a lei de proteção das RLs for extinta, isso pode causar uma perda de 167 Mha de vegetação nativa

(29% do total que se tem no Brasil). A Tabela 2 traz o panorama das RLs de acordo com a implementação da lei.

Tabela 2: Mudança da proteção da cobertura vegetal de RLs por bioma em função da Lei 12.651

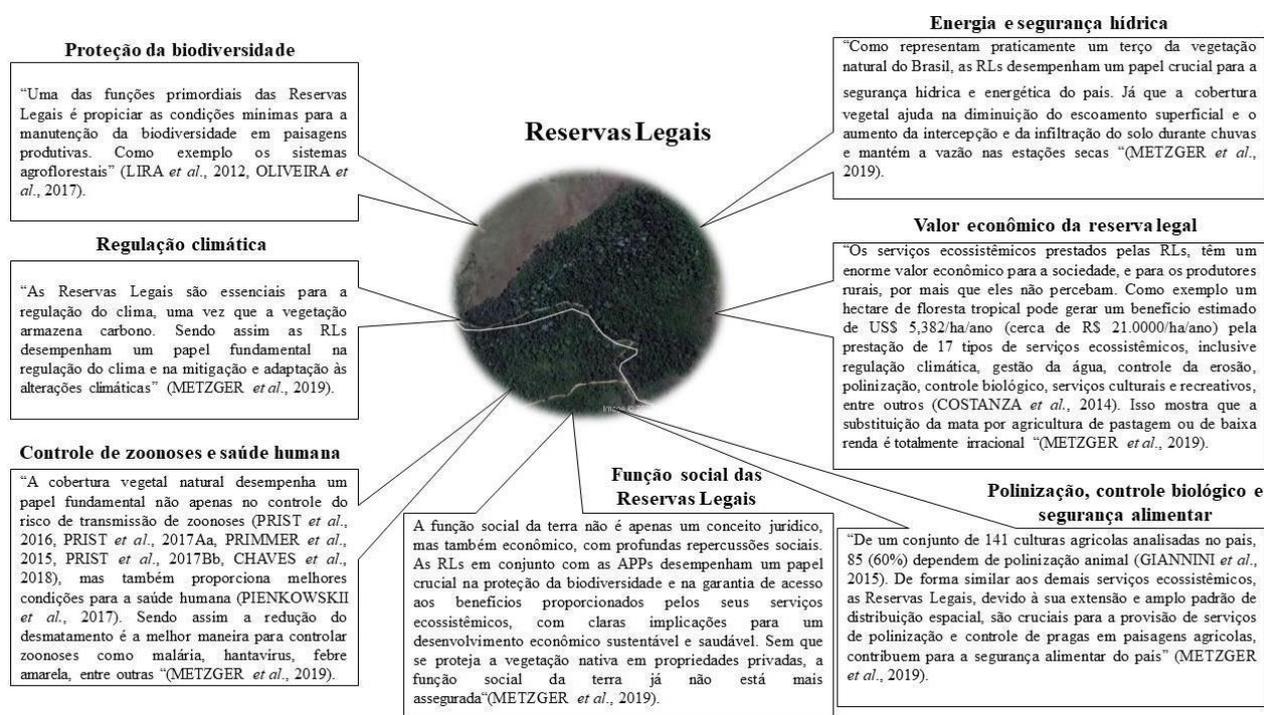
Biomas	Reservas Legais	Vegetação nativa que atualmente pode ser convertida legalmente	Vegetação nativa que poderá ser perdida legalmente caso o projeto de lei seja aprovado	Quantidade remanescente de vegetação nativa protegida caso o projeto de lei seja aprovado
	(Mha)	(Mha)	(Mha)	%
Floresta Amazônica	88,5	12	100,5	61%
Caatinga	14,5	35	49,5	3%
Cerrado	45,7	44	89,7	13%
Floresta Atlântica	12,2	0	12,2	23%
Pampa	2,6	4	6,6	18%
Pantanal	3,4	8	11,4	7%
Total	167	103	269,9	37%

Fonte: Adaptado de Guidotti *et al.* (2017); Metzger *et al.* (2019).

A proteção das RLs é de grande importância para a conservação do ecossistema ambiental, já que a mata gera várias trocas para o ecossistema, como polinização, conservação de água, regulação climática, proteção contra incêndios, regulação de pragas e doenças, entre outros (PASCUAL *et al.*, 2017). Esses agentes acabam contribuindo para uma segurança alimentar, climática, hídrica e energética, favorecendo, assim, a saúde humana. Devido a sua grande extensão no território nacional, as RLs são fundamentais para o ecossistema e para a população brasileira, no combate a vários agentes que criam distúrbio no sistema (METZGER *et al.*, 2019).

Outro ponto de suma importância, conforme sublinhado por Metzger *et al.* (2019, p. 108), é que as “RLs são também um componente-chave para garantir a função social de propriedades privadas, conforme disposto na Constituição Federal”. A Figura 28 apresenta as principais funções e serviços das Reservas Legais.

Figura 28: Principais funções e serviços das Reservas Legais (RLs)



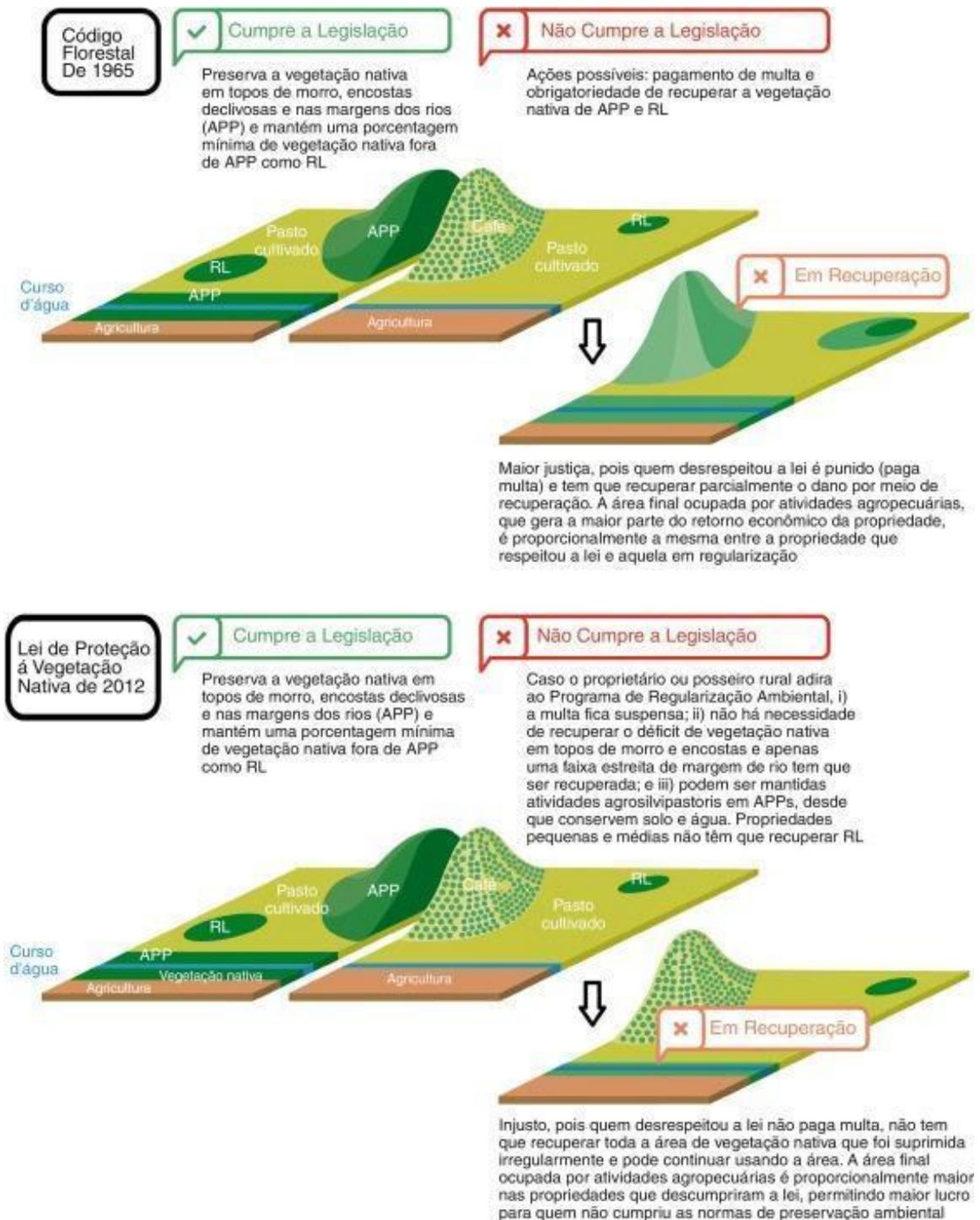
Fonte: Metzger *et al.* (2019).

Portanto, o Novo Código Florestal é dúbio: por um lado, como vimos, constitui um retrocesso, especialmente quando se trata de APP de curso d’água e topo de morro; por outro, criou regras e gatilhos que ajudam tanto governantes quanto os proprietários com os mecanismos de gestão e fiscalização das áreas protegidas dentro de propriedades rurais. O que mais deixou a comunidade acadêmica assustada foi a aprovação de decretos que isentaram produtores rurais que já haviam desmatado áreas antes voltadas para a proteção ambiental até 22/07/2008. Por quê? Criou desigualdade em relação aos que cumpriram a lei antiga, estimulando o desmatamento, conforme foi percebido nesses dois últimos anos no Brasil.

A Figura 29 demonstra como é desigual a proteção das APP em que há duas propriedades com tamanhos diferentes. As APP serão mais protegidas e menos protegidas, o que afeta diretamente o ecossistema da região, desequilibrando-o, situação diferente de quando vigorava o Código Florestal de 1965. As propriedades possuíam a mesma diretriz para delimitar as APP, e em relação às que não respeitassem, era necessário realizar a restauração florestal para que não houvesse desequilíbrio no ecossistema daquela região (BRANCALION *et al.*, 2016). Como a Lei de Proteção da Vegetação Nativa definiu que a largura da faixa de mata ciliar a ser recuperada varia em função do tamanho da propriedade rural, poderá haver

mudanças bruscas de tamanho de vegetação ciliar entre propriedades vizinhas, o que levará a uma descontinuidade das funções ecológicas, como a proteção do solo e da água e seu uso como corredor ecológico pela fauna.

Figura 29: Vegetação nativa - Códigos Florestais comparados



Fonte: Brancalion *et al.* (2016).

2.5.4 Áreas de Uso Restrito

O artigo que trata das Áreas de Uso Restrito (AURs) é um dos menos citados na literatura. Dentro da Lei Federal nº 12.651/2012, é apresentado, em poucas linhas, como elas são delimitadas e como podem ser utilizadas. Destacamos, a seguir, os artigos 10 e 11:

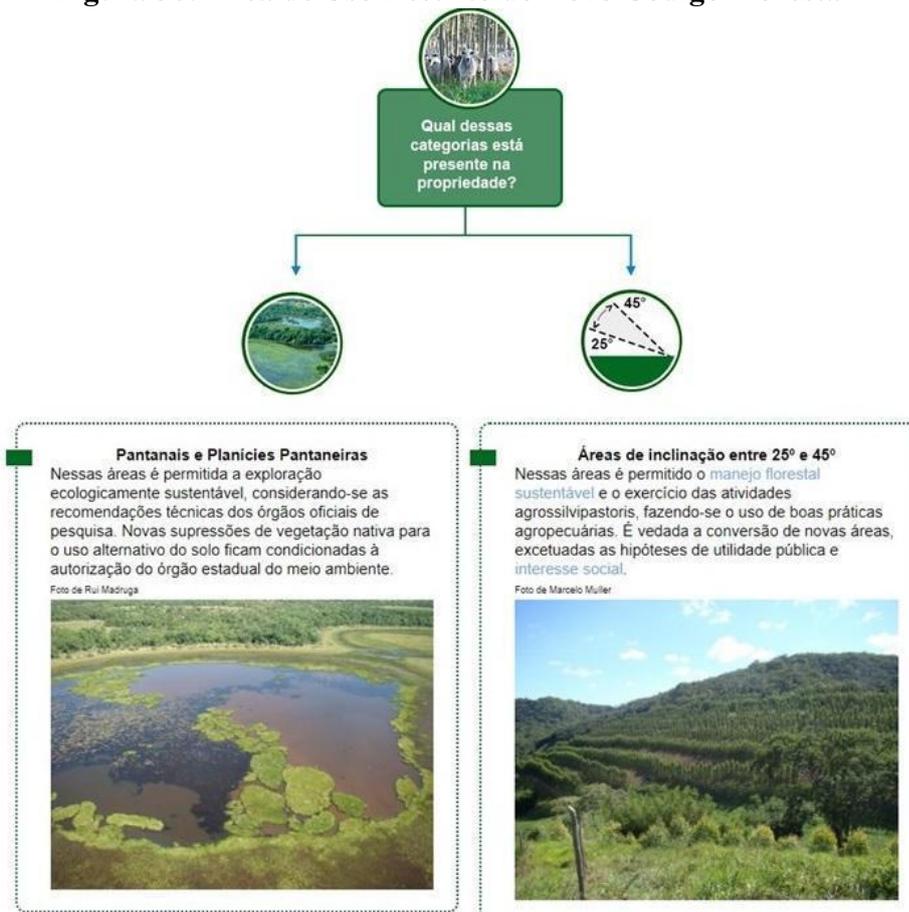
Art. 10 Nos pantanais e planícies pantaneiras é permitida a exploração ecologicamente sustentável, devendo-se considerar as recomendações técnicas dos órgãos oficiais de pesquisa, ficando novas supressões de vegetação nativa para uso alternativo do solo condicionadas à autorização do órgão estadual do meio ambiente, com base nas recomendações mencionadas neste artigo.

Art. 11 Em áreas de inclinação entre 25° e 45°, serão permitidos o manejo florestal sustentável e o exercício de atividades agrossilvipastoris, bem como a manutenção da infraestrutura física associada ao desenvolvimento das atividades, observadas boas práticas agronômicas, sendo vedada a conversão de novas áreas, excetuadas as hipóteses de utilidade pública e interesse social. (BRASIL, 2012)

Em AURs, a exploração pecuária é contraindicada, uma vez que o gado pisoteia o solo, podendo desencadear processos erosivos. Por seu turno, é indicada a produção de florestas com espécies nativas e exóticas as quais ajudem a ligação com fragmentos florestais. Caso o produtor rural tenha outras áreas que possam ser cultivadas, indica-se a aplicação dos Sistemas Agroflorestais (SAFs) (SILVA *et al.*, 2017). A exploração das AURs ainda é muito restrita a esses sistemas. Tivemos dificuldades para encontrar referências descrevendo experiências de AUR com outros tipos de produção que não fossem SAFs em específico.

A Figura 30 a seguir consiste em uma representação esquemática de duas AURs e como elas podem ser manejadas dentro do NCF.

Figura 30: Área de Uso Restrito do Novo Código Florestal



Fonte: Embrapa (2012).

Considerando todo o exposto neste capítulo, a conclusão a que chegamos sobre as modificações pelas quais o Código Florestal brasileiro passou ao longo dos anos é que, embora tenha havido alguns ganhos, acima de tudo houve perdas que não compensaram essas mudanças.

Antes mesmo de sua aprovação pela presidente da república, em sua crítica ao NCF, Ab'Sáber (2010) chamou a atenção para o quanto era importante a criação de um Código Florestal que fosse nomeado de Código Biodiversidade — uma alteração não somente do nome, evidentemente, mas do conteúdo, com o foco na integração:

As nossas grandes florestas (Amazônia e Matas Tropicais Atlânticas); o domínio das caatingas e agrestes sertanejos; planaltos centrais com cerrados, cerradões e campestres; os planaltos de araucárias sul-brasileiros; as pradarias mistas do Rio Grande do Sul; e os redutos e mini-biomas da costa brasileira e do Pantanal mato-grossense, e faixas de transição e contrato (*core-areas*) de todos os domínios morfoclimáticos e fitogeográficos brasileiros (AB'SÁBER, 2010, p. 335).

O que se efetivou foi a aprovação de um código que protege minimamente as APP, sem um pensamento integrado, sem obediência e consideração às características e especificidades de cada bioma, e sem ouvir a sociedade. “Seria necessário”, escreveu Ab’Sáber, “que os pretensos reformuladores do Código Florestal lançassem sobre o papel os limites de glebas de quinhentos a milhares de hectares, e dentro de cada parcela das glebas colocasse indicações de 20% correspondente às florestas ditas preservadas” (AB’SABER, 2010, p. 335). A preservação não é observada, e caminha-se para o lado oposto, na direção do desmatamento e do desequilíbrio.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. LEVANTAMENTO, AQUISIÇÃO DOS DADOS E ELABORAÇÃO DOS MAPAS

Para uma boa qualidade dos resultados, realizamos buscas e seleções nas melhores fontes de dados para a elaboração dos mapas. Na ocasião do levantamento desses dados, subsídio para o mapa de fragilidade e do zoneamento, levantamos várias bases disponíveis em sites do governo federal e estadual e órgãos estrangeiros, conforme descrito a seguir:

- **Mapa de geologia:** base de dados geológica do Projeto CPRM do estado de Minas Gerais, escala 1:1.000.000, desenvolvida pela CODEMIG, CPRM, governo de Minas Gerais e Governo Federal.
- **Mapa de pedologia:** base de dados pedológica, escala 1:650.000, desenvolvida pela UFV (Departamento de Solos-DPS / LABGEO) junto à Universidade Federal de Lavras (Departamento de Ciência do Solo - DCS), o Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC) e Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM).
- **Mapa geomorfológico:** base de dados do Mapeamento Geomorfológico do IBGE, escala 1:250.000.
- Os dados para gerar a **declividade** são do satélite ALOS. A imagem DEM, feita pelo sistema aeroespacial japonês no ano de 2011, tem a resolução de 12,5 x 12,5 metros de pixel.
- O **mapa de clima** foi elaborado com referência ao trabalho de Alvares *et al.* (2013), na escala 1:60.000.000.
- Já o **mapa de Uso e Cobertura da Terra** foi elaborado a partir da imagem de satélite CBERS 4A, com resolução de 2x2 metros, adquirida junto ao Instituto Nacional de Pesquisa Espaciais (INPE). As datas das duas cenas usadas para cobrir a BHRP foram 13 e 19 de setembro de 2020.
- Os dados para o mapeamento das **APP de curso d'água e nascente** foram obtidos junto ao Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM), escala de 1:250.000. O mapeamento das demais APP foi feito através do DEM do ALOS.

- Mapa de **Zoneamento Ambiental para fins Agropecuários** foi feito a partir dos mapas-base na escala de 1:65.000; definindo as Zonas de Restrição Legal; Zona Produtiva Rural; Zona Urbana e Zona de Incongruência.
- Já o mapa de **ordenamento físico-territorial** é uma síntese do zoneamento ambiental, sua escala é de 1: 65.000. Nele, definem-se as áreas prioritárias à preservação e recuperação e a definição das áreas prioritárias 1 ao 3, que são níveis onde definimos ações de manejo e conservação ambiental conforme as características de cada área.

Os *softwares* utilizados foram o ArcGIS 10.3 e o QGIS 3.8.2. Nos mapas de geologia, pedologia, geomorfologia e clima foi feito um clipe usando a ferramenta do ArcGIS 10.3.

Quadro 3: Mapas e ferramentas usadas para a sua elaboração

Produto (Mapas)	Ferramentas
Declividade	Uso do <i>plugin slope</i> do ArcGIS 10.3.
APP de declividade	Definição manual das duas classes, menor que 45° e maior que 45°, a partir de propriedade Simbologia do ArcGIS 10.3
Áreas de uso restrito (AUR)	Definição manual das duas classes que definem o intervalo dela 25° a 45° a partir de propriedade Simbologia do ArcGIS 10.3
APP de topo de morro	Uso do <i>plug-in</i> dentro do ArcGIS 10.3, feito por Oliveira e Fernandes Filho (2016).
APP de curso d'água e nascente	Uso do <i>plugin buffer</i> do ArcGIS 10.3. Para aplicar um buffer de 30 metros e 50 metros, respectivamente para casa tipo de APP.
APP de reservatório (Represa de São Pedro e Dr João Penido)	Uso do <i>plugin buffer</i> do ArcGIS 10.3. Foi dado um buffer de 100 metros ³ a partir da cota 744,00 metros.
APP de reservatório (Represa Chapéu D'Uvas)	Uso do <i>plugin polígono</i> do ArcGIS 10.3. Foi construído um polígono da APP de reservatório da margem do espelho D'água até a cota 746,00 metros ⁴ .
Mapa de Uso e Corbertura da Terra	Uso do <i>plugin polígono</i> do ArcGIS 10.3. Foi feito a vetorização manual das classes.

³Na represa Dr. João Penido, foi aplicada a Lei Municipal 6.087/1981, criada pelo Prefeito Mello Reis, que no Art. 3° define a APP de reservatório como sendo a um *buffer* de 100 metros a partir da cota 744,000 metros.

⁴A definição da cota 746,00 como sendo o limite da APP de Reservatório foi feita em razão de a Represa Chapéu D'uvras não ter licenciamento ambiental que definisse essa APP de reservatório. Por isso, estamos usando a área entre o nível da água e a cota que a união desapropriou como sendo APP de reservatório.

As classes usadas para o mapeamento do uso da terra foram escolhidas a partir de uma análise espacial junto das imagens do CBERS 4A e *in loco*. As classes definidas para o mapeamento foram Mata, Pastagem, Solo Exposto, Corpo d'água, Silvicultura e Área Urbanizada. A Tabela 3 descreve as características de cada classe dentro dessa região.

Tabela 3: Classes de uso do solo

Classes	Descrição
Mata	Vegetação arbórea nativa densa
Pastagem	Área destinada à criação de gado caracterizada por vegetação rasteira
Solo Exposto	Solo sem cobertura vegetal neste trabalho incluindo as estradas rurais
Corpo D'água	Represas, açudes e córregos
Silvicultura	Área com cultivos de pinus e eucalipto
Área Urbanizada	Área antropizada ocorrendo a presença de edificações, estradas e ruas

Fonte: Rocha *et al.* (2019); Oliveira (2018).

3.2. MAPEAMENTO DA FRAGILIDADE

Como destacado em outro momento deste texto, a metodologia de Fragilidade proposta por Ross (1994) como subsídio para o zoneamento é amplamente utilizada. Spörl e Ross (2004) afirmam que quaisquer alterações no solo, cobertura vegetal, topografia, clima e recursos hídricos comprometem a funcionalidade do sistema. Ross (1994) salientou que a abordagem ecológica da fragilidade ambiental se baseia na perspectiva da teoria dos sistemas, em que as trocas naturais de energia e matéria são realizadas por meio de relações de equilíbrio dinâmico. Entretanto, segundo o autor, esse equilíbrio é constantemente perturbado por intervenções humanas.

A declividade tem como definição que, quanto maior a inclinação da encosta, maior vai ser a hierarquia de fragilidade, já que uma inclinação maior tende a influenciar numa maior fragilidade, devido a fatores ambientais característicos dessa inclinação.

Os critérios para definição do solo passam por análises de textura, estrutura, plasticidade, grau de erosão das partículas e profundidade/espessura dos horizontes dos solos.

Essas características estão ligadas diretamente com relevo, litologia, clima e são fatores que influenciam as características físicas e químicas do solo. A partir de várias análises e idas a campo, foi feita a classificação da fragilidade das classes de solo de acordo com o método de Ross (1994) (ROSS, 2011).

Já no uso e cobertura da terra, a partir do nível de proteção do solo, partindo de uma classificação do seu local de estudo, a definição da fragilidade vai se dar pelo nível de proteção; sendo que a vegetação nativa tem uma proteção muito alta. Isso cria uma fragilidade muito baixa; já o solo exposto tem uma proteção do solo muito baixa, criando uma fragilidade muito alta e, assim, definem-se as classes de fragilidade.

A pluviosidade é definida conforme com o nível anual de chuvas da região. Quanto maior é o índice de pluviosidade e sua concentração, maior é o nível de fragilidade ou o inverso quando ocorre poucas chuvas ao longo do ano, abaixo de 900 mm é definido como uma fragilidade muito baixa.

Para aplicá-la em nosso mapeamento, usamos como referência alguns trabalhos que já o haviam feito como subsídio para o zoneamento ambiental: Manfré *et al.* (2013); Bacani e Luchiari (2014); Cruz *et al.* (2017); Rodrigues e Leite (2018); e Anjinho *et al.* (2021). De acordo com Ross (1994), o processo consiste em fazer uma sobreposição dos mapas-base. Neste trabalho, foram usados os mapas de pedologia, declividade e uso e cobertura da terra.

O processo de sobreposição foi feito no programa ArcGIS 10.3. Primeiramente, todos os mapas-base foram transformados em arquivos *raster*, *Polygon to Raster*. O passo seguinte foi inserir as colunas com os pesos da fragilidade e fazer uma reclassificação dos arquivos matriciais com o processo *Reclassifies*.

A partir daí, foi realizada a sobreposição usando a ferramenta *Overlay Weighted*, do *software* ArcGIS 10.3. O peso de cada classe foi colocado na escala de 1 a 5, já estabelecida antes pelas referências. A Tabela 4 faz a síntese dos pesos de cada classe e o quanto cada mapa pesa dentro da sobreposição.

Tabela 4: Síntese dos valores atribuídos e influência para os mapas-base e para o mapa de fragilidade

Atributo	Classe	Fragilidade	Influência
Solos	Cambissolo Háplico Tb Distrófico	4	25%
	Cambissolo Húmico Distrófico	4	
	Latossolo Amarelo Distrófico	2	
	Latossolo Vermelho -Amarelo Distrófico	3	
Declividade	0 – 3%	1	25%
	3% – 8%	2	
	8% – 20%	3	
	20 % - 47%	4	
	47% - 100%	5	
	> 100%	5	
Pluviometria	1400 mm	2	25%
	1500 mm	2	
	1600 mm	2	
Uso e Cobertura da Terra	Área Urbana	5	25%
	Corpo d'água	2	
	Mata	1	
	Silvicultura	3	
	Pastagem	3	
	Solo Exposto	5	

Fonte: Ross, (1994), Cruz *et al.* (2017), Anjinho *et al.* (2021).

3.3 ZONEAMENTO AMBIENTAL DA BHRP

O zoneamento ambiental é elaborado a partir do mapa de fragilidade, as APP e Áreas de Uso Restrito e o mapa de Uso e Cobertura da Terra. A partir Bacani e Luchiari, (2014) foram criadas zonas (Quadro 4) para as características encontradas junto aos dados obtidos.

Quadro 4: Critérios estabelecidos para elaboração do zoneamento ambiental

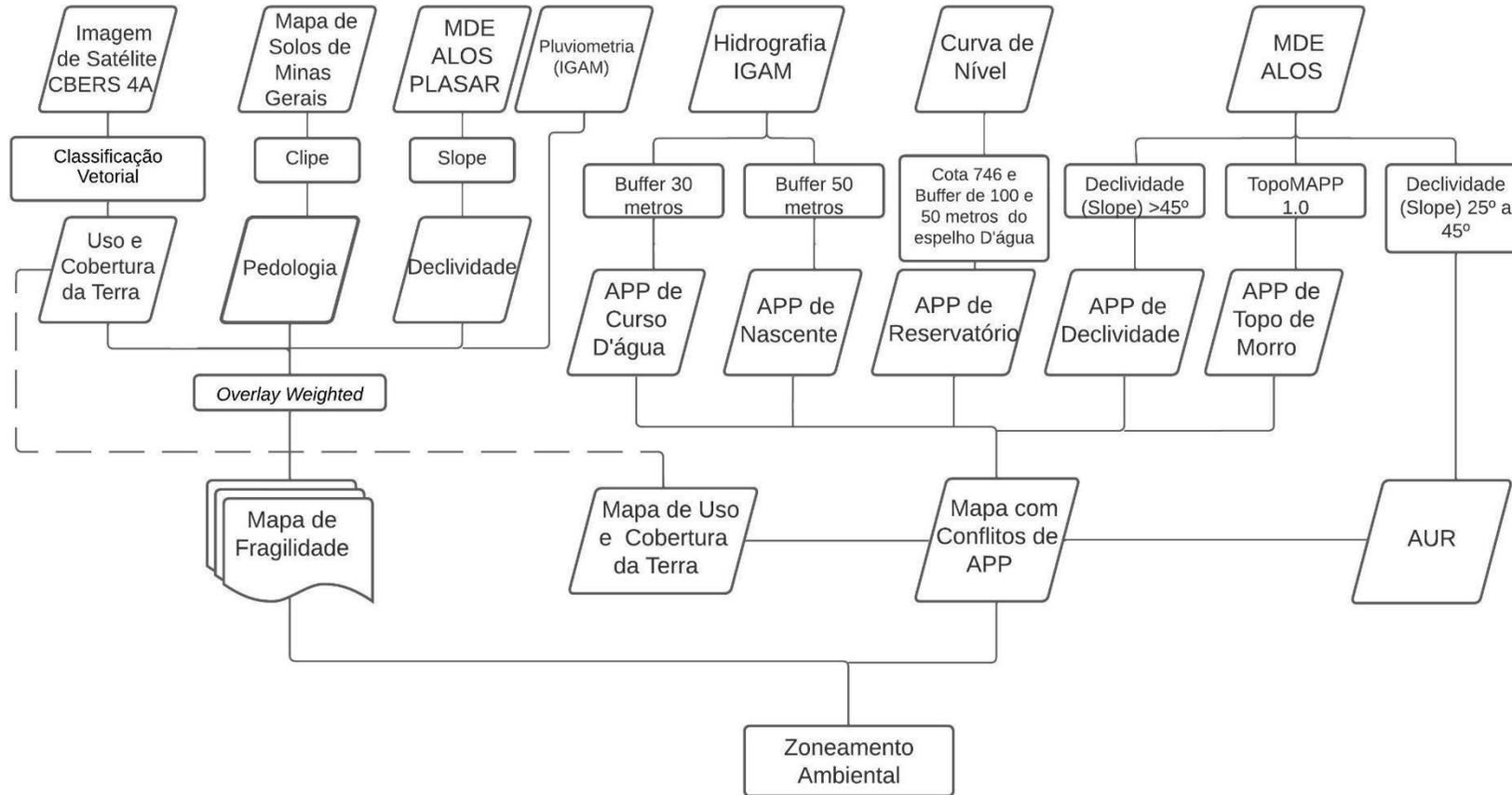
Zona	Categoria	Critérios
Zona de Restrições Legais	APP	Legislação ambiental
	Vegetação natural	Remanescentes florestais
Zona Produtiva Rural	Baixa restrição	Declividade < 6%; potencial à erosão e fragilidade ambiental muito baixa
	Média restrição	Declividade entre 6% e 20%; potencial à erosão e fragilidade ambiental de baixa a média
	Alta restrição	Declividade > 20%; potencial à erosão e fragilidade ambiental alta ou muito alta
Zona Urbana	Área urbanizada	Área construída homogênea
Zona de Incongruência	Conflito entre uso da terra e legislação ambiental	Combinação de APP com áreas antropizadas

Fonte: Bacani e Luchiari, (2014).

O mapa de zoneamento ambiental foi feito com o uso do ArcGIS 10.3, com o uso da ferramenta “desenho polígono”. A partir da observação e do conflito dos mapas de uso e cobertura da terra, fragilidade e APP, elaboramos as zonas a partir dos critérios pré-definidos. Em modo de comparação, serão usadas algumas partes do ZEE (Zoneamento Ecológico Econômico) de Minas Gerais como subsídio para avaliar as mudanças.

A Figura 31 traz a síntese dos processos metodológicos feitos para chegarmos ao zoneamento ambiental proposto na pesquisa.

Figura 31: Fluxograma ilustrando os passos metodológicos da pesquisa



Fonte: Próprio Autor, (2020).

4 RESULTADOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAIBUNA (BHRP) – MG

Como mencionado no objeto deste trabalho, nosso recorte de pesquisa é a Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna (BHRP), localizada no sudeste do estado de Minas Gerais, mesorregião administrativa da Zona da Mata mineira (Figura 31).

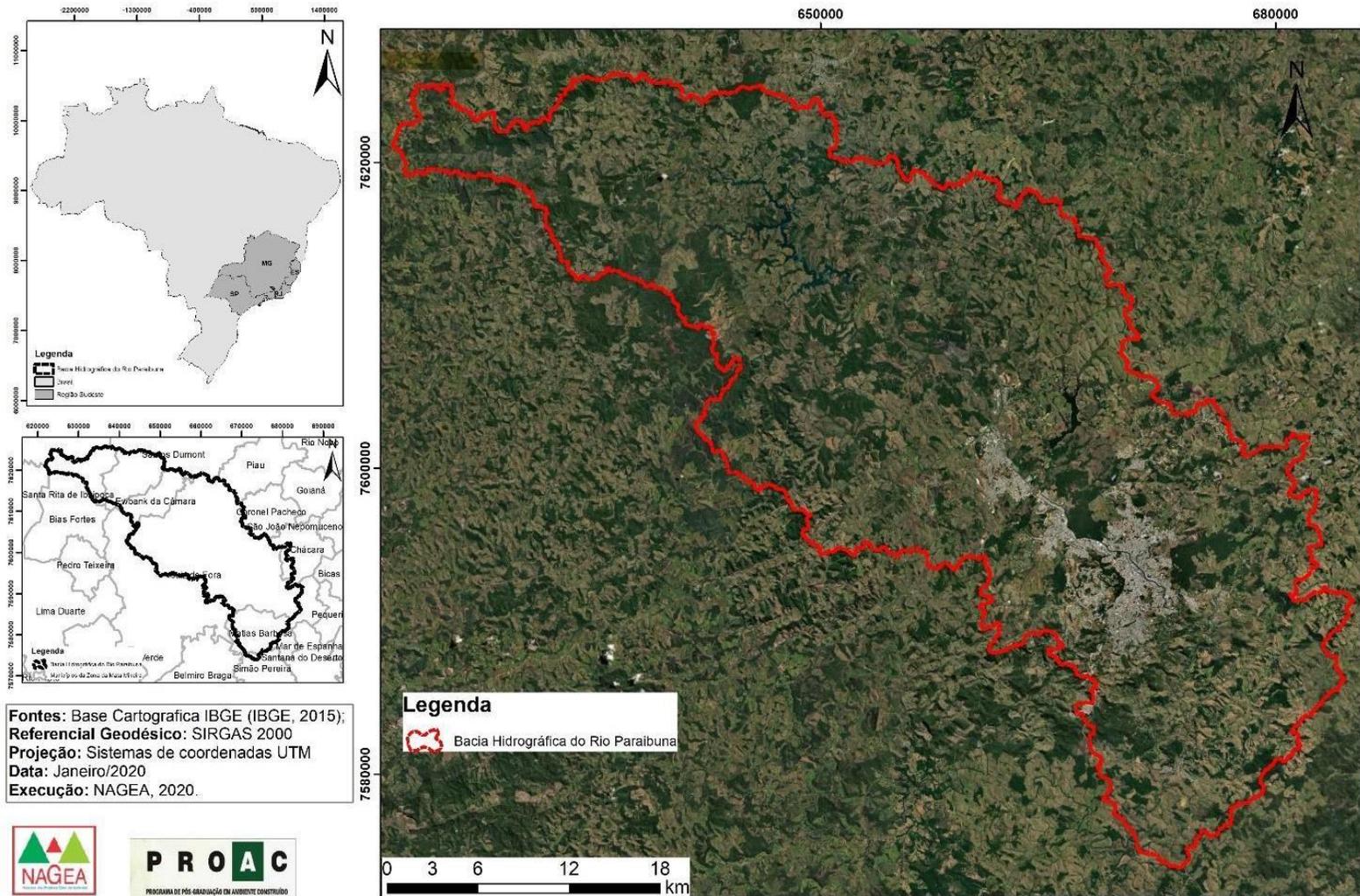
A BHRP foi escolhida devido a sua importância regional. Ela engloba duas grandes represas de abastecimento d'água, a represa Dr. João Penido e a represa de Chapéu D'Uvas, ambas deficitárias no quesito vegetação, e ambas sofrem pressão da urbanização e agricultura (MARQUES NETO *et al.*, 2017; ROCHA *et al.*, 2019a; ROCHA *et al.*, 2019b; ROCHA *et al.*, 2019c). Situa-se, de acordo com a classificação de Ab'Saber (1970), no domínio morfoclimático dos Mares de Morros Florestados.

O Rio Paraibuna nasce nos contrafortes da Serra da Mantiqueira, no município de Antônio Carlos, a cerca de 1180 metros de altitude. Sua confluência com o Rio do Peixe marca a divisa entre três municípios: Belmiro Braga, Simão Pereira e Matias Barbosa, na localidade conhecida como Cotegipe (MARQUES NETO *et al.*, 2017). A BHRP é caracterizada principalmente por regiões de pastagem. São áreas que contêm municípios com características rurais, as quais têm vivenciado o avanço da cultura de pinus (RIBEIRO e LEAL, 2012).

O município mais importante dentro da BHRP é Juiz de Fora. A cidade foi fundada nas planícies do rio Paraibuna. Sua expansão urbana não planejada afeta demasiadamente as condições ambientais desse rio, principalmente à jusante. Além disso, o lançamento da carga de esgoto doméstico e industrial foi se intensificando ano após ano (STAICO, 1977; GUERRA, 1980; MACHADO *et al.*, 2010).

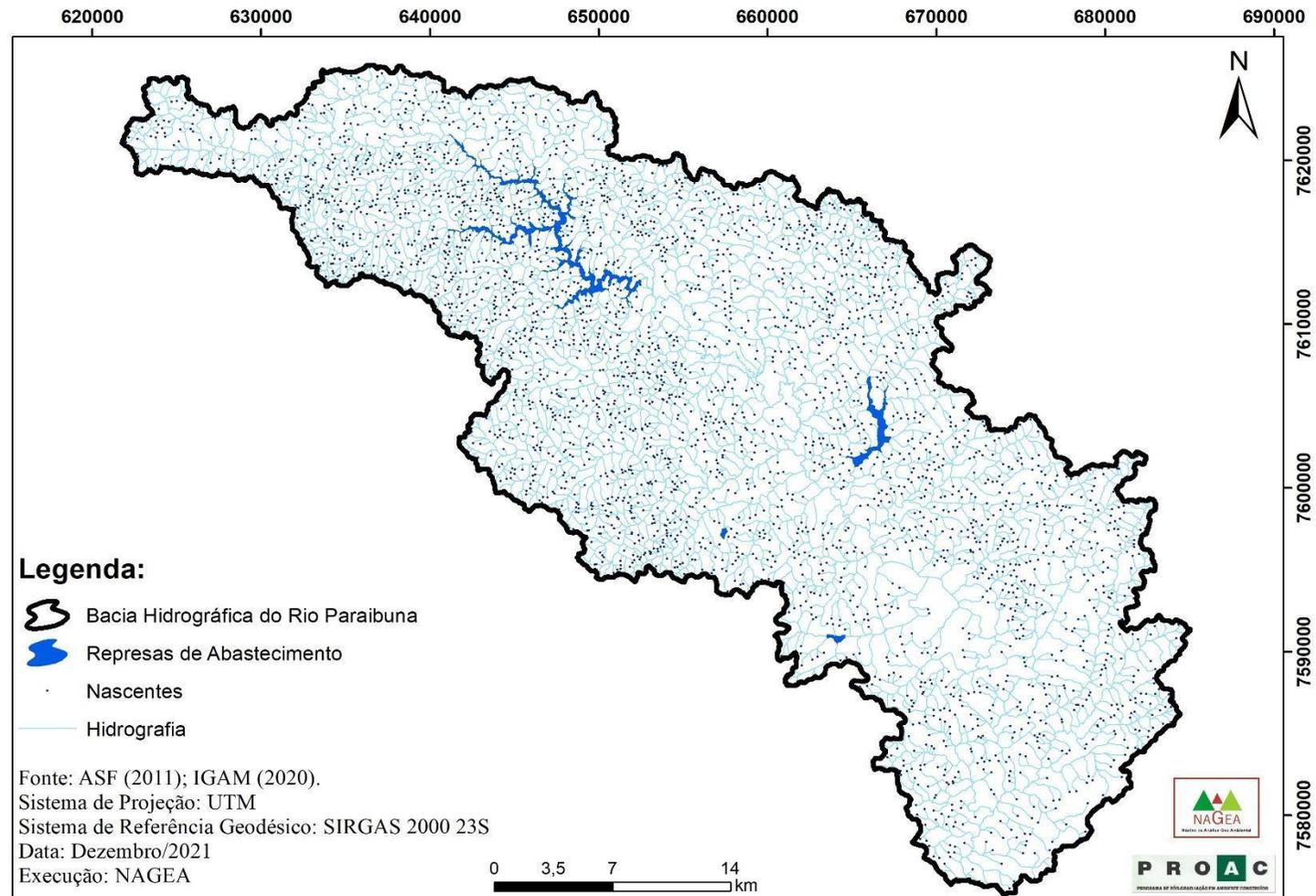
Essa expansão implicou também pressões ambientais crescentes dentro da bacia. A cada ano, Juiz de Fora cresce mais e mais. Se não houver a implementação de Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs) e gestão de seu esgoto, uma única cidade pode influenciar (e tem influenciado) muito as condições já não saudáveis de toda a bacia hidrográfica (MACHADO *et al.*, 2010).

Figura 32: Mapa de Localização da BHRP



4.1.1. Hidrografia

Figura 33: Hidrografia e Nascentes da BHRP



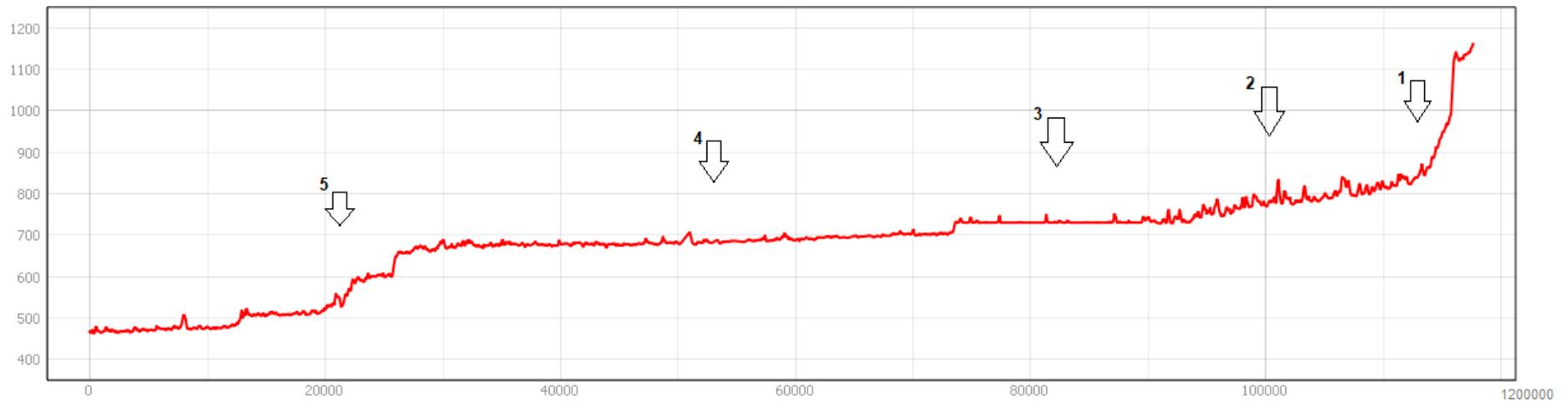
A bacia hidrográfica do Rio Paraibuna tem um total de 1.256,75 km², sendo que a extensão da rede hidrográfica dentro da BHRP é de 3.047,77 km, com um total de 3.171 nascentes, de acordo com a base cartográfica do IBGE de 1:50.000 (Figura 32). Conforme a classificação de ordem dos rios proposta por Strahler (1952), a BHRP vai até a 6^a ordem.

A densidade de drenagem, que é uma das variáveis mais importantes para a análise morfométrica das bacias hidrográficas, representa o grau de dissecação topográfica em paisagens elaboradas pela atuação fluvial, ou expressa a quantidade disponível de canais para o escoamento e o controle exercido pelas estruturas geológicas (Christofolletti, 1981). Segundo Villela e Mattos (1975), a densidade de drenagem de bacias hidrográficas varia de 0,5 km/km² (para bacias com drenagem pobre) a 3,5 km/km² ou mais (para bacias excepcionalmente bem drenadas). A BHRP está classificada com uma densidade de drenagem boa que está entre $1,5 \leq Dd < 2,5$ km/km².

Isso indica que a bacia tem um escoamento superficial bom, sendo que no alto curso da bacia hidrográfica a densidade deve ser maior, trazendo uma alta dissecação do relevo. Mas isso pode variar de acordo com cada bacia hidrográfica, por mais que estejam na mesma região, já que, para um mesmo tipo de clima, a densidade de drenagem depende do comportamento hidrológico dos solos e rochas (SANTOS et al. 2012). Assim, nos mais impermeáveis, as condições para ocorrer escoamento superficial são melhores, possibilitando a formação de canais e, conseqüentemente, aumentando a densidade de drenagem. O contrário acontece com rochas de granulometria grossa (HORTON, 1945).

A BHRP, a partir do seu rio principal, que sai de uma altitude de 1180 metros, tende a ter uma maior dissecação do relevo no seu alto curso. Como mostram os pontos 1 e 2 do perfil longitudinal do Rio Paraibuna, quando ele chega no espelho d'água da represa de Chapéu D'Uvas, tende a ter um primeiro platô ponto 3; depois, tem um desnível pequeno e começa o seu segundo platô, ponto 4, que é onde ele passa dentro da área urbana de Juiz de Fora – MG; e, depois, tem o seu segundo desnível, ponto 5, onde sai de altitude de 700 metros para 400 metros até sua foz. Tanto o primeiro desnível quanto o segundo ocorrem em uma distância de menos de 2 km, influenciando principalmente na erosão e enchentes, já que o rio, em épocas de chuva, tende a subir mais rápido nos platôs 3 e 4, principalmente no 4, onde está o município de Juiz de Fora. O município, para tentar conter as enchentes, fez obras de retificação das calhas deixando-as retas e construiu a represa de Chapéu D'Uvas para regularizar as vazões.

Figura 34: Perfil Longitudinal do Rio Paraibuna



4.1.2. Geologia

A geologia da BHRP é composta por várias unidades: Complexo Juiz de Fora, Complexo Mantiqueira, Grupo Andrelândia, Grupo Raposo, Depósito Aluvial, Anfibólito, Suítes Matias Barbosa, Leopoldina e São Bento dos Torres, Figura 35.

O Complexo Juiz de Fora, inicialmente estudado por Ebert (1955, 1957) e Rosier (1957) (DUARTE *et al.*, 2004; NOCE *et al.*, 2007), localizado na região sul/sudeste da BHRP, corresponde a uma extensa faixa de rochas granulíticas com direção NE-SW, que aflora na região limítrofe entre os estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro.

No fragmento a seguir, Noce *et al.* (2007) sintetizam quais são os litotipos presentes nesse complexo.

O Complexo Juiz de Fora é composto por ortognaisses com paragêneses da fácies granulito, e o litotipo característico é um gnaisse enderbítico, granulação média, verde escuro, com bandamento centimétrico e intercalações máficas. Sua mineralogia essencial é plagioclásio, quartzo, ortopiroxênio e clinopiroxênio; biotita e hornblenda são produtos de reações retrometamórficas. Gnaisses de composição charnockítica são menos frequentes, mas nos gnaisses enderbíticos é comum a presença de bandas e/ou injeções charnockíticas de cor mais clara e granulação mais grossa. Granulitos básicos ocorrem como bandas, lentes e/ou boudins, de tamanho centimétrico a métrico, encaixados nos gnaisses enderbíticos (NOCE *et al.*, 2007, p. 49).

O Complexo Mantiqueira, no oeste da BHRP, tem em seus litotipos gnaisses bandados de composição tonalito-trondhjemítica e granito-granodiorítica, com intercalações frequentes de corpos tabulares de metabasitos e migmatitos. (Anfibólito) -granada-biotita-gnaisse, xisto magnésiano e rocha calcissilicática são subordinados ao conjunto. Não se incluem nesse complexo as rochas charnoquíticas ou diaforitos delas derivadas. A represa Chapéu D'Uvas está dentro desse complexo (PINTO, 1991; NOCE *et al.*, 2014). Segundo Pinto (1991, p. 71), “em sua área de distribuição são pouco frequentes os afloramentos rochosos e, em geral, o manto de intemperismo atinge dezenas de metros de espessura, dificultando sobremaneira as exposições de rochas frescas”.

Por sua vez, o Grupo Andrelândia está localizado na região noroeste da BHRP, no município de Antônio Carlos, na divisa dos municípios Bias Fortes e Santa Rita do Ibitipoca. É formado por xistos, gnaisses grauvaquianos e quartzitos, com quantidades subordinadas de rocha calcissilicática, anfibólito, microclina gnaisse e biotita-plagioclásio-gnaisse (PINTO, 1991; CPRM 2014). Essa é uma área de forte grau de erodibilidade, com grandes altitudes (superiores a 900m), grandes declividades, e onde prevalecem os cambissolos em relevo de montanhas, morros altos e serras (MACHADO, 2012).

Os Depósitos Aluviais vistos mais ao norte da bacia, logo à jusante da represa de Chapéu D'Uvas, estendem-se até a represa Dr. João Penido. São “depósitos quaternários na forma de alvéolos sedimentares encaixados nos fundos dos vales fluviais. Compreendem basicamente depósitos associados às planícies e terraços fluviais e, subordinadamente, sedimentos relacionados às rampas/leques de colúvio alúvio junto aos sopés das encostas”. (NOCE *et al.*, 2007, p. 27).

O Grupo Raposo compreende uma sucessão metassedimentar (ou metavulcanossedimentar) que aflora numa extensa faixa NE-SW. Nessa região se encontra biotita gnaiesses bandados quartzo-feldspáticos e gnaiesses de derivação pelítica a semipelítica ricos em biotita, granada e sillimanita, com abundantes intercalações métricas a centimétricas de quartzitos puros ou impuros, e, mais localmente, de rochas manganésíferas (gonditos), rochas calcissilicáticas e anfibolitos (HEILBRON *et al.*, 2016).

Os anfibolitos ocorrem em corpos decamétricos lenticulares alongados numa direção N-NE, intercalados às demais unidades. Apresentam cor escura e granulação predominantemente fina, subordinadamente média. São compostas por hornblenda, com plagioclásio quartzo e feldspato potássico subordinados. São rochas fraturadas e preenchidas por quartzo de granulação grossa. A direção dessas fraturas varia: uma principal na direção E-W vertical, outra subordinada de direção NNE-SSW, e ainda, verticalizada (NOVO *et al.*, 2014).

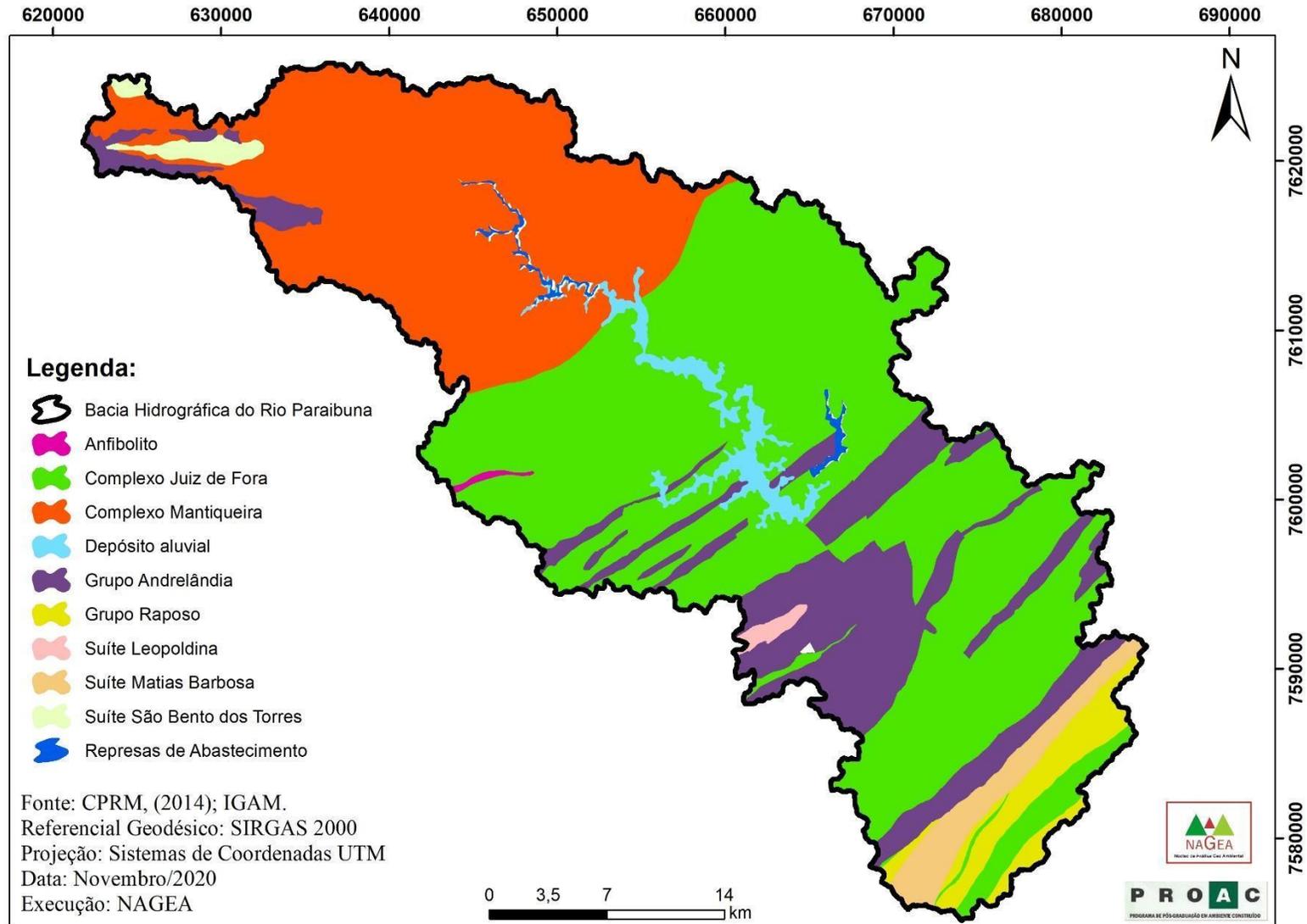
A Suíte Matias Barbosa está localizada mais ao sul da BHRP, na divisão com o estado do Rio de Janeiro. Ela possui, em sua composição, granitóides neoproterozóicos formados em diversos estágios da Orogênese Brasileira (por exemplo, o hornblenda-biotita granito/gnaiss e leucognaiss rosa. Ela tem seu lineamento NE-SW (VALLADARES *et al.*, 2012).

Já a unidade Suíte Leopoldina é composta por corpos de rochas enderbíticas/charnockíticas de pequeno porte, encontrados em vários locais. Corpos maiores, alongados na direção N-S, são encontrados na porção sudoeste da folha de Manhauçu. São rochas intrusivas nas sequências para e ortoderivadas. Possuem textura ígnea reliquiar nas porções mais internas dos corpos. São predominantemente de composição enderbítica e, mais raramente, charnockítica (NOCE *et al.*, 2007).

Por fim, a Suíte São Bento dos Torres está localizada numa pequena região dentro do município de Antônio Carlos a noroeste da BHRP, com altitudes superiores a 1.100m, onde predominam os cambissolos; como forma de relevo, dominam as colinas médias, e apresenta forte erodibilidade (MACHADO, 2012). Tem rochas muito antigas, do Arqueano, para e ortoderivadas, com o mais alto grau metamórfico. Segundo Pinto, são

“ortoderivadas, de quimismo ácido a básico, metamorizadas na fácies granulito; são essencialmente ortoclásio-granito, charnoenderbito, enderbito, hiperstênio-diorito e norito, de granulação fina a média, com transição para tipos grosseiros, principalmente nos termos mais ácidos. Mostram textura granoblástica em domínios localizados” (PINTO, 1991, p. 26).

Figura 35: Mapa Geológico da BHRP



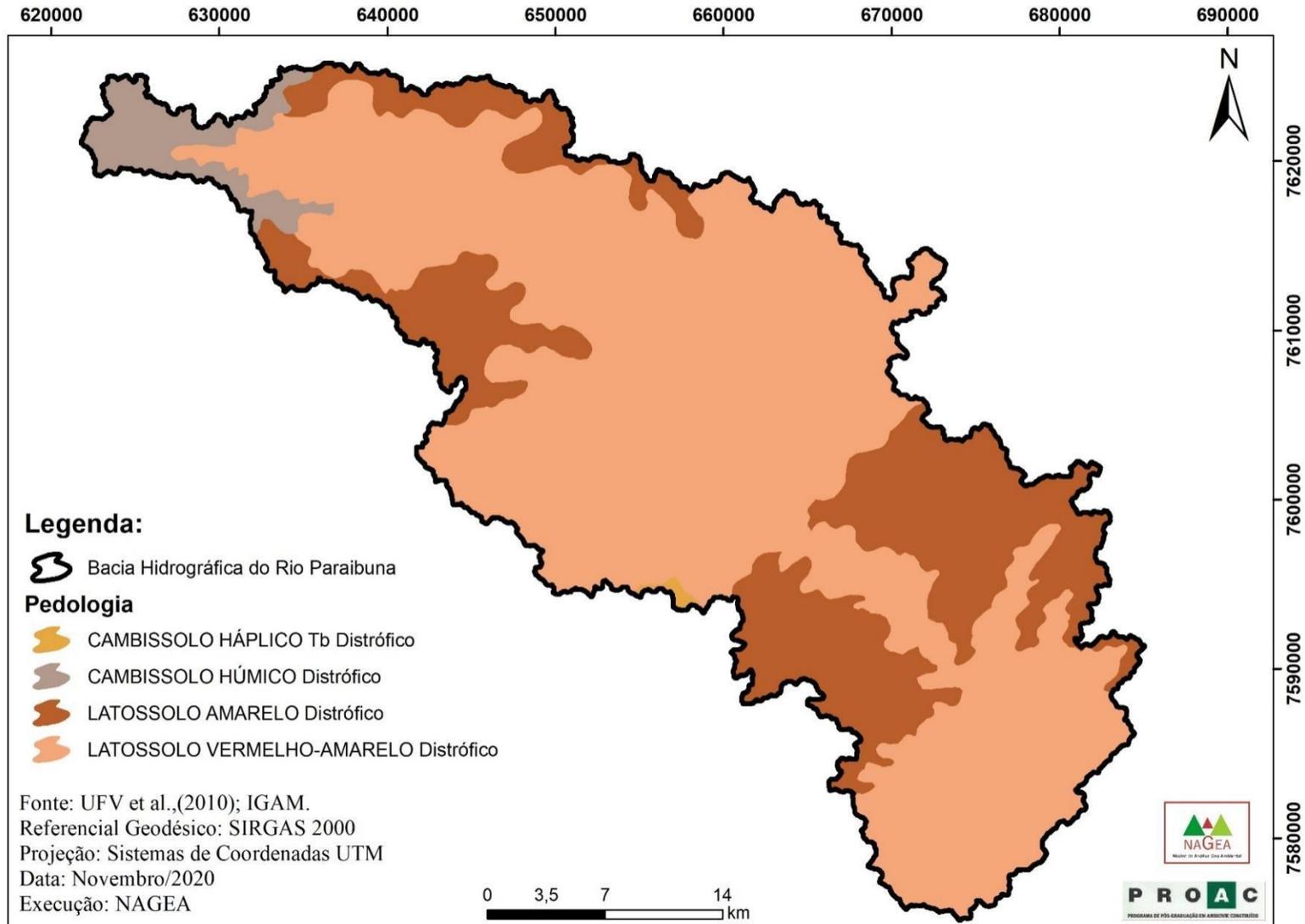
4.1.3 Pedologia

Os solos dessa região não apresentam grandes diferenciações Figura 36. Um dos primeiros estudos a descrever os tipos de solo foi o de Valverde (1958). Segundo essa referência, os latossolos são os mais comuns nessas áreas.

Cinco décadas depois, a Universidade Federal de Viçosa, com a Universidade Federal de Lavras e outras instituições, lançaram o *Mapa de solos do Estado de Minas Gerais* (2010). Nesse trabalho mais atual e completo, os solos mapeados na BHRP foram: Cambissolo Húmico Distrófico típico, com textura média e argilosa, fase pedregosa e não pedregosa (relevo forte ondulado e montanhoso - 60%); Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico a moderado, com proeminência de textura argilosa (relevo forte ondulado -60%); Latossolo Amarelo Distrófico Húmico, com textura muito argilosa (relevo ondulado e forte ondulado - 40%); e Cambissolo Háptico Tb Distrófico típico, com textura média e argilosa, fase pedregosa e não pedregosa (40%).

Tavares e Lima (2019) descreveram o Cambissolo Húmico Distrófico, conhecido como “terra de morro”. O relevo fortemente ondulado dificulta o uso da área para fins agrícolas, bem como o manejo da região. O solo predominante na BHRP é o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico. Suas características estão atreladas ao relevo fortemente ondulado, marcante da região.

Figura 36: Mapa Pedológico da BHRP



Nas bordas da BHRP encontra-se ainda o Latossolo Amarelo Distrófico Húmico, principalmente no baixo curso. Devido às características do relevo em que se situa (ondulado a forte ondulado), seu manejo deve ser cuidadoso. Felix *et al.* (2019) destacam que esses solos são mais propícios a manejos conservacionistas, em curva de nível, por exemplo, para que o equilíbrio do solo seja mantido.

A classe de menor tamanho dentro da BHRP, localizada no sudoeste da bacia, é a de Cambissolo Háptico Tb Distrófico. Em um estudo sobre o solo em diferentes culturas, Portugal *et al.* (2008) apontam que as culturas que se assemelham mais a uma mata tendem a ser mais preservadas, e as culturas do tipo pastagem são mais degradadas devido ao seu manejo errado.

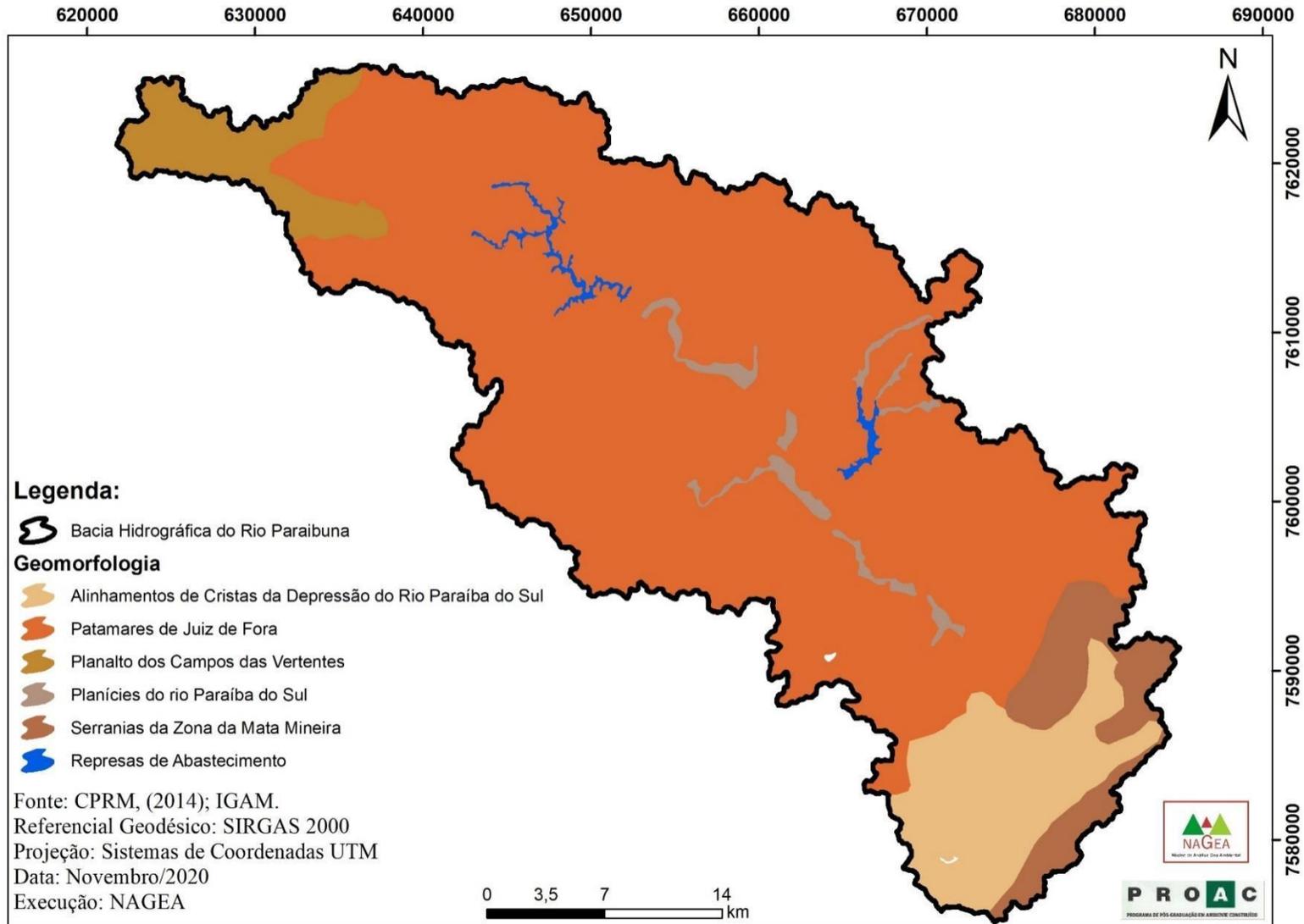
O solo é vital para a agricultura e, para o seu manejo, o conhecimento das características de cada tipo é crucial. As práticas inadequadas de manejo podem acarretar em ineficientes explorações de recursos naturais, desencadeando processos erosivos, perda e empobrecimento dos solos, os quais se traduzem em perdas econômicas para o ecossistema e para o produtor rural numa escala em que ele poderá não conseguir se recuperar, destacando-se que o latossolo, por sua estrutura, é uma característica interessante para a agricultura (CARNEIRO *et al.*, 2017).

4.1.4. Geomorfologia

O conhecimento das características geomorfológicas de uma bacia hidrográfica também é de grande importância para a compreensão da dinâmica de evolução de um local. Além de ser um obstáculo ou um facilitador para o aumento da malha urbana, influencia também, como introduzido acima, na escolha do tipo de manejo mais adequado. Na BHRP, as unidades geomorfológicas encontradas são: Alinhamentos de Cristas da Depressão do Rio Paraíba do Sul, Patamares de Juiz de Fora, Planalto dos Campos das Vertentes, Planícies do Rio Paraíba do Sul e Serranias da Zona da Mata mineira, conforme Figura 37.

Os Alinhamentos de Cristas da Depressão do Rio Paraíba do Sul são descritos por Silva e Mello (2011) como um trecho do vale do Rio Paraíba do Sul em que suas feições apresentam alto controle geológico, com falhas no sentido NE-SW. O relevo apresenta colinas alinhadas variando de 300 a 900 metros de altitude; suas feições estão fortemente ligadas às estruturas e litologias locais. As formas de distribuição da acumulação ao longo do Rio Paraíba do Sul, criando extensas planícies fluviais, em cotas altimétricas inferiores a 300 metros, são peculiares dessa unidade.

Figura 37: Mapa Geomorfológico da BHRP



Patamares de Juiz de Fora é a unidade geomorfológica predominante na bacia. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2019b) define patamares como “formas de relevo transicionais, e geralmente se encontram entre uma feição altimétrica elevada (planaltos, chapadas ou serras) e uma área mais rebaixada (em geral, depressões, planícies ou mesmo outros patamares)”. Paiva e Marques Neto (2017) descrevem os patamares como um relevo com intenso processo de dissecação fluvial que dão morfologias com características de morrotes.

Os Planaltos, segundo o IBGE (2019b), são feições planas ou dissecadas, “de relevo predominantemente homogêneo, de altitudes elevadas, limitadas, pelo menos em uma de suas bordas, por superfícies mais baixas”. Uma característica evidente nos Planaltos dos Campos das Vertentes, presente também em Marques Neto e Ferraro (2018), são rios muito entalhados e processos erosivos relacionados com questões morfotectônicas. Já as Planícies, segundo a mesma fonte, são feições planas ou suavemente onduladas onde ocorrem processos de sedimentação, de sedimentos aluvionares recentes, resultantes de acumulação fluvial, marinha e/ou lacustre sujeita a inundações periódicas. As planícies e terraços fluviais da BHRP estão localizados à jusante das represas de Chapéu D’Uvas e Dr. João Penido, e ao longo do rio, passando pela zona urbana de Juiz de Fora.

Finalmente, as Serranias da Zona da Mata mineira, de acordo com Silva e Mello (2011), é são identificadas “por relevos de formas alongadas, marcados por escarpas adaptadas a falhas, sulcos estruturais, grandes linhas de cumeada e cristas simétricas alinhadas. Os rios, nesta unidade, geralmente formam pequenos terraços e planícies”. A região do exutório do Rio Paraíba com o Rio do Peixe, área de maior sinuosidade do rio, é também a área que ocorre os processos de deposição.

4.1.5. Clima

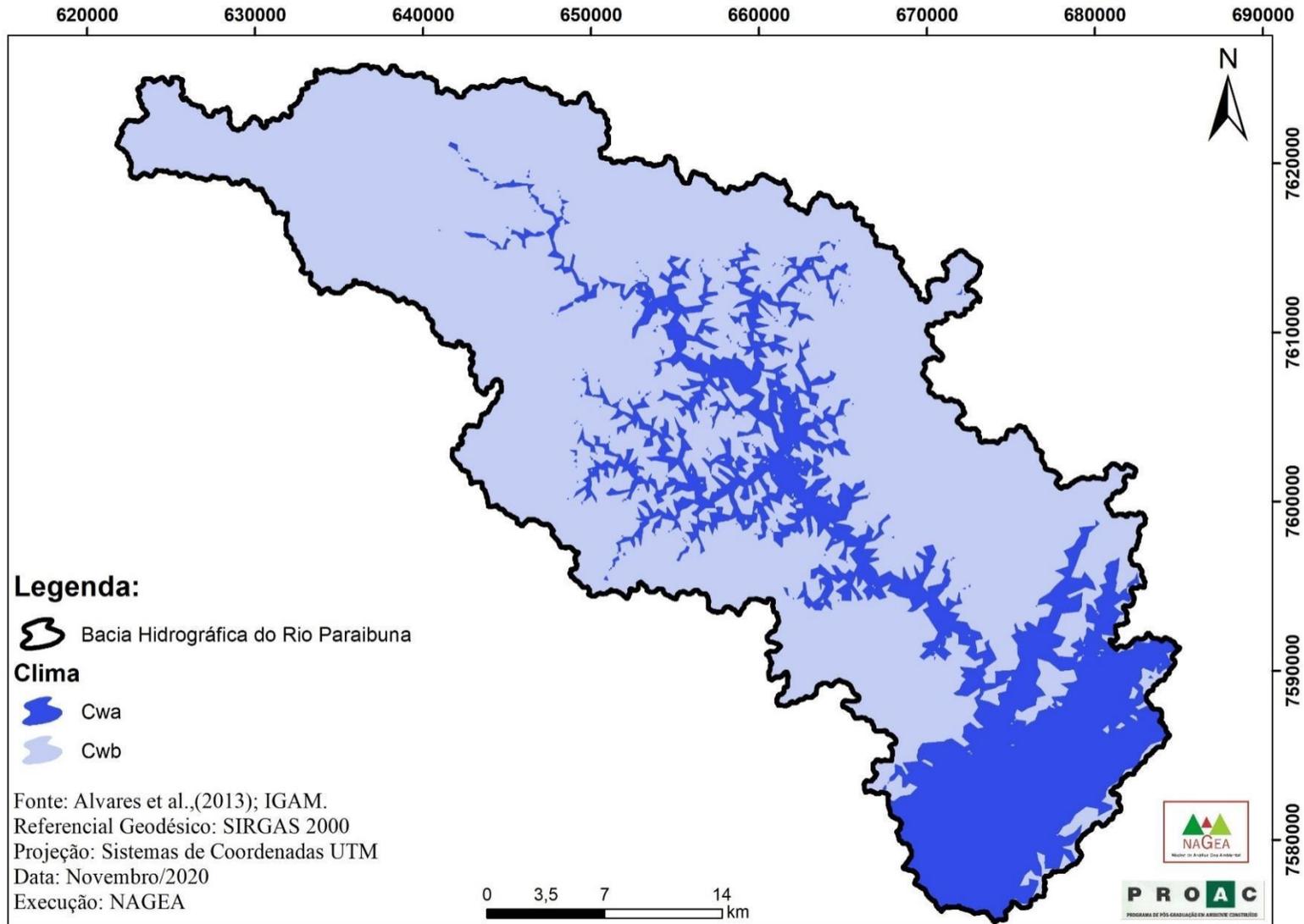
A BHRP é composta por duas classificações climáticas muito parecidas, com o regime chuvoso na primavera e no verão e com o regime de seca no outono e inverno.

A classificação de Koppen é muito utilizada nas pesquisas para classificar o clima como base para estudos de zoneamento agroclimático (JURCA, 2005; ROLIM *et al.*, 2007), no auxílio ao zoneamento de espécies florestais (ARAÚJO *et al.*, 2012), de *Eucalyptus Grandis* e ocorrência de ferrugem (SILVA *et al.*, 2013), e no zoneamento climático de plantações de

eucalipto em todo o Brasil (GONÇALVES *et al.*, 2013). Torres *et al.* (1997) utilizaram os tipos climáticos para diferenciar os grupos florísticos do sudeste.

De acordo com essa classificação, a BHRP se enquadra em duas categorias: Cwa – Clima subtropical úmido, e Cwb – Clima subtropical de altitude, Figura 38. O primeiro (Cwa) é típico de paisagens com altitudes acima de 500 metros e temperaturas médias que variam entre 16°C e 17°C. Já o segundo (Cwb) é o clima de praticamente toda região sudeste do Brasil (ALVARES *et al.*, 2013). Na região da Zona da Mata mineira, em regiões acima de 900 metros com temperaturas médias que variam entre 15,5°C e 21,5, a precipitação varia entre 700 mm e 1300 mm. No Cwb, este número está entre 700 mm e 1000 mm.

Figura 38: Mapa de Clima da BHRP



4.1.6. Declividade

A declividade é uma das características físicas que mais influenciam as questões geomorfológicas e pedológicas dentro de uma bacia hidrográfica. Como dito anteriormente, a BHRP situa-se nos domínios dos Mares de Morros. Isso reflete em uma bacia com áreas de declividades acentuadas. Para gerar o mapa de declividade, foi usada a imagem de satélite ALOS PLASAR, que tem como precisão pixels de 12,5 por 12,5 metros.

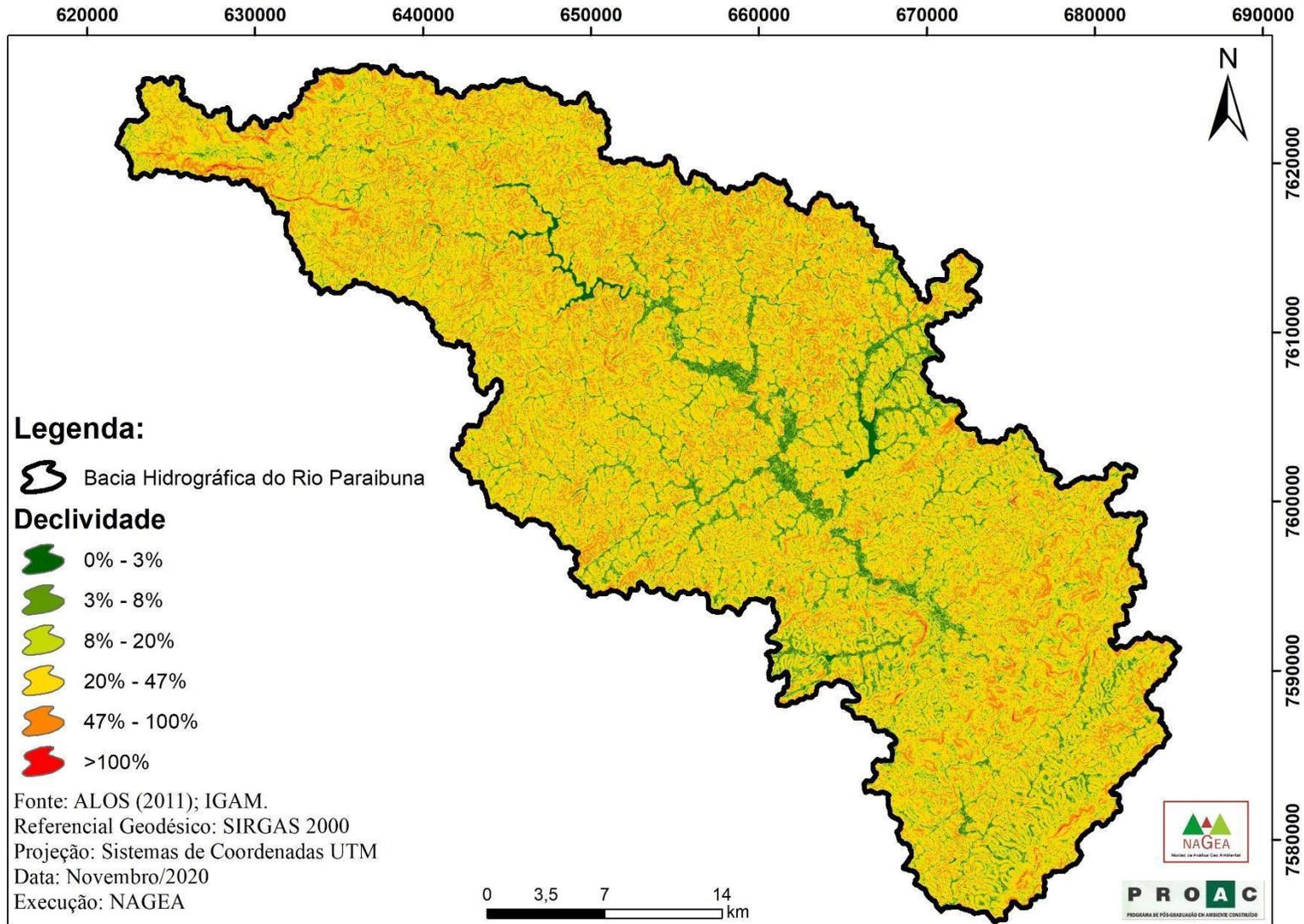
Para caracterizar a área, utilizamos as subdivisões da AUR e da APP de declividade. Para definir as classes, utilizamos o modelo elaborado pela Embrapa (1979). As classes foram subdivididas em seis, como demonstra a Tabela 5.

Tabela 5: Divisão das Classes de Declividade

Intervalos de declividade (%)	Caracterização
0 – 3%	Superfície de topografia horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos.
3% – 8%	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas, apresentando declives suaves.
8% – 20%	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por um conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives acentuados.
20% - 47%	Superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros, com declives fortes.
47% - 100%	Superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, usualmente constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos e alinhamentos montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes. Regiões delimitadas com Áreas de Uso restrito podem ser usadas para o manejo agrícola.
> 100%	Regiões ou áreas com predomínio de formas abruptas, compreendendo escarpamentos e vertentes de declives muito fortes de vales encaixados. Área de preservação permanente.

Fonte: Lemos e Santos (1982); BRASIL (2012).

Figura 39: : Mapa de Declividade da BHRP

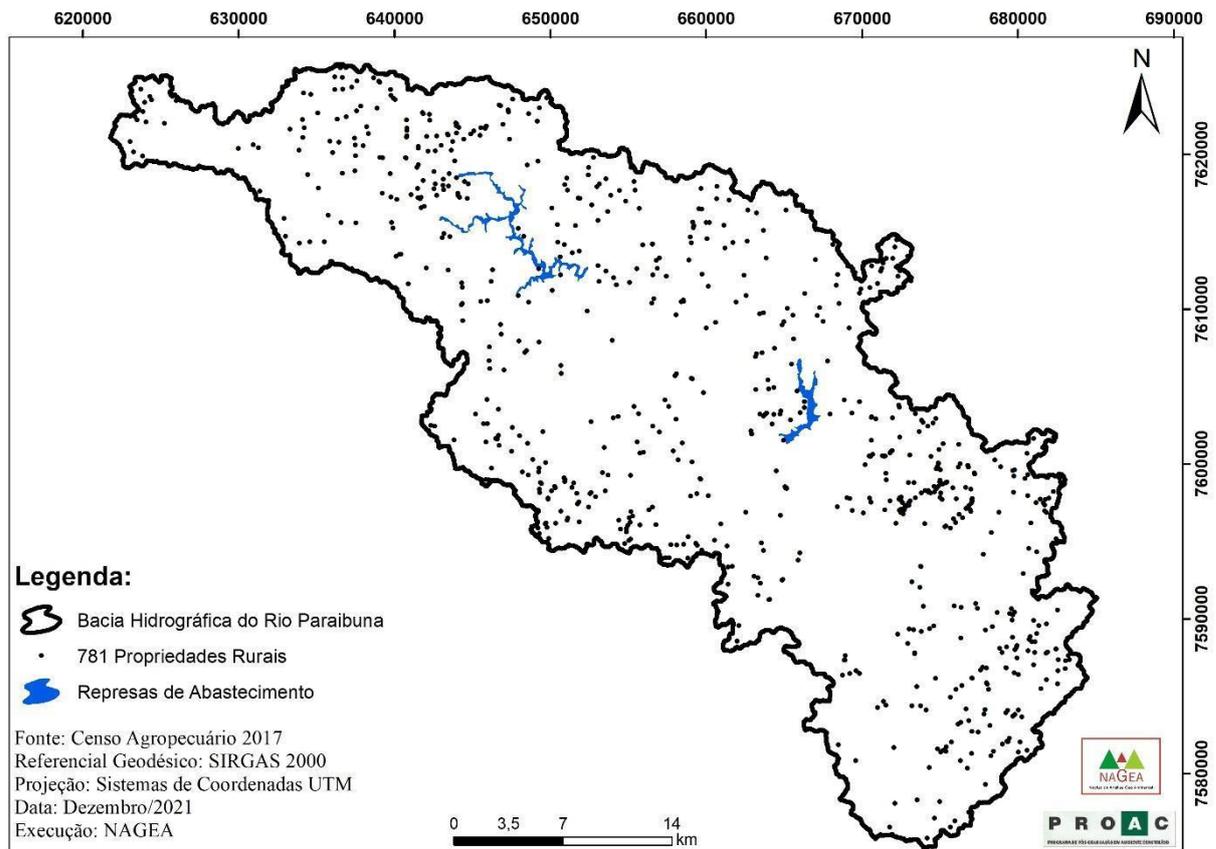


4.1.6. Agricultura

O censo agropecuário de 2017 pode trazer para nós como é hoje a divisão agropecuária e agrícola da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, visto que é uma bacia que tem em sua composição 7 municípios. Estes com exceção de Juiz de Fora, que tem como característica a importação de alimentos agrícolas, como hortaliças, os municípios têm sua contribuição agrícola e agropecuária.

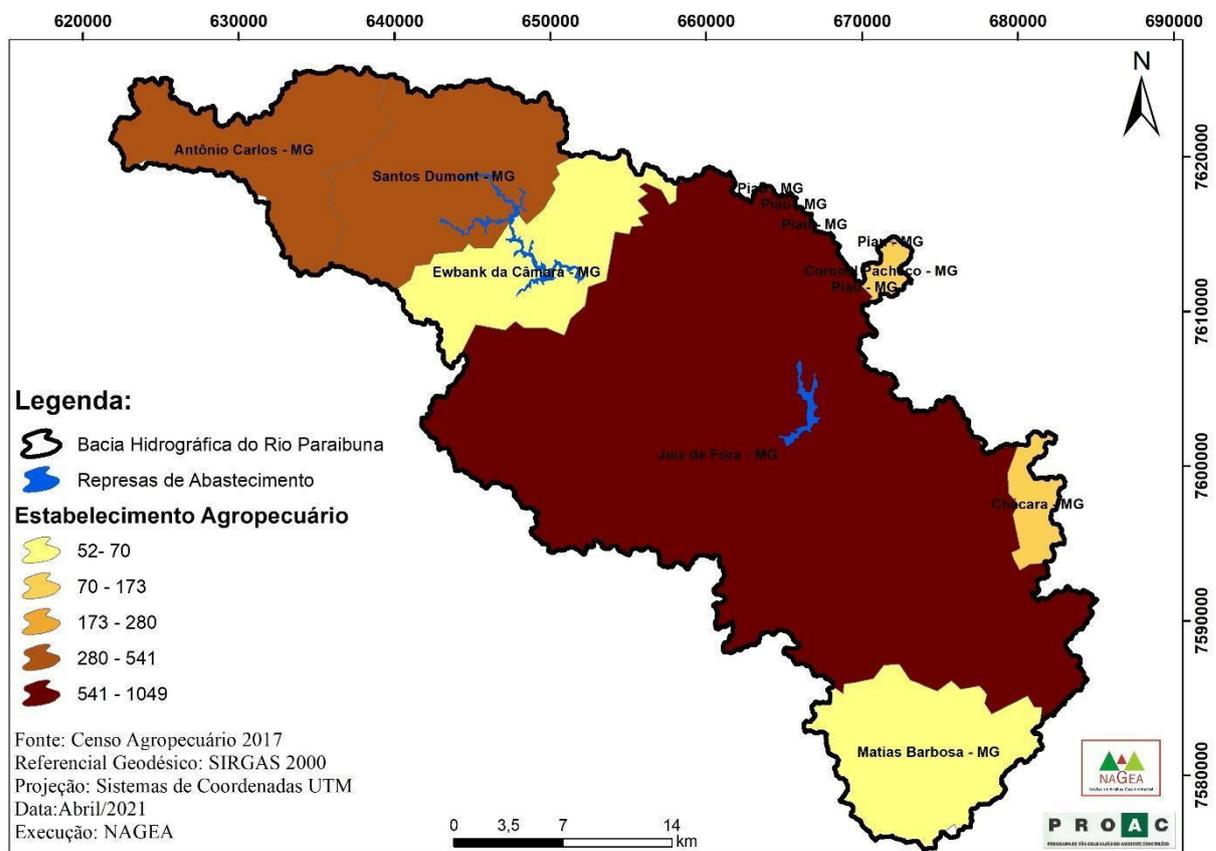
A partir do levantamento do censo agropecuário de 2017, o número de propriedades rurais dentro da BHRP é de 781. A Figura 40 mostra que a espacialização dessas propriedades dentro da bacia hidrográfica é mais igual, não havendo nenhuma região de maior concentração, o que é visto é um espaço em branco que é onde está a parte urbana da cidade de Juiz de Fora – MG.

Figura 40: Número de propriedades rurais na BHRP



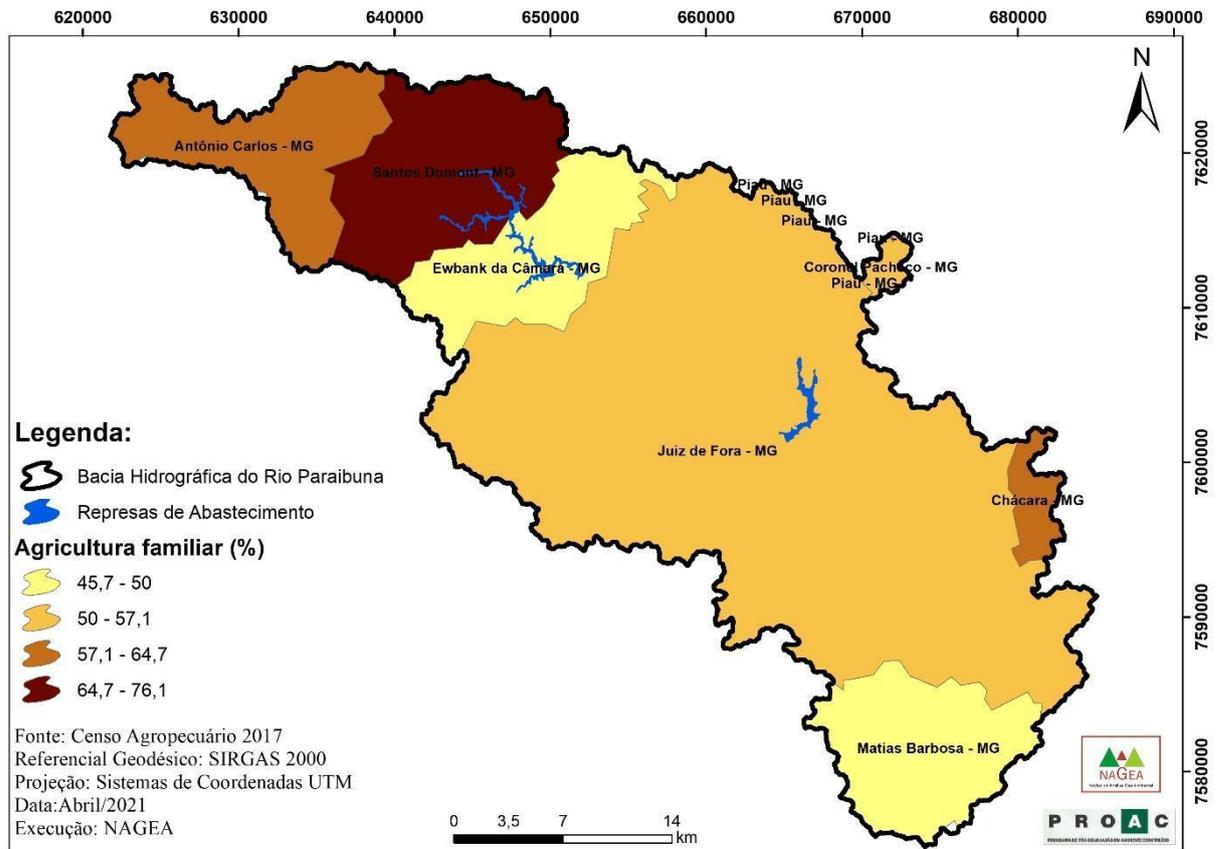
Entretanto, quando fazemos a divisão por município na Figura 41, Juiz de Fora se destaca, sendo o que concentra o maior número de propriedades rurais, devido ao fato de ter a maior parte de seu município dentro da BHRP. Depois de Juiz de Fora, os outros dois municípios dentro da BHRP que têm uma maior concentração de propriedades rurais são Santos Dumont - MG e Antônio Carlos - MG. O município de Ewbank da Câmara - MG é o que tem menor concentração de propriedades rurais, por mais que tenha em seu perímetro a maior parte do espelho d'água da Represa de Chapéu D'Uvas, ainda não houve um parcelamento tão grande das propriedades rurais.

Figura 41: Número de propriedades rurais por município



Embora apresente a maior concentração de propriedades rurais dentro da bacia hidrográfica, como pode ser visto na Figura 42, em Juiz de Fora, a agricultura familiar é uma das menores, junto a Santos Dumont. Isso reflete principalmente em como essas regiões vão lidar com as produções agropecuárias, já que propriedades de agricultura familiar tendem a ter um poder aquisitivo menor que grandes produtores. Isso cria uma desigualdade, que no final favorece aos grandes produtores rurais, já que vão ser maioria.

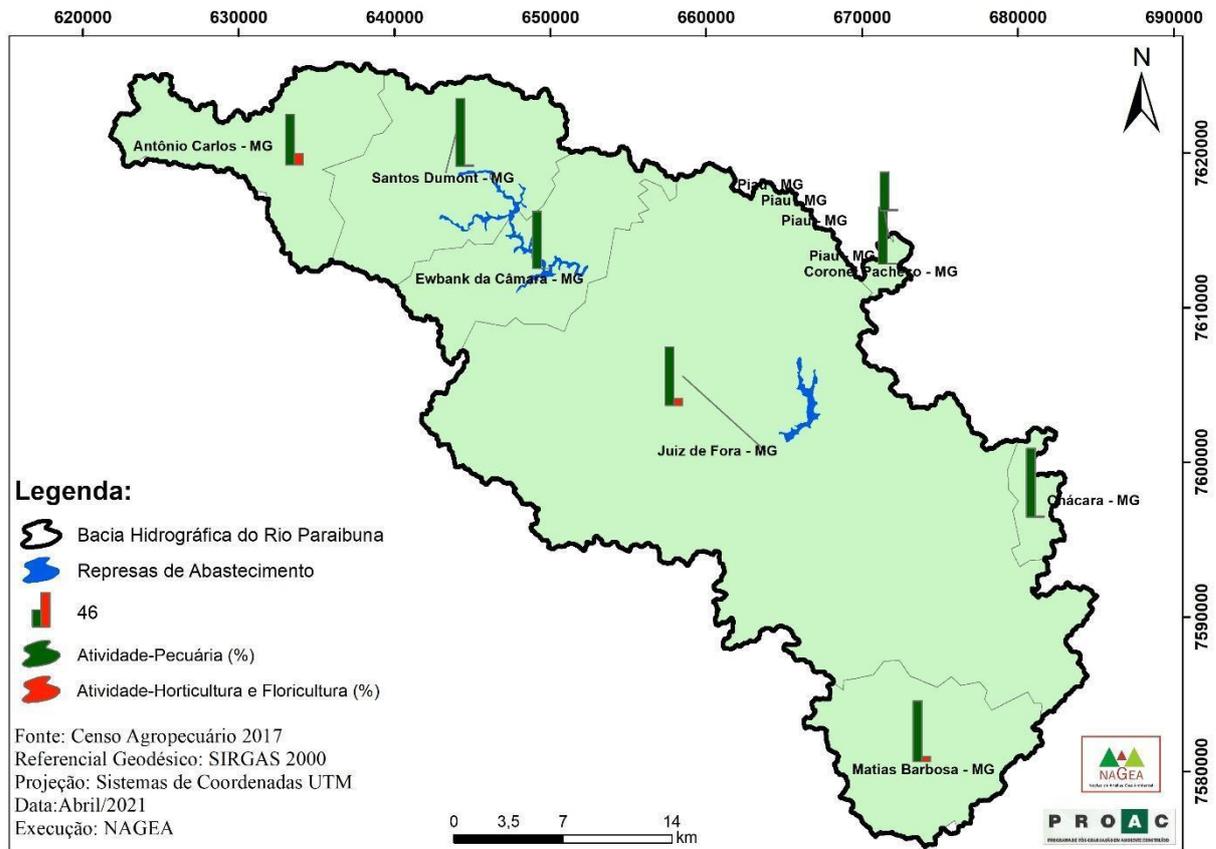
Figura 42: Concentração de propriedades de agricultura familiar



Fazendo uma comparação dos dados de produção de bovino de corte e leite e produções de silvicultura, podemos perceber algumas tendências. De acordo com o Censo agropecuário de 2017, é constatado que nessa região a produção de gado para corte e leite é o que predomina, visto que somente algumas regiões tendem a ter a produção de silvicultura. A produção agrícola dentro da BHRP é mais comumente de subsistência de pequenos produtores rurais, que em sua maioria não produzem para vender.

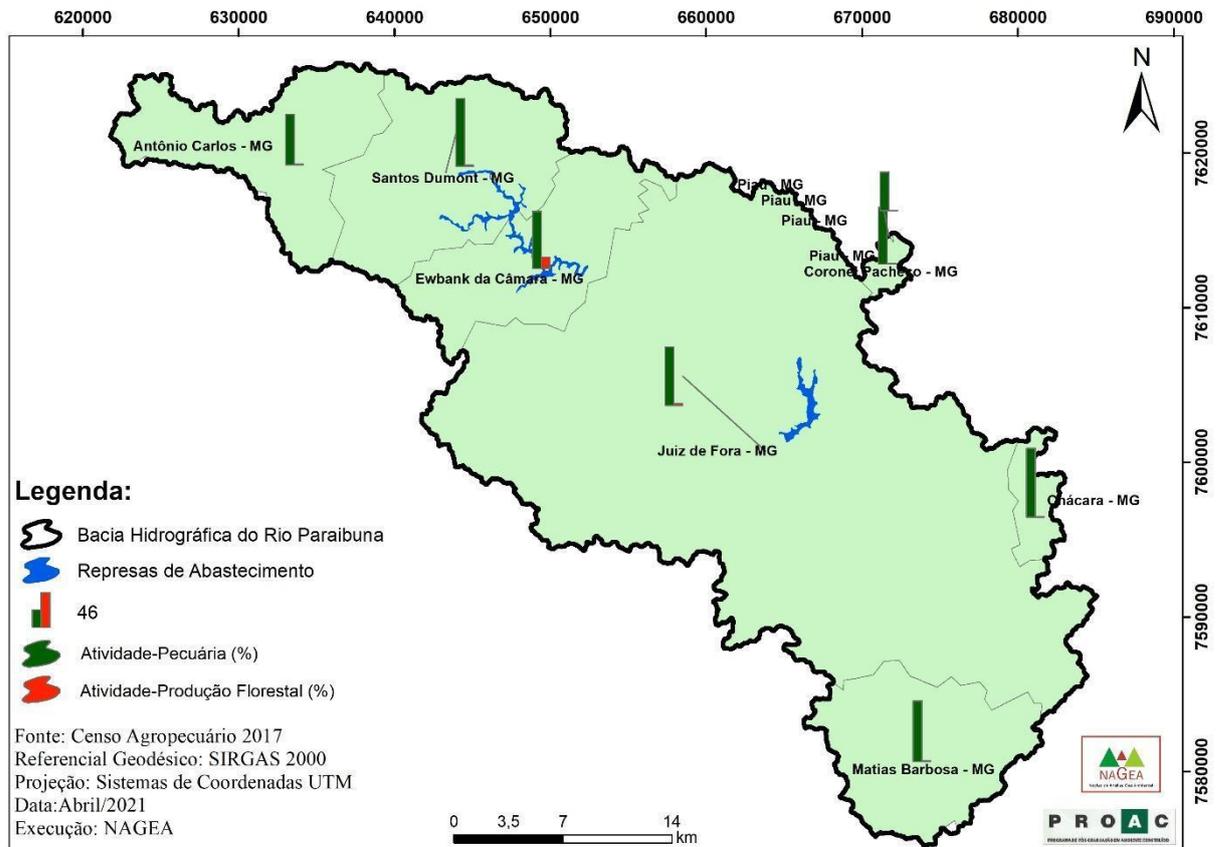
Para fins comparativos, nas figuras a seguir, podemos ver como é a produção agropecuária da BHRP. Na Figura 43, uma comparação entre atividade pecuária e horticultura e floricultura, vemos que só em Juiz de Fora e Antônio Carlos aparece algum tipo de produção que não seja a pecuária. Ribeiro (2012) descreve em seu trabalho dentro da Bacia Hidrográfica de Contribuição da Represa de Chapéu D’Uvas (BHCRC), que em Antônio Carlos existe alguns pontos de produção agrícola, mas o que prevalece é a pecuária.

Figura 43: Comparação entre as atividades de pecuária e horticultura e floricultura



Quando comparamos a pecuária com a silvicultura, a Figura 44 mostra que o único município que tem algum tipo de produção com um pouco mais de expressão é Ewbank da Câmara. Machado (2012) descreve que essa região tem o avanço da silvicultura, porque há um incentivo das empresas privadas, principalmente das siderúrgicas situadas na bacia. Já nas outras cidades, a produção de silvicultura é quase inexistente, tendo pouca expressão em comparação com outros tipos de produção agropecuária.

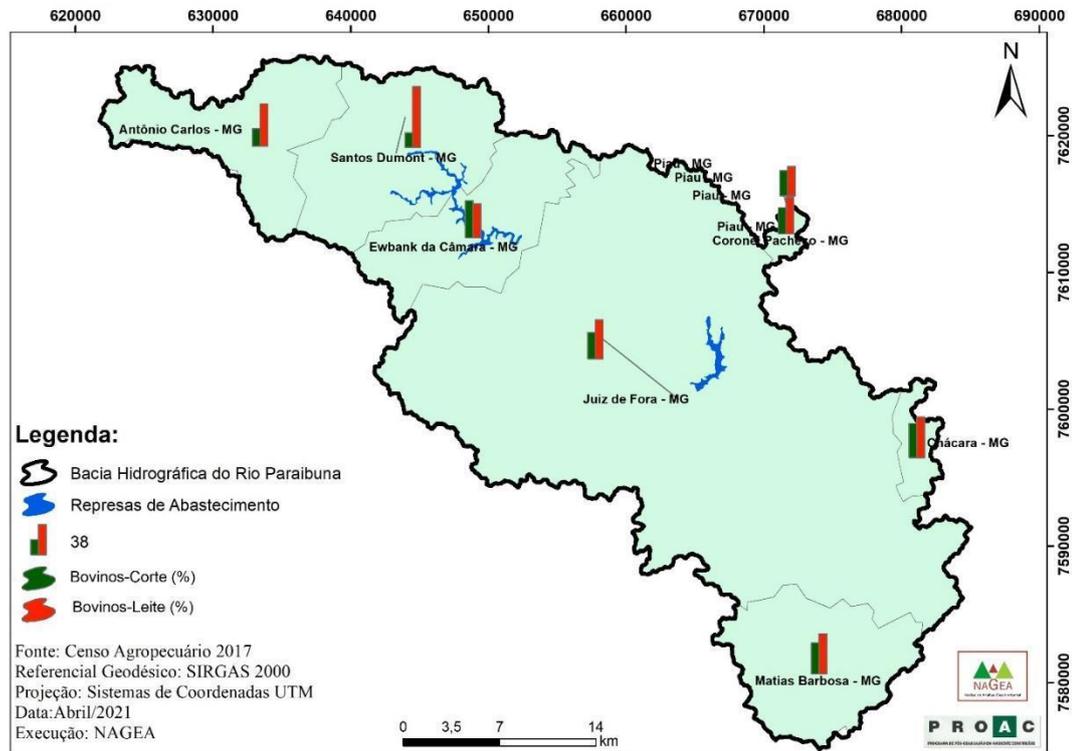
Figura 44: Comparação entre as atividades de pecuária e produção florestal



Por último, a produção pecuária na BHRP vai se dividir em duas: a de corte e a de leite. À exceção de Ewbank da Câmara, em todos os outros municípios a pecuária de leite é a que prevalece; em alguns, a diferença é maior, em outros, é quase igual à produção de corte.

A pecuária de corte pode ser maior em Ewbank da Câmara em razão de ser uma região na qual há menor concentração de propriedades. Isso favorece a produção de corte. Entretanto, temos a produção de gado de leite, na qual pequenos produtores geralmente tendem a reproduzir uma cultura de produção e venda para as cooperativas da região. Grandes produtores preferem o gado de corte e a silvicultura, um tipo de produção crescente nessa região que chamamos de SAFs, que consiste na produção do gado com a produção da silvicultura.

Figura 45: Comparação da atividade bovinos de corte e de leite



4.2 USO E COBERTURA DA TERRA

O mapa de Uso e Cobertura da Terra da Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna demonstra grandes mudanças que ao longo do tempo não eram vistas, como um avanço da área urbana para regiões que antes eram áreas rurais, ou mesmo perto do manancial de maior expressão, que é a Represa de Chapéu D’Uvas, cuja ocupação urbana, em suas margens, cresceu exponencialmente nos últimos anos.

A pastagem é a classe de maior predominância corroborada pelo censo rural das cidades que compõem a BHRP, na qual mais de 90% de todo tipo de produção agropecuária está vinculada ao gado de leite ou de corte na área rural. Algum tipo de produção agrícola que possa existir é do produtor rural para consumo próprio.

A silvicultura, principalmente, na Bacia de Contribuição da Represa de Chapéu D’Uvas, é vista como uma classe de grande expansão. Oliveira (2018), Ribeiro (2012) e Machado (2012) detectaram que esta está avançando principalmente perto da margem do espelho d’água da represa, chegando ao 4º lugar. Oliveira (2018) em seu mapa de Uso e Cobertura da Terra traz a silvicultura como a 3ª maior classe, além da conversão do solo exposto em silvicultura prevista para os anos seguintes. A Figura 46 traz o mapa de Uso e Cobertura da Terra da BHRP, e a Tabela 6 a porcentagem de cada classe na bacia hidrográfica.

A mata na BHRP é encontrada em fragmentos ao longo de toda a sua extensão, tendo uma maior concentração no alto curso e no médio curso principalmente antes do início da parte urbana de Juiz de Fora. Depois, são vistos fragmentos na cidade de Juiz de Fora e, posteriormente, no final da BHRP, já no município de Matias Barbosa, sendo esta a segunda maior classe.

O pouco de solo exposto visto em levantamentos anteriores de Ribeiro (2012) e Oliveira (2018) viraram área de silvicultura, já alertados por eles, principalmente perto do espelho d'água da represa. Atualmente, o que se destaca são condomínios próximos ao espelho d'água com apelo ambiental/rural, mas que podem induzir um crescimento indesejado.

Foram levantados três corpos d'água que são represas de abastecimentos para a cidade de Juiz de Fora, sendo estas as represas de São Pedro e Dr. João Penido, localizadas no município, as quais já sofrem com uma urbanização avançada, tendo perdido áreas de APP para pastagem e urbanização ao longo dos últimos anos.

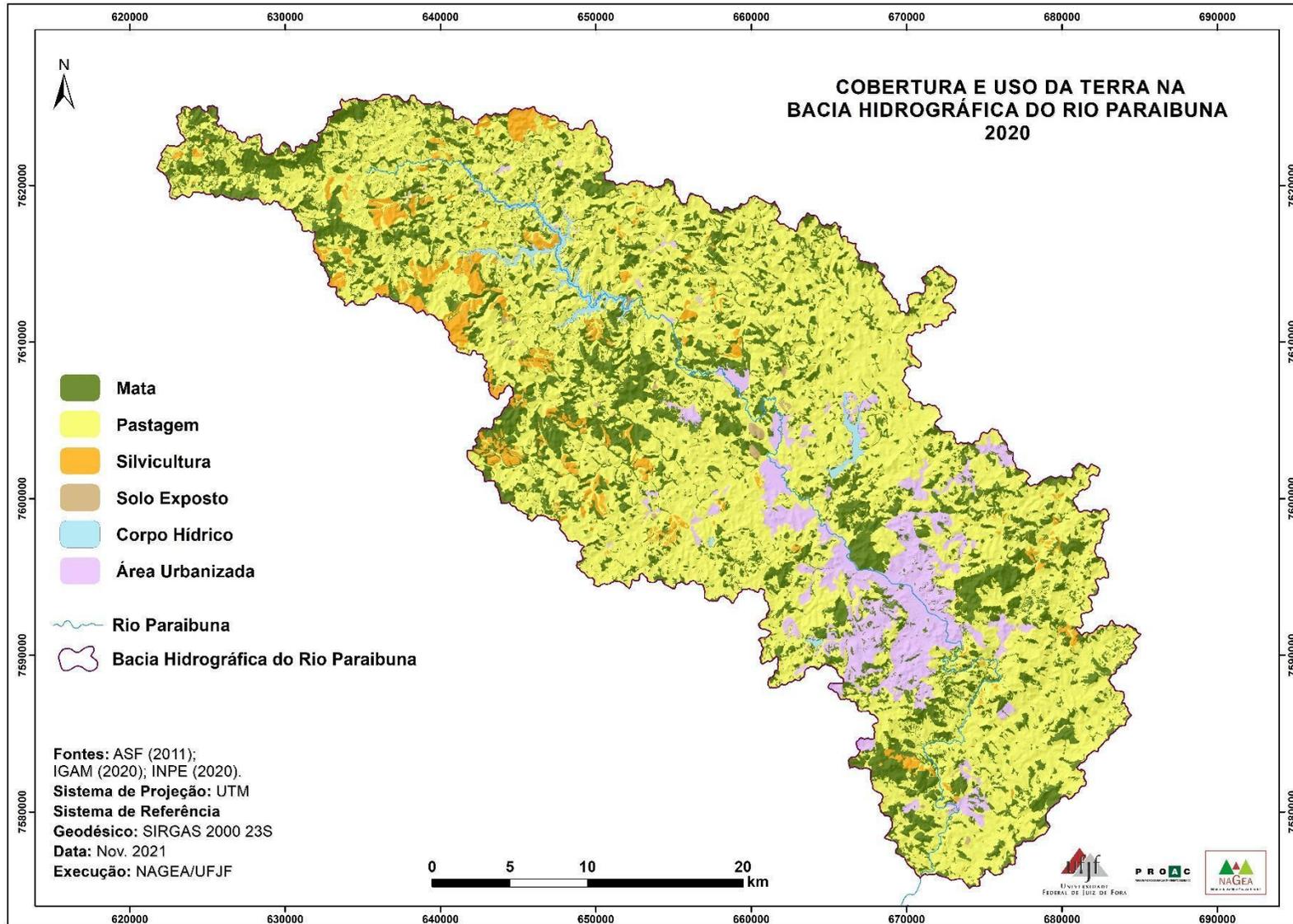
A represa de Chapéu D'Uvas repete o desrespeito junto às áreas de APP, principalmente com o aumento da urbanização próximo ao espelho d'água do lado esquerdo em áreas de Ewbank da Câmara e Santos Dumont e o avanço da silvicultura nas margens direitas, onde ainda não existem estradas de acesso.

Tabela 6: Principais classes de uso e cobertura do solo da BHRP - área absoluta e percentual

Classes	Área (km ²)	%
Pastagem	781,24	62,16
Mata	321,12	25,55
Área Urbana	91,16	7,25
Silvicultura	47,58	3,79
Corpos D'água	12,44	0,99
Solo Exposto	3,20	0,25

Fonte: Próprio autor

Figura 46: Mapa de Uso e Cobertura da Terra da BHRP



4.3 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

As áreas de preservação permanente da BHRP são compostas por 5 classes que vão definir áreas nas quais a preservação precisa ser permanente. Na somatória total, a área de APP dentro da bacia hidrográfica tem um total de 203,65 km² isso representa 16,2% da área total da BHRP, como pode ser visto na Figura 47.

A APP de hidrografia e nascente sobressai, conforme a Tabela 7. Com o Novo Código Florestal, a APP de topo de morro reduziu drasticamente. A APP de encosta/ declividade tem poucas áreas com inclinação maiores de 45° nessa Bacia.

Já a APP de reservatório tem duas faces, destacando as represas dentro do limite municipal de Juiz de Fora com áreas baseadas na largura de 30 e 100 m em contraposição à Represa de Chapéu D'Uvas, cuja cota 746 m desapropriada pela União é insuficiente para proteger em alguns trechos, além do desrespeito devido à ocupação ilegal.

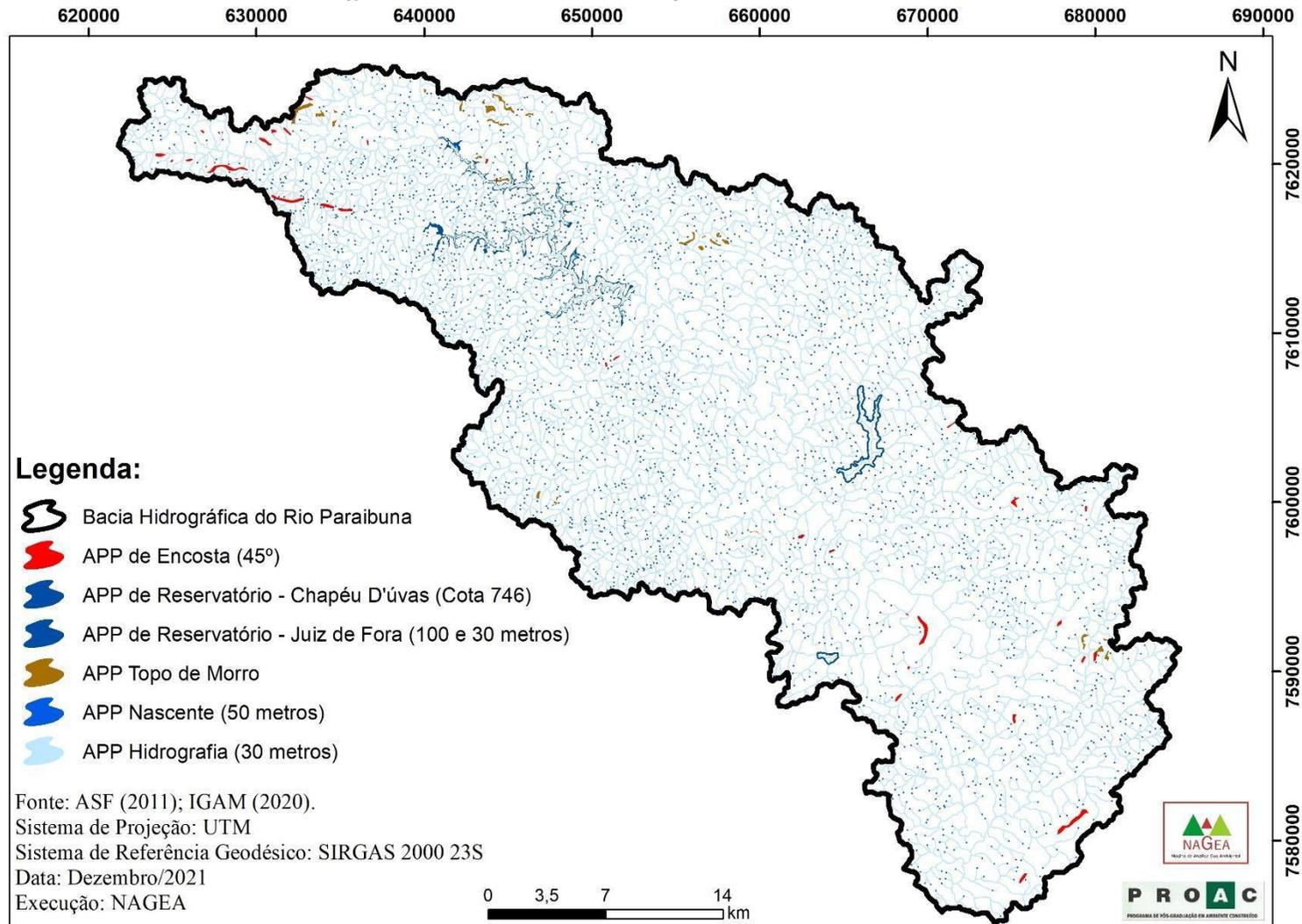
A Tabela 7 mostra que 94,4 % da BHRP é composta por APP de hidrografia e nascente, sobrando só 5,6% para o resto das outras APP; a APP de reservatório puxado pelas represas dentro do município de Juiz de Fora – MG é a 3ª classe de maior porcentagem. As duas classes de menor representatividade são a APP declividade e a APP de topo de morro que é 1,2% de proteção da BHRP, uma preocupação já que grande número de nascentes está no topo de morro.

Tabela 7: Classes de APP da BHRP - área absoluta e percentual

Classes	Área (km²)	%
APP Hidrografia	165,35	81,2
APP Nascente	24,82	12,2
APP de Reservatório	7,95	3,9
APP de Declividade	3,12	1,5
APP de Topo de Morro	2,40	1,2
Total	203,65	100

Fonte: Próprio autor

Figura 47: Áreas de Preservação Permanente da BHRP



4.3.1. Conflito das áreas de APP com o Uso e Cobertura da Terra

No âmbito da preservação das APP a partir do uso e cobertura da terra, é possível observar que uma boa parte dessas áreas que deveria estar com vegetação nativa teve sua substituição por áreas de pastagem, silvicultura, área urbana e solo exposto. A Tabela 8 mostra como ficou cada classe de APP com a sobreposição do mapa de Uso e Cobertura da Terra .

A APP de encosta teve em sua sobreposição 3 classes: mata, pastagem e área urbana. A pastagem é a classe de maior predominância, com a mata sendo a segunda, destacando a parte do alto curso da BHRP. A pequena fração de área urbana é devida a fragmentos de APP de declividade na cidade de Juiz de Fora.

Podemos ver que o avanço da pastagem e da área urbana em áreas nas quais a declividade é uma barreira para o homem mostra que o planejamento desses locais precisa ser maior, já que são áreas de maior sensibilidade.

A APP de topo de morro, que é uma classe de grande importância para a proteção das nascentes, está ocupada com pastagem e silvicultura, principalmente na região da Represa de Chapéu D'Uvas, ocupada pela produção de pinus. A pastagem também avança para os topos de morros como modo de alimento para o gado.

A APP de reservatório está localizada numa região rural da BHRP onde predominam propriedades rurais caracterizadas por pastagens, matas e silvicultura. Entretanto, a área urbana pode-se igualar à silvicultura, haja vista que o solo exposto cartografado na APP de reservatório da Represa de Chapéu D'Uvas será convertido no Condomínio Residencial Rural Reservas do Lago, que é a grande mudança perto das margens da represa.

A urbanização também se destaca, de acordo com Rocha et al. (2019), na Represa Dr. João Penido, só perdendo para a pastagem, uma ocupação que vem ocorrendo ao longo das últimas décadas - sem qualquer planejamento.

Já a Represa de São Pedro está localizada numa região mais urbanizada ainda, principalmente o espelho d'água, onde predomina a urbanização e a pastagem, tendo o destaque para o BR440 que passa ao lado do espelho d'água da represa, invadindo as áreas de APP.

Na APP de nascente e hidrografia, podemos ver uma distribuição do Uso e Cobertura da Terra com predominância da pastagem, com destaque para as nascentes, principalmente na região da BCRC. A segunda classe são as matas que se situam nas APP de Encostas que ficam no alto curso da bacia hidrográfica ou em fragmentos de mata perto da área urbana de Juiz de

Fora – MG. A silvicultura é a terceira classe de maior predominância nas áreas de APP, aparecendo na hidrografia e nas nascentes principalmente na região da Represa de Chapéu D’Uvas e em regiões a jusante da cidade de Juiz de Fora – MG. Ferreira et al.(2016), Graça et al.(2002) e Dala Corte et al. (2016) descrevem como as plantações de silvicultura podem influenciar na dinâmica do ecossistema aquáticos dos córregos, principalmente quando elas estão na faixa de proteção, modificando a qualidade da água e influenciando na decomposição da serapilheira. Trabalhos desenvolvidos em Portugal e Espanha demonstram que plantações de eucalipto que respeitam a faixa de mata ciliar perto de córregos e nascentes tendem a apresentar menor impacto no ecossistema aquático daquele lugar.

Uma pesquisa desenvolvida por Amaral et al. (2021) na região vizinha à BHRP, na bacia hidrográfica do Rio Novo, traz que o manejo de eucalipto no entorno de nascentes pode influenciar no ecossistema aquático do local, criando uma seleção que, com a vegetação nativa, não ocorreria, já que a silvicultura vai influenciar que organismos mais resistentes sobrevivam a mudança, principalmente ambiental, já que a dinâmica do ecossistema daquela nascente muda.

O solo exposto na APP de nascente e hidrografia está ligado principalmente a áreas situadas na parte urbana de Juiz de Fora – MG ou onde a colheita de eucalipto pode ter deixado o solo exposto.

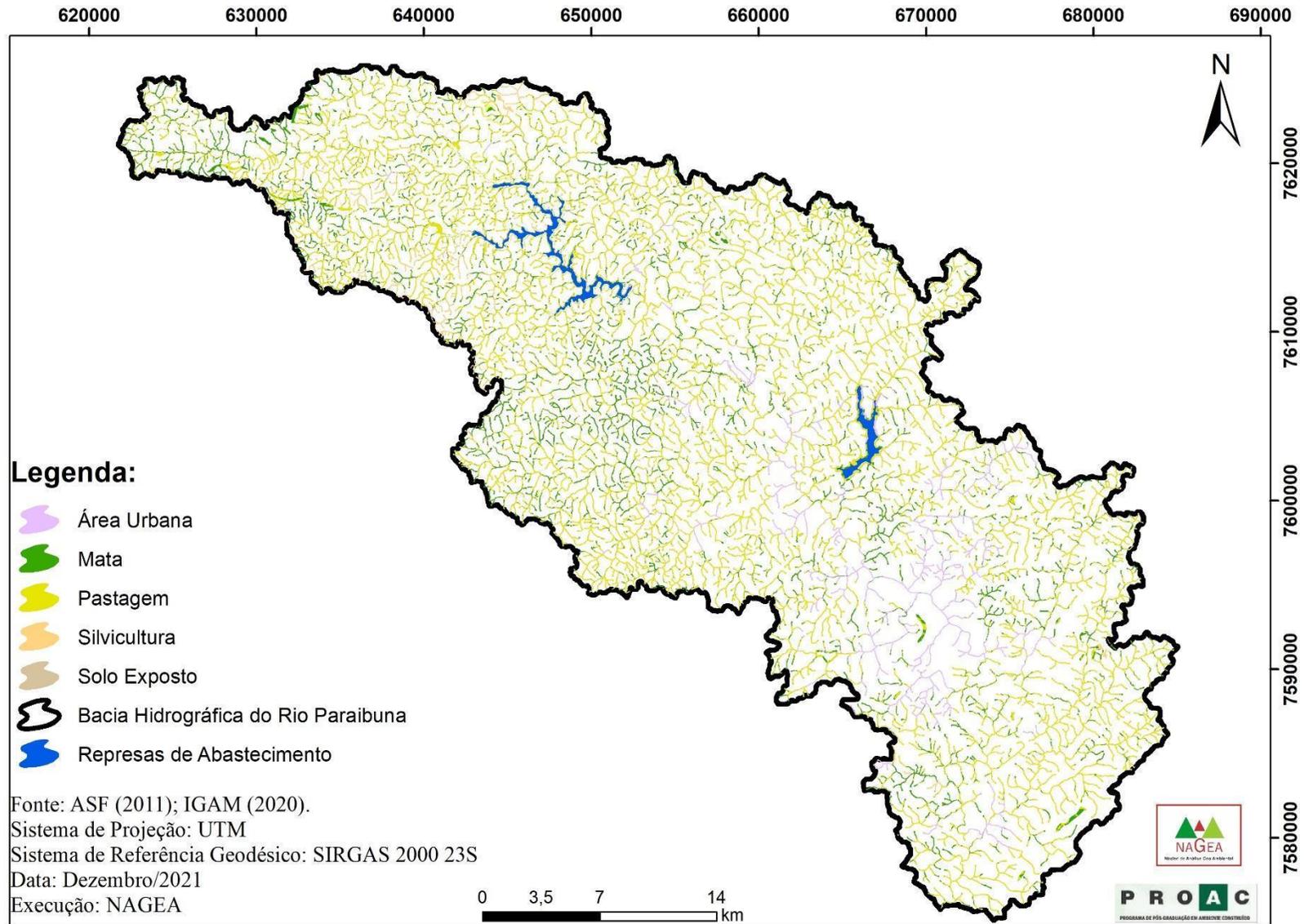
Já a área urbana dentro da APP de hidrografia e nascente é totalmente inserida na parte urbana de Juiz de Fora – MG, sendo este um grande fator de poluição dos córregos e do Rio Paraibuna, porque quase todo o esgoto de Juiz de Fora é despejado nos cursos d’água da BHRP (92%) tornando-se o rio Paraibuna um problema para a Bacia do Rio Paraíba do Sul.

Tabela 8: Uso e Cobertura da Terra nas APP da BHRP - área absoluta

APP (km ² /%)	Encosta - km ²	Encosta - %	Topo de morro - km ²	Topo de morro - %	Reservatório - Chapéu D'uvas - km ²	Reservatório - Chapéu D'uvas - %	Reservatórios - Juiz de Fora - km ²	Reservatórios - Juiz de Fora - %	Nascente - km ²	Nascente - %	Hidrografia - km ²	Hidrografia - %
Pastagem	1,65	52,9	0,98	31,4	4,55	83,3	1,58	63,2	14,60	58,4	105,74	63,9
Mata	1,43	45,8	0,99	31,7	0,69	12,6	0,40	16,0	8,05	32,4	41,95	25,4
Área Urbana	0,04	1,3			0,04	0,7	0,50	20,0	0,74	3,0	12,43	7,5
Silvicultura			0,43	13,8	0,11	2,0	0,01	0,4	1,29	5,2	4,96	3,0
Solo Exposto					0,07	1,3			0,04	0,2	0,26	0,2
Total (km²)	3,12	100	2,40	100	5,46	100	2,50	100	24,82	100	165,35	100

Fonte: Próprio autor

Figura 48: Conflito das Áreas de Preservação Permanentes com o Uso e Cobertura da Terra



4.4 ÁREAS DE USO RESTRITO

Como visto no referencial teórico, as áreas de uso restrito são delimitadas entre 25° e 45°, nas quais se pode aplicar métodos conservacionistas de produção agrícola, já que alguns tipos de produção extensivas possuem realização inviável devido ao relevo.

Na Bacia Hidrográfica do Rio Paraibuna, as áreas de uso restrito são predominantes, principalmente no alto curso do rio. A figura 50 apresenta a espacialização dessas AUR cuja área é de 132,5 km² que corresponde a 10,5 % de toda a BHRP.

Desde a criação das AUR no novo Código Florestal, trabalhos voltados para essas áreas são escassos. Sendo assim, existem duas possibilidades de manejos nessas áreas: sistemas agrossilvipastoris e manejos conservacionistas. Na BHRP, o manejo de sistemas agrossilvipastoris tende a ser de grande vantagem, principalmente nas regiões em que o avanço da silvicultura é maior. Na BHRP, a produção de gado e leite é maior que qualquer outra cultura agrícola, conforme indica o censo agrícola de 2017. Portanto, o manejo desses sistemas conjugados seria uma alternativa.

Resende *et al.* (2019) apresenta uma pesquisa desenvolvida sobre manejo silvipastoril entre gado de corte e eucalipto com resultados que demonstram ocorrer uma diminuição da emissão do gás metano (CH₄) produzido pelo rebanho de gado devido ao fato de o eucalipto absorver parte do CH₄. Isso indica que a junção dessas duas produções pode mitigar os impactos para o meio ambiente.

Já para aqueles produtores cuja produção é de subsistência, o uso dos manejos conservacionistas nas AUR também seria uma alternativa.

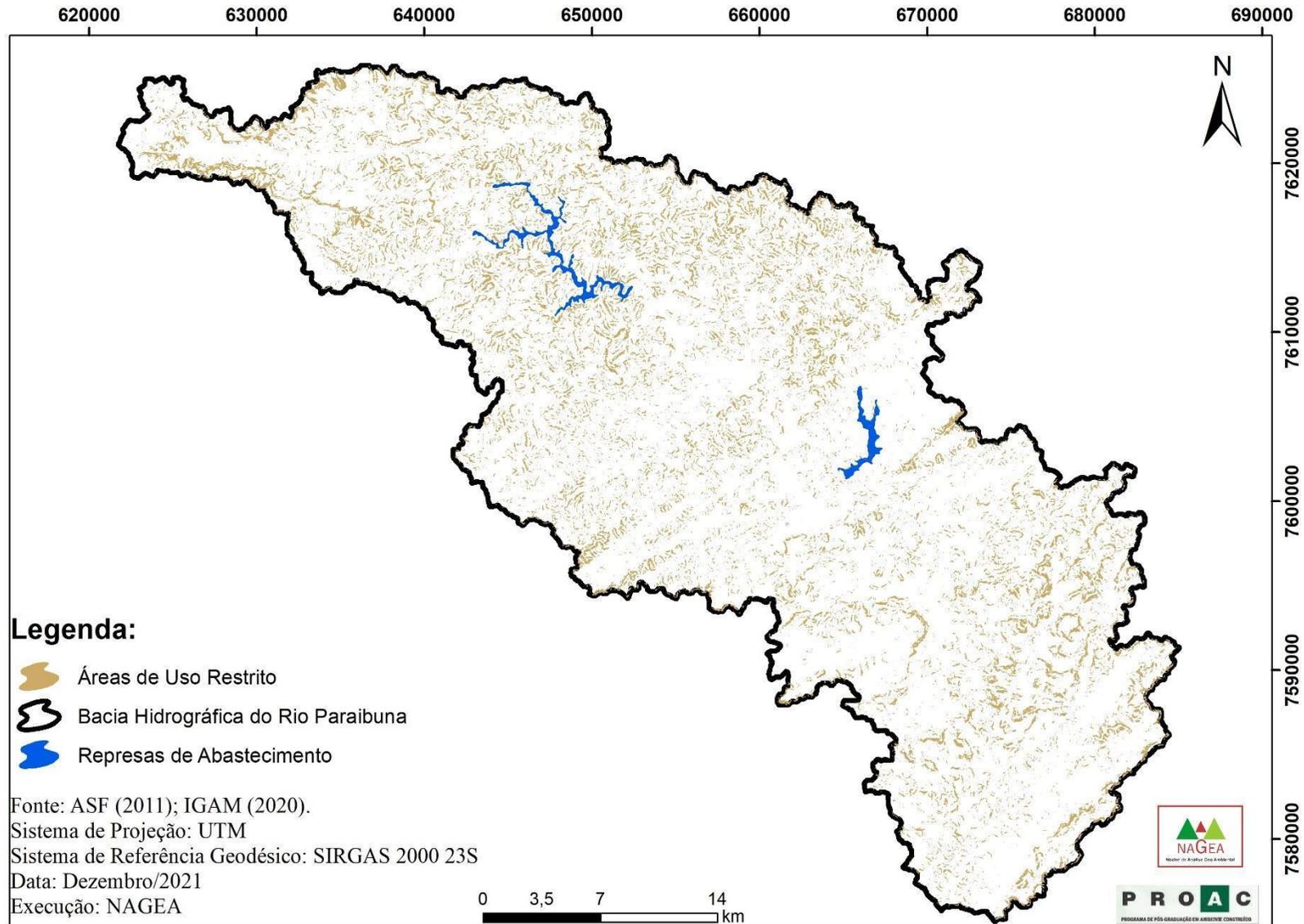
Na BHRP, um dos manejos conservacionistas que poderia ser implementado nas AUR seria o plantio em faixas, já que se trata de um modelo que ajuda na diminuição de erosões, alternando as culturas em faixas, conforme verificamos na Figura 7.

Os plantios em nível e faixa de vegetação permanentes, exemplificados nas Figuras 12 e 13, são outros manejos que trabalham a produção agrícola em faixas e ajudam principalmente na mitigação das erosões, grande fator de impacto do manejo agrícola nessas áreas.

O terraceamento agrícola, exemplificado na Figura 14, é outra prática que pode ser implementada nessa região, principalmente quando se tem outro tipo de manejo desenvolvido como plantio em nível, mas ele exige investimento e manutenção maiores, já que, se ocorrer algum rompimento, o estrago do que estiver abaixo é grande. Entretanto, é uma prática que

deve ser implementada na região da Represa de Chapéu D'Uvas, já que Ribeiro (2012), em seu trabalho na BCRC, mostrou exemplos de pequenos represamentos de cursos d'água que desaguam no corpo d'água principal do Lago de Chapéu D'Uvas. Isso ajudaria nesse impacto junto aos cursos d'água onde os terraceamentos contribuiriam para a mitigação da erosão e acumulariam água para os produtores rurais utilizarem na estação da seca.

Figura 49: Áreas de Uso Restrito da BHRP



4.4.1 Conflito das áreas AUR com o Uso e Cobertura da Terra

Numa análise do uso e cobertura da terra nas AUR, conforme Tabela 9, temos a pastagem como a classe predominante dentro da BHRP de acordo com a Figura 50.

Tabela 9: Uso e Cobertura da Terra nas AUR da BHRP - área absoluta e percentual

Classes	Área (km ²)	%
Pastagem	76,8	57,9
Mata	48,5	36,6
Silvicultura	4,9	3,7
Área Urbana	2,1	1,6
Solo Exposto	0,3	0,2

A classe pastagem, com 57,9 %, ocupa mais da metade de toda área da BHRP. Isso pode ser um fator para o aumento da criação de gado e, conseqüentemente, para o processo de pisoteio, o qual começa a gerar alguns pontos de erosão, haja vista que não há um manejo mais adequado.

A mata é a segunda maior classe, com 36,6 %, destacando-se áreas a montante e alguns fragmentos perto da cidade de Juiz de Fora. Alguns desses fragmentos de mata o produtor rural deixa como proteção, devido a leis ambientais constituindo as reservas legais declaradas no CAR.

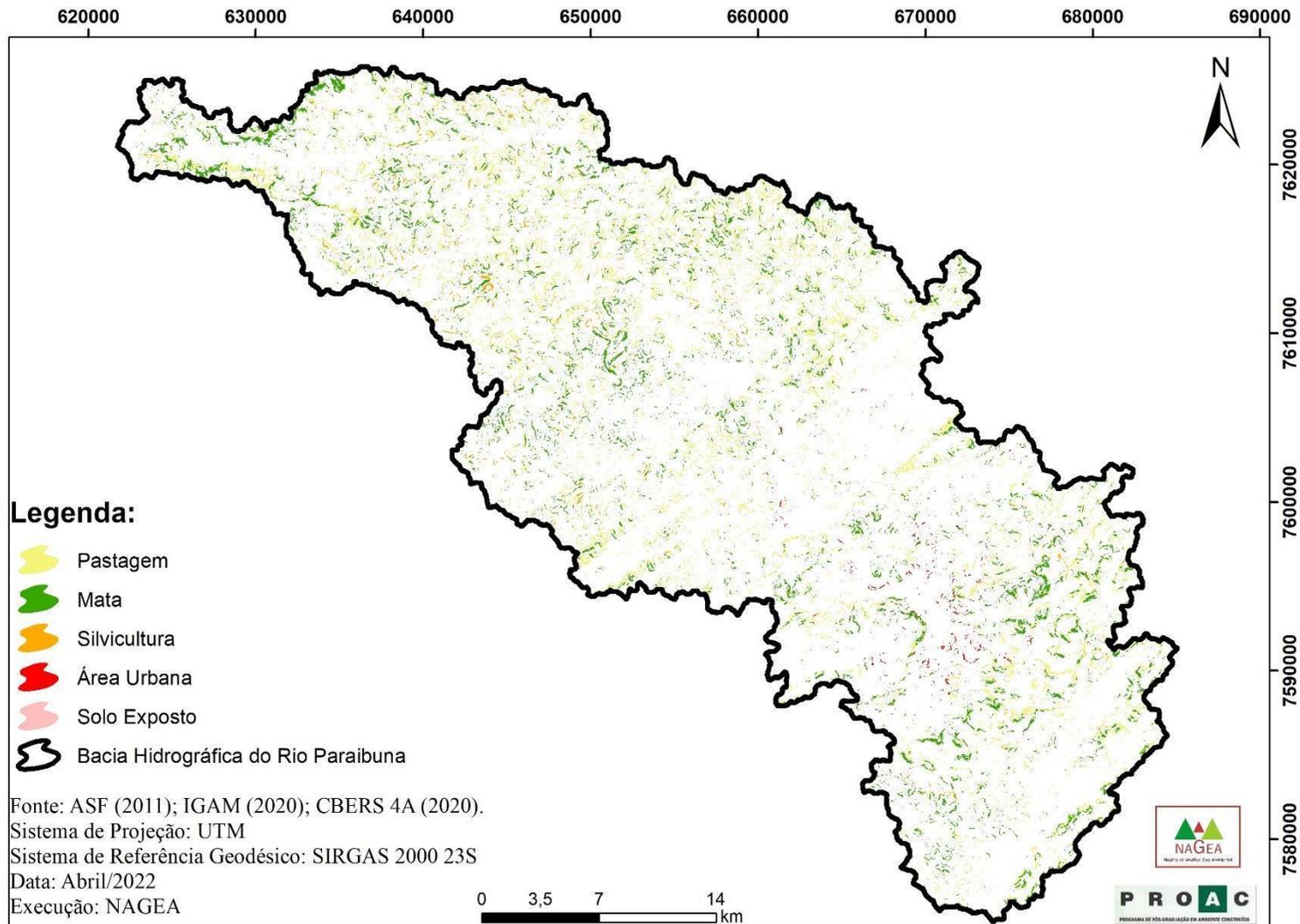
A terceira classe predominante da BHRP é a silvicultura, a qual tende a sofrer um manejo com a pastagem para o gado ou mesmo algum outro tipo de cultura agrícola.

A classe de urbanização é a quarta de maior predominância, destacando-se a ocupação urbana de Juiz de Fora e Matias Barbosa dentro dessa faixa de declividade.

O solo exposto das AUR dentro da BHRP está relacionado a algumas regiões onde a plantação de silvicultura teve sua colheita; áreas com início de um processo erosivo onde possa ter ocorrido o pisoteio do gado ou a remoção da vegetação do solo; e também de algumas áreas

na área urbana nas quais possa estar ocorrendo o processo de urbanização dentro dessa parte de declividade, como é o caso do condomínio Estrela Alta, que ocupa uma faixa da AUR.

Figura 50: Uso e Cobertura da Terra nas AUR



4.5 MAPEAMENTO DE FRAGILIDADE

O mapeamento de fragilidade ambiental, conforme a Figura 51, trouxe as 3 classes descritas por Ross (1994): fraca, moderada e forte. As classes muito fraca e muito forte não foram identificadas quando ocorreram as sobreposições dos mapas-base.

De acordo com o mapeamento de fragilidade, aproximadamente 86,34% classificam-se como de fragilidade moderada, 10,47 % como de fragilidade forte e 3,19 % como de fragilidade fraca (Tabela 10).

Tabela 10: Resultado do Mapeamento da Fragilidade Ambiental da BHRP – Porcentagem e Área Absoluta

Classes	Grau	Área (km ²)	%
Fragilidade Fraca	2	40,14	3,19
Fragilidade Moderada	3	1085,09	86,34
Fragilidade Forte	4	131,52	10,47

Fonte: Próprio autor

A questão de a BHRP estar predominantemente numa fragilidade moderada está relacionada a alguns fatores, como ao domínio da classe pastagem dentro da bacia hidrográfica. A pastagem, de acordo com Anjinho et al. (2021), é um fator que, somado à declividade mais suave nessas regiões, tende a criar uma fragilidade moderada.

Degrande e Bortoluzzi (2020) descrevem que fragilidade moderada pode ser inseridas em regiões onde ocorre “Cultivo de ciclo longo em curvas de nível/ terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas, pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucalipto com sub-bosque de nativas; com Latossolo Vermelho-amarelo textura média/argilosa e Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março”. Coincide com o que se encontra nessa região, com algumas dessas características.

A fragilidade forte que aparece na BHRP está diretamente ligada à declividade e a áreas urbanas. Ela tem destaque no alto curso da bacia hidrográfica, combinando declividade com o tipo de solo, que é um cambissolo húmico o qual tem como característica estar associado

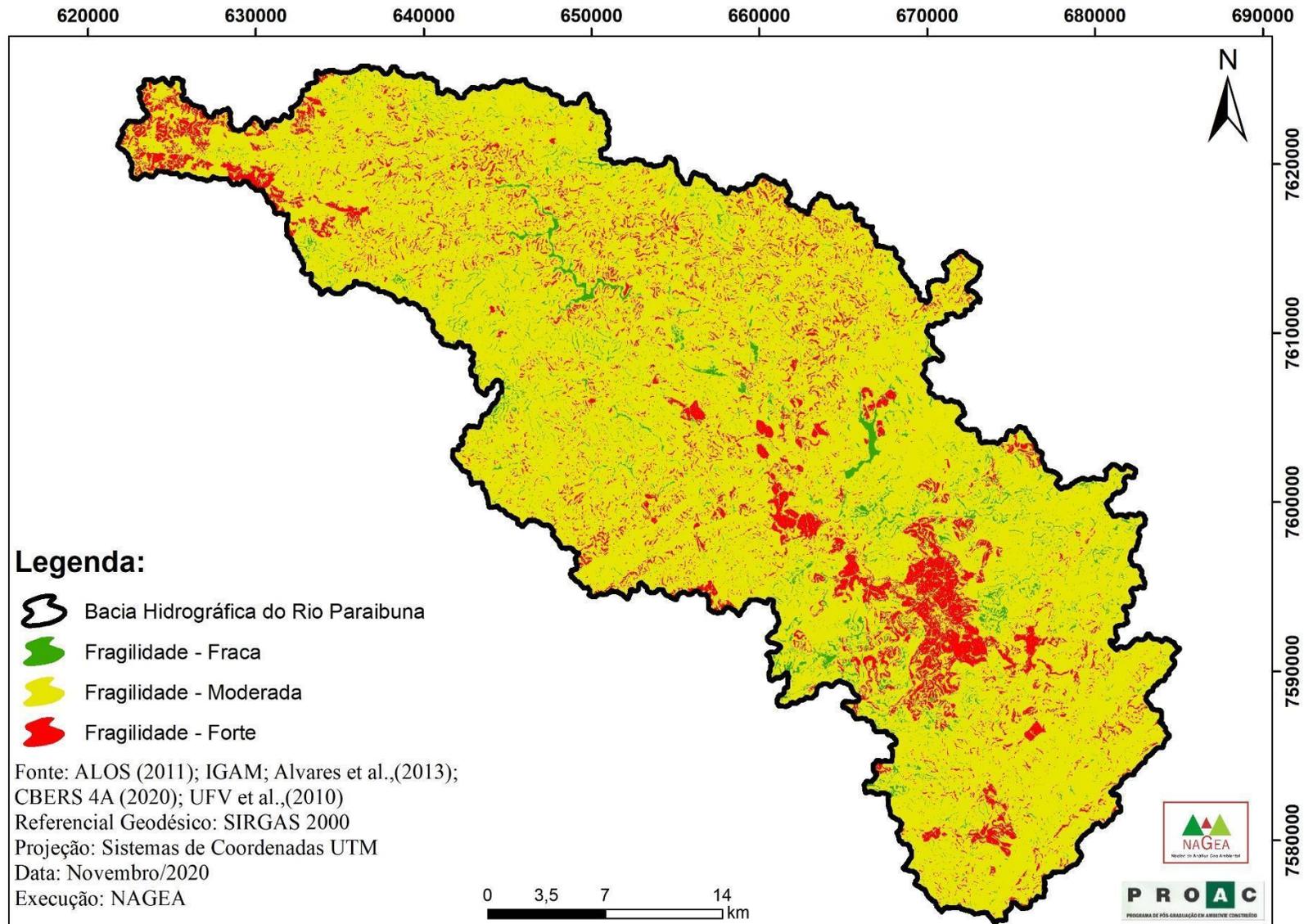
a a relevos normalmente íngremes e são considerados mais instáveis perante as intervenções antrópicas (Calderano Filho *et al.*, 2018).

O restante da fragilidade forte está nas regiões urbanas com alto índice de urbanização, junto a questões de ocupação desordenada do uso do solo e dos altos índices de pluviosidade que ocorrem em determinadas épocas, criando uma região de grande fragilidade.

As classes muito fraca e muito forte não apareceram quando se faz a sobreposição dos mapas bases para gerar o mapa de fragilidade. A não ocorrência dessas classes está ligada diretamente às classes bases utilizadas para gerar o mapa de fragilidade ambiental. De acordo com Degrande e Bortoluzzi (2020), a fragilidade muito fraca está ligada diretamente a características de uma declividade mais suave, com solos tipo latossolos vermelhos escuro e vermelho com textura mais argilosa junto a um uso e cobertura da terra com florestas e matas ciliares e um regime chuvoso mais regular que não passe de 1000 mm/ano. Essas características concomitantes não são encontradas na BHRP.

Já a classe muito forte, segundo Degrande e Bortoluzzi (2020), é caracterizada por região de alta declividade, com solos muito rasos, presença de afloramentos rochosos, uso e cobertura da terra de regiões desmatadas, solo exposto, queimadas recentes, culturas de ciclo curtos sem práticas conservacionistas e um regime pluviométrico regular ou não que ultrapasse 2500 mm/ano. Novamente, essas características concomitantes não são encontradas na BHRP. Nas regiões de maior declividade, a mata e a pastagem ainda são predominantes, tendo urbanização na região da cidade de Juiz de Fora- MG. Contudo, não podemos desconsiderar que as classes moderada e forte têm sua importância e influência nas características dos mapas-base utilizados para gerar a fragilidade ambiental da BHRP.

Figura 51: Fragilidade Ambiental da BHRP



4.6 ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA FINS AGROPECUÁRIOS

As Zonas de Restrições Legais correspondem às APP e às áreas de vegetação natural. A inclusão da vegetação está ligada ao fato de a BHRP ter como característica menos regiões de mata e a necessidade de se proteger o que ainda resta de fragmentos.

A Zona Produtiva Rural foi dividida em três categorias quanto ao grau de restrição do meio físico à ocupação. A classe definida como de baixa restrição corresponde a áreas na BHRP onde a declividade é inferior a 8% e classificadas como áreas de muito baixo potencial natural à perda de solo e fragilidade ambiental. No entanto, a baixa restrição à ocupação agropecuária não isenta a necessidade da utilização de técnicas conservacionistas e a correção da fertilidade dos solos. Por mais que sejam regiões de latossolos vermelhos–amarelo distrófico, um solo profundo, ele tende a ter algumas deficiências de fósforo ou mesmo de quantidade de água, criando essa necessidade de adubação e irrigação (EMBRAPA, s.d).

As áreas correspondentes ao médio grau de restrição à exploração constituem-se áreas de baixo a médio potencial à erosão e à fragilidade ambiental, apresentando declividades entre 6 e 20%. São áreas que abrangem 80% da BHRP. O solo é praticamente todo latossolo vermelho amarelo distrófico, que é também das regiões de baixa restrição e de latossolo amarelo distrófico que têm como característica textura mais argilosa e muito argilosa, bem como elevada coesão dos solos. Isso torna extremamente difícil na fase seca, sendo um solo mais propício à pastagem ou algumas culturas mais específicas como eucalipto (EMBRAPA, s.d).

As Zonas Produtivas Rurais enquadradas na modalidade de alta restrição compreendem as áreas mais sensíveis à ocupação, porém, podem ser exploradas. Elas caracterizam-se por apresentarem declividades superiores a 20%, elevados graus de fragilidade ambiental e potencial natural à erosão, os quais são classificados entre médio a muito forte. Além das acentuadas declividades, as quais impedem o emprego da mecanização agrícola nessas áreas, coincidindo com áreas de APP que tenham algum tipo de fragmento de vegetação nativa ou mesmo em que o solo não tende a proporcionar nenhuma vantagem para produção agrícola (EMBRAPA, s.d).

Dentro da BHRP, essas zonas de alta restrição têm forte influência da declividade, principalmente acima de 100% ou no limite, além de alguns fragmentos de mata no alto curso da bacia hidrográfica onde se encontra a nascente do Rio Paraibuna. O solo das regiões de alta restrição tem uma predominância do cambissolo húmico distrófico, cuja característica é de um horizonte A rico em matéria orgânica associado a altitudes elevadas. Depois desse horizonte de

matéria orgânica, tende a vir um solo ainda em formação com cascalho e pedregosidades, dificultando o uso para agricultura (EMBRAPA, s.d).

Isso traz as áreas de uso restrito numa função de produção maior de algumas culturas agrícolas para a subsistência do produtor rural, bem como do cultivo de pastagem com silviculturas, que são os SAFs e o gado, já que é a produção maior.

A zona urbana hoje, na BHRP, é composta por Juiz de Fora - MG e Matias Barbosa – MG, sendo que Juiz de Fora é a que mais contribui e Matias Barbosa quase encosta na mancha de expansão de Juiz de Fora na parte sul da bacia hidrográfica. O que vemos hoje na cidade de Juiz de Fora é uma expansão urbana que já ocupou boa parte dos principais cursos d'água da cidade. À exceção dos fragmentos de mata dentro da cidade, todo o resto das APP está antropizado, destacando o avanço urbano nas margens de córregos e encostas, gerando um grande impacto ambiental visto em épocas de chuvas na cidade.

A mancha urbana que vemos hoje é a estabelecida pelo Plano Diretor de Juiz de Fora de 2018. A parte sul da mancha urbana que segue o Rio Paraibuna sentido Matias Barbosa já é uma área urbana consolidada há anos, sendo que o avanço urbano nessa região caminha para a conurbação com a cidade de Matias Barbosa. Devido às questões de declividade ou mesmo de fragilidade ambiental, esta seria a melhor região para a expansão ordenada. Entretanto, a mancha propõe um avanço urbano a montante da BHRP, onde a região tende a ficar mais ondulada e a fragilidade tende a ser maior devido aos fatores ambientais, chegando quase no limite municipal da cidade de Juiz de Fora com Santos Dumont, afetando a preservação ambiental e ao mesmo tempo influenciando nas pressões ambientais em regiões atualmente rurais. Um exemplo contundente é a Represa de Chapéu D'Uvas num modo de exploração que hoje os municípios de Santos Dumont e Ewbank da Câmara estão fazendo, levando a mancha urbana de seus municípios para aquela região. Visto isso, as regiões urbanas dentro da BHRP deveriam seguir sua expansão ordenada mais a jusante da bacia hidrográfica, onde a influência do relevo tende a diminuir. Não é o que está acontecendo.

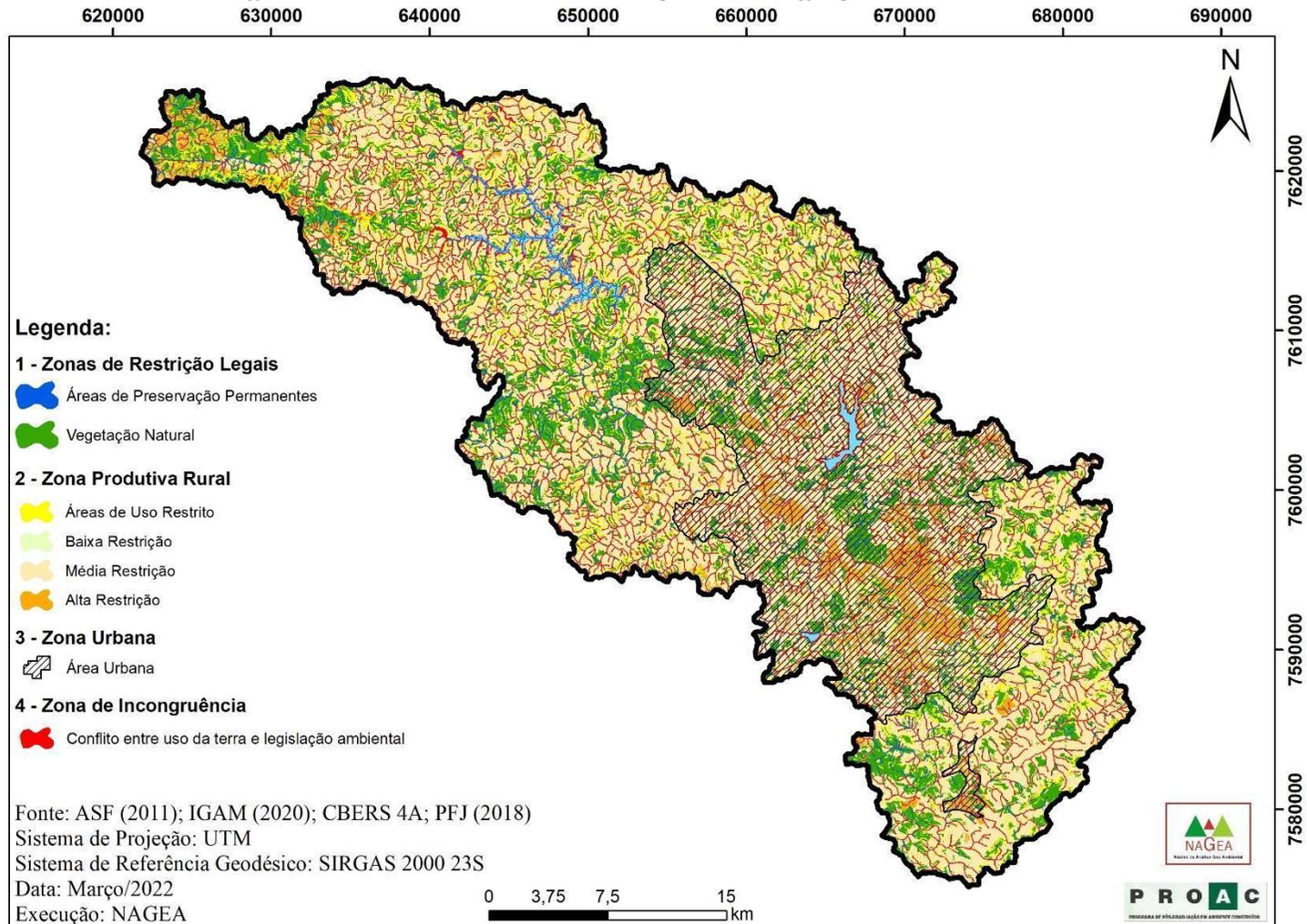
A chamada Zona de Incongruência originou-se basicamente da combinação do mapa de legislação ambiental com o de uso e cobertura da terra simplificado, ou seja, apontando somente as áreas de vegetação natural e as de uso antrópico, que seria o resto das classes tirando os corpos d'água.

A Zona de Incongruência equivale exatamente às áreas de utilização ilegal da terra, caracterizadas pela exploração de áreas de preservação permanente, as quais deveriam

permanecer preservadas segundo a legislação ambiental. O problema principal reside no fato de se tratar de unidades ecodinâmicas extremamente frágeis e, portanto, que exigem medidas de recuperação. Constituem-se de matas ciliares, áreas de nascentes, represas e topos de morros com elevadas inclinações.

Hoje na BHRP vemos a pastagem sendo a maior classe predominante dentro das áreas de APP. Há a preocupação de como o ecossistema daquele local vai suportar as ações do homem ao longo do tempo. A importância de se preservar as áreas de APP é o equilíbrio para que se possa usar e manejar o solo ao longo de muito tempo e sem trazer nenhum tipo de problema que atrapalhe a produção agrícola, além das gerações futuras.

Figura 52: Zoneamento Ambiental para fins Agropecuários da BHRP

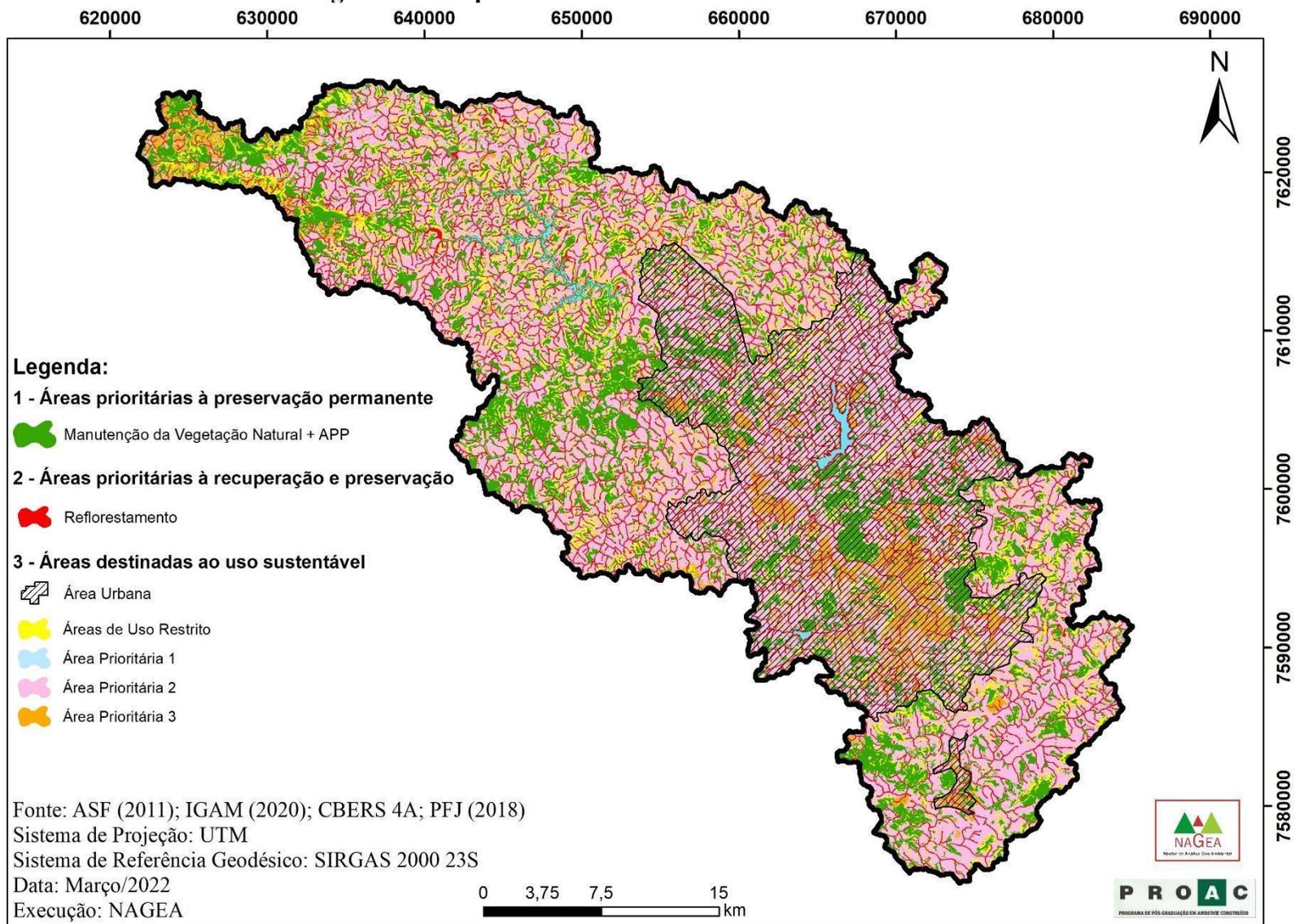


4.6.1 Mapa de ordenamento físico-territorial

O mapa de ordenamento físico-territorial da BHRP, da Figura 53, é caracterizado como um documento síntese das análises ambientais realizadas na área de estudo e propõe diretrizes para uma utilização sustentável a partir de recomendações sugeridas. As indicações feitas estão pautadas principalmente em informações presentes no mapa de zoneamento ambiental, mapa de legislação ambiental, mapa de uso e cobertura da terra e fragilidade ambiental.

As informações presentes no mapa de ordenamento territorial apontam, de modo geral, três tipos de recomendações: áreas prioritárias à preservação permanente, áreas prioritárias à recuperação e preservação e áreas destinadas ao uso sustentável.

Figura 53: Mapa de ordenamento físico-territorial da BHRP



a) Áreas prioritárias à preservação permanente: são as classes mapeadas como APP e áreas remanescentes de vegetação natural, já que se trata de uma área com fortes ações antrópicas e com alta susceptibilidade à erosão. Segundo o Novo Código Florestal Brasileiro (2012), a manutenção da vegetação para atenuação dos processos erosivos deve ser efetuada. Toda essa área indicada como prioritária à preservação permanente está sobre as áreas de moderada fragilidade ambiental, e sua manutenção é de extrema importância para a estabilidade ecológica da região. Um dos maiores desafios em relação ao estabelecimento desta zona é a sua manutenção, pautada numa fiscalização que deverá ser mais efetiva, sobretudo com os avanços tecnológicos apoiados nas geotecnologias, incluindo o monitoramento via satélite, ou mesmo *in loco*, já que o avanço nessa região está em um crescente preocupante.

b) Áreas prioritárias à recuperação e preservação: correspondem exatamente à zona de incongruência entre o uso e cobertura da terra e as APP, que são ambientes delicados, muito frágeis e com elevado potencial natural à perda de solos. Estas áreas caracterizam-se como de ocupação ilegal, portanto, evidenciam crimes ambientais, como o desmatamento de matas ciliares. A recomendação dada para recuperação e preservação desses ambientes é restringir totalmente o uso antrópico e realizar o replantio de espécies nativas da região. Deveriam ser áreas-alvo de programas de regularização ambiental, compensação ambiental, termos de ajustamento de conduta, áreas recuperadas por produtores que não têm reserva legal em suas propriedades.

c) Áreas destinadas ao uso sustentável: foram indicadas a partir dos graus de restrição à utilização das zonas produtivas propostas no mapa de zoneamento ambiental. Foram definidas 3 áreas prioritárias e as áreas de uso restrito, nas quais são destrinchadas que tipos de ações agropecuárias são melhores para cada região dentro das informações que obtivemos do zoneamento ambiental.

O quadro a seguir vem categorizar as melhores ações de manejo do solo da BHRP, de acordo com cada área prioritária.

Áreas prioritárias à preservação permanente e recuperação

Figura A: Loteamento Balneário Reservas do Lago Chapéu D'Uvas



Figura B: Loteamento a montante da Represa de Chapéu D'Uvas



Dentro da BHRP, essas áreas de proteção englobam principalmente as áreas nas quais ainda restam alguns fragmentos de mata e também em regiões onde a APP é importante para o equilíbrio ecológico, como na APP de reservatório de Chapéu D'Uvas. Conforme as figuras A e B, o que vemos é o avanço da urbanização nas margens não respeitando nem a faixa até a cota 746 m, que foi desapropriada pela União.

Os fragmentos de mata, principalmente a montante onde está a nascente do Rio Paraibuna, são outras áreas de grande importância para que se ocorra a proteção, já que a nascente principal do Rio Paraibuna está localizada nessa região em que ainda existem fragmentos grandes de mata e também uma declividade alta, que ajuda na sua preservação, conforme Figura C.

Devemos destacar todos fragmentos de mata presentes da BHRP, principalmente os situados dentro da área urbana de Juiz de Fora, devido aos serviços ambientais prestados diretamente e indiretamente.

As áreas de recuperação coincidem com as áreas de APP. A pastagem é a classe predominante dentro das APP da BHRP, sendo que o produtor rural necessita, de acordo com o novo Código Florestal, ter uma faixa mínima de proteção.

Devemos fazer uma ressalva para APP de reservatório, que já foi discutida várias vezes no texto, já que existe uma diferença de APP de reservatório para as represas que estão dentro do município de Juiz de Fora e para a Represa de Chapéu D'Uvas.

Deve-se respeitar, principalmente em Chapéu D'Uvas, o limite entre o nível da água e a cota 746 m. Já as represas dentro de Juiz de Fora têm lei específica, que define 100 metros de APP de reservatório, principalmente na Represa Dr. João Penido, já que ainda existe uma parte rural que não se vê na Represa de São Pedro conforme a Figura D. No caso desta última, aplicam-se os 30 m.

Figura C: Fragmentos de mata na região da nascente do Rio Paraibuna

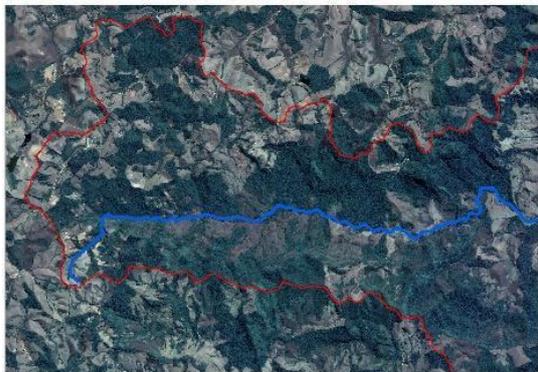
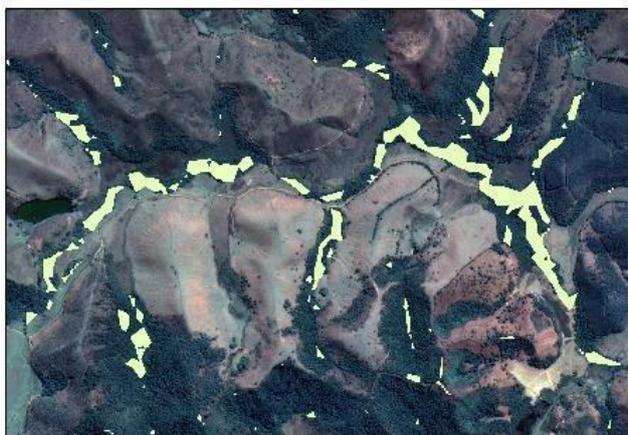


Figura D: Propriedades rurais retiradas do CAR na região da represa Dr. João Penido



Área prioritária 1

Figura E: Área na região da BHRP em que a área prioritária 1 pode ser implementada.



As áreas prioritárias 1 estão relacionadas a locais de baixa fragilidade e declividade, são regiões mais planas dentro da BHRP, de acordo com a Tabela 10, a fragilidade baixa é a menor área dentro da bacia hidrográfica.

Como modo de implementação de algum manejo agrícola, as melhores ações seriam utilização de adubação verde; roçada; cobertura morta; preparo primário do solo com rolo faca; integração lavoura-pecuária sob PDP e sistema de pastejo rotacionado. Devido a ser uma região onde a produção de gado de corte e leite é predominante, ações conservacionistas para essa prática também são de grande importância. A figura E apresenta locais dentro da BHRP que representam essas áreas prioritárias 1.

Área prioritária 2 e Área de uso restrito

Figura F: Área de pastagem com início de degradação do solo.



Figura G: Área de pastagem

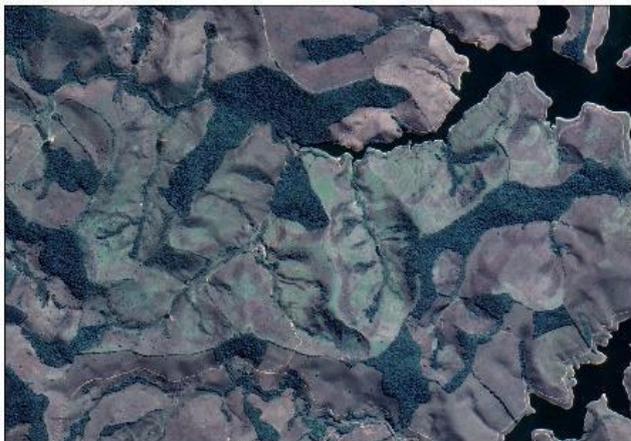
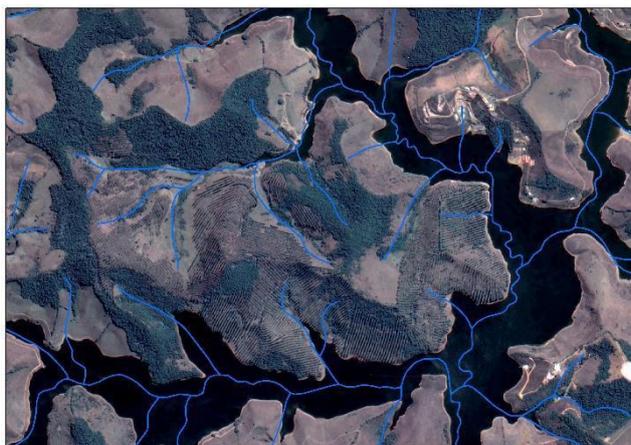


Figura H: Área de plantação de silvicultura em áreas de APP.



A área prioritária 2 é predominante na BHRP, sendo mais de 80%. É recomendada a utilização agropecuária, já que vemos na descrição da bacia hidrográfica que gado de leite e corte é o que mais se desenvolve na região, com o cultivo de pastagens para exploração da pecuária de corte e de leite, além do cultivo de culturas perenes que requeiram um baixo grau de mecanização.

Já que a pastagem é predominante na BHRP, a plantação da brachiaria renderia provavelmente mais aos produtores e melhoraria as condições ambientais, aumentando naturalmente a quantidade de matéria orgânica nos solos. Entretanto, o manejo inadequado da terra e a alta pressão de pastejo determinam o seu esgotamento em poucos anos de uso, sendo muitas áreas posteriormente abandonadas. (Bacani e Luchiani, 2014).

Nesse sentido, as áreas recomendadas à utilização pecuária devem respeitar, além dos limites adequados de suporte de cabeças por hectare, os cuidados com as matas ciliares e os remanescentes florestais. Caso contrário, ocorrerá uma forte degradação marcada pela presença de incisões erosivas lineares, voçorocas, assoreamento e secas de cursos d'água.

São vistas, nas figuras F e G, respectivamente, uma região em que o solo está começando a ficar exposto devido ao manejo ruim daquela região, e uma outra em que a uma região de pastagem característica da área prioritário 2, onde se tem fragmentos de matas e uma represa que deve se respeitar a proteção mínima exigida por lei, e assim acaba se limitando o manejo, por mais que seja uma pastagem que favoreça o gado.

Como é uma região na qual tem-se como característica um relevo de mares de morros, com algumas poucas regiões planas, manejos conservacionistas são mais adequados, já que vão ajudar na diminuição da degradação do solo.

Sendo assim, engloba-se também nessa parte as Áreas de Uso Restrito, já que vamos tratar de uma região que vai compreender tanto regiões com declividade um pouco inferior como também as declividades que estão as AUR.

A proposta do Plantio Direto na Palha (PDP) seria um manejo conservacionista de grande uso e de

Figura I: Área de plantação de silvicultura onde a implementação do SAF seria adequada.



Figura J: Área de plantação de silvicultura onde há um espaçamento adequado para implementação do SAF.



fácil implementação nas áreas de pastagem para gado de corte e de leite; ou o manejo de plantio em nível. Uma das ações mais importantes desse manejo é a prevenção de erosões.

Os terraceamentos são práticas que também podem ser implementadas nessa região. Ribeiro (2012) traz, em seu trabalho sobre a BCRC, que existem vários terraceamentos nas regiões perto do espelho d'água da represa, entretanto, alguns são construídos de modo errado, gerando algum tipo de perigo para o produtor rural se houver rompimento.

A introdução dos terraceamentos tem que vir com outras práticas conservacionistas indicadas para essa região, como o plantio em nível, a rotação de culturas, o controle de queimadas, a manutenção da cobertura do solo.

O pastejo rotacionado pode ser também introduzido nessa região, ainda mais porque o pisoteio do gado e uma pastagem mais degradada, quase chegando a solo exposto, pode criar regiões de erosão. Fazer a rotação do pasto em áreas de maior declividade também é importante.

Outro manejo de grande importância para a BHRP, e que é evidente principalmente na região da bacia hidrográfica de contribuição da represa de Chapéu D'Uvas, é a silvicultura, por mais que ela seja em sua maioria introduzida sozinha na bacia hidrográfica, recomenda-se a implementação dela no modelo do SAF, principalmente nas AUR em que o manejo de outras culturas fica inviável, principalmente pela declividade.

O SAF é um manejo que pode se destacar na região da BHRP, já que o censo rural de 2017 destaca a produção de gado de leite e corte como a principal produção rural. Devemos destacar a importância de se ter o manejo correto, com a proteção das APP, já que uma boa parte da produção de silvicultura está nas margens do espelho d'água da represa de Chapéu D'Uvas. De acordo com Ferreira *et al.* (2016); Márquez *et al.* (2016) Graça *et al.* (2002) é importante a preservação das matas ciliares nos cursos d'águas, e não sua substituição por plantações de eucalipto, já que as pesquisas mostram a influência negativa na decomposição da

serapilheira quando o eucalipto está às margens dos cursos d'água e não a vegetação nativa.

As Figuras H e I mostram áreas onde existem áreas de plantação de silvicultura perto dos cursos d'água e áreas onde sua implementação é mais adequada. Na figura H, a plantação de silvicultura está perto do espelho d'água da represa e perto de cursos d'água, sendo mais adequada a proteção das margens com vegetação nativa. Na Figura I, a plantação de silvicultura está nas regiões de maior declividade, tendo a proteção da APP dos cursos d'água o eucalipto pode ser introduzido junto com a criação de gado no modelo de SAF. A Figura J retrata um modelo de plantação de silvicultura em que há um espaçamento para que o manejo seja implementado no SAF. Nestes casos é necessário um espaço entre as linhas das plantações para que ocorra o pastejo do gado.

Área prioritária 3

Figura K: Região classificada como área prioritária 3.



A área prioritária 3 tem como característica as áreas urbanas de Juiz de Fora e Matias Barbosa e em áreas de maior declividade. O avanço do manejo do solo fica bem limitado principalmente nas regiões de alta declividade, já que até mesmo as práticas conservacionistas são dificultadas.

Outra região de área prioritária 3 é o alto curso da BHRP, na qual está a nascente do Rio Paraibuna. O conflito de estradas com água se repete nesta parte da bacia hidrográfica onde existe uma rodovia passando. Existem algumas áreas de solo exposto que indicam que houve algum manejo de solo extensivo, indicando a necessidade de um manejo mais conservacionista, que não crie um impacto grande nessa região. A Figura K representa como é essa região classificada como área prioritária 3.

Outra região classificada como área prioritária 3, é nas áreas de mancha urbana, para as questões de

manejo, a região onde está a represa Dr João Penido é uma área que ainda se persiste propriedades rurais, por mais que ao longo do espelho d'água da represa a mancha urbana já tenha tomado. Nessa região vemos algumas produções de silvicultura como a Figura J e se tem a produção de gado de corte e leite. Essa poderia ser uma região em que o manejo conservacionista poderia ser implementado.

Devemos dar um destaque para a mancha urbana, que foi aprovada junto ao o último plano diretor da cidade de Juiz de Fora, por mais que não seja uma ação que envolva diretamente as questões agrícolas, ela impacta a produção rural. Se o que está sendo proposto é o avanço a montante da BHRP, esta Dissertação indica como melhor solução o avanço para regiões sul, leste e oeste da bacia hidrográfica. Nas áreas ao norte, os produtores rurais serão pressionados e a represa de Chapéu D'Uvas com ocupação desordenada, já que o produtor rural pode ser seduzido pela especulação imobiliária a se desfazer de suas terras para o avanço urbano.

5 CONCLUSÃO

A partir da combinação de elementos do meio físico – como solo, relevo, declividade, pluviosidade, uso e cobertura da terra – e da legislação ambiental e de técnicas de geoprocessamento, a metodologia proposta para o zoneamento ambiental da BHRP resultou num importante modelo de subsídio para o ordenamento territorial rural para fins agropecuários.

As diretrizes formadas a partir desse zoneamento ambiental chegaram às seguintes indicações:

Nas áreas de preservação permanente e dos fragmentos de mata nativa ainda existentes, há necessidade de uma fiscalização maior devido à pressão antrópica. Os produtores rurais são obrigados a fazer o CAR – Cadastramento Ambiental Rural, uma ferramenta que os órgãos governamentais poderiam utilizar para fiscalizar as APP e reservas legais que ainda existem.

As áreas de conflito entre a APP e o uso e cobertura da terra deveriam ter o incentivo dos órgãos governamentais para sua recuperação, principalmente nas regiões em que se tem as represas de abastecimento e nos cursos d'águas e nascentes, onde foi constatado um maior avanço da pastagem em relação à mata. Um destaque nesse sentido é a Represa de Chapéu D'Uvas, onde o avanço da urbanização acontece entre o nível da água e a cota 746 m, que foi desapropriada pela União. A construção de piers individuais e garagens para as embarcações tem colocado essa faixa em risco. A ilegalidade acontece sem intervenção dos tomadores de decisão.

Recomenda-se incentivar, nas áreas prioritárias 1 e 2, o manejo conservacionista como uma possibilidade mais viável devido às questões ambientais da região, como o pastejo rotacional e o SAF, onde podemos incentivar a produção da silvicultura que é vista na bacia hidrográfica com a produção de gado. Mas, isto, atentando à importância de se preservar as matas ciliares dos cursos d'águas e de não substituí-las por plantações de pinus, como é visto em algumas partes da BHRP.

Na área prioritária 3, propõe-se alguns manejos conservacionistas devido a sua característica de maior declividade e também à importância de preservação de alguns fragmentos de matas que se tem em algumas dessas áreas, principalmente no alto curso da BHRP, onde se localiza a nascente do Rio Paraibuna.

Tudo que foi proposto e mostrado a partir dos mapas e das discussões do zoneamento ambiental só será concretizado se o poder público, como agente que leva a informação e ajuda aos produtores rurais, tomar a iniciativa de ajudar e demonstrar a eles a importância dessas ações dentro de suas propriedades, como modo de preservar e ter uma produção agropecuária sustentável e viável para essa e para as novas gerações. Já que ainda não é visto na BHRP um avanço tão grande das expansões agropecuárias, o que, ao longo dos anos, foi desmatando a região foram ações do homem, como modo de expansão urbana ou rural.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SÁBER, A. N. O domínio dos mares de morros no Brasil. **Geomorfologia** 2, IGEOG-USP, São Paulo, 1970.
- _____. Do Código Florestal para o Código da Biodiversidade. **Biota Neotrópica**, Campinas, v. 10, n. 4, p. 331-335, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bn/a/Ptb5ZQRbLRFZ6WGkBNRyK3F/?lang=pt>. Acesso em: 01 nov. 2020.
- ABADIAS, I. M; FONSECA, P. R. B; BARBOSA, C. H. Manejo da pecuária: uma análise sobre impactos ambientais. **Educamazônia**, Humaitá, v. 25 , n. 1, p. 113-125, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufam.edu.br/index.php/educamazonia/article/view/7669/5366>. Acesso em: 22 abr. 2022.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil?af=crossref. Acesso em: 22 abr. 2022.
- AMARAL, P. H. M. *et al.* Effect of eucalyptus plantations on the taxonomic and functional structure of aquatic insect assemblages in Neotropical springs. **Studies On Neotropical Fauna And Environment**, v. 1, p. 1-12, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/350070247_Effect_of_eucalyptus_plantations_on_the_taxonomic_and_functional_structure_of_aquatic_insect_assemblages_in_Neotropical_springs. Acesso em: 22 abr. 2022.
- ANJINHO, P. S *et al.* Environmental fragility analysis in reservoir drainage basin land use planning: A Brazilian basin case study. **Land Use Policy**, v. 100, p. 104946, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/land-use-policy/vol/100/suppl/C>. Acesso em: 22 abr. 2022.
- ARAÚJO, R. F; MATRICARDI, E. A. T; NAPPO, M. E. Zoneamento ecológico de pequena escala para espécies florestais tradicionais no Distrito Federal. **Floresta**, Curitiba, v. 42, n. 2, p. 421-430, 2012. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/19570>. Acesso em: 22 abr. 2022.
- AZEVEDO, T. R. de. *et al.* **Relatório Anual de Desmatamento 2019**. MapBiomias, 2019, Disponível em: <http://alerta.mapbiomas.org>. Acesso em: 01 de nov. 2020.
- BACANI, V. M; LUCHIARI, A. Geoprocessamento aplicado ao zoneamento ambiental da bacia do alto rio Coxim-MS. **GEOUSP – Espaço e Tempo (Online)**, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 184-197, 2014. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/81098/84738>. Acesso em: 22 abr. 2022.
- BECKER, B. K.; EGLER, C. A. G. Detalhamento da metodologia para execução do zoneamento ecológico-econômico pelos estados da Amazônia Legal. Brasília, DF: **Ministério do Meio Ambiente**, 1997. 43 p. Disponível em: https://smastr16.blob.core.windows.net/portalezee/2016/12/BECKER_EGLER_Metodologia-ZEE-Amazonia-Legal.pdf. Acesso em: 22 abr. 2022.
- BARRETO, M. **Planejamento e organização em turismo**. Campinas: Papirus, 2000.
- BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

BRANCALION, P. H.S *et al.* Análise crítica da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (2012), que substituiu o antigo Código Florestal: atualizações e ações em curso. **Natureza & Conservação**, v. 14, n. 1, p. e1-e16, 2016. Disponível em:

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1679007316300032?token=FBD6606222AA5F6989B238A8E50C147057CEBE53436CEEA46814F38980C12A30A7BE86EB7151642A78E6A0ED73BC3027&originRegion=us-east-1&originCreation=20220823232953>. Acesso em: 22 abr. 2022.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Presidência da República [2020]. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.html. Acesso em: 25 out. 2020.

_____. Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934. Aprova o código florestal. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 23 jan. 1934. Disponível em:

<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/1930-1939/decreto-23793-23-janeiro-1934-498279-publicacaooriginal-78167-pe.html>. Acesso em: 22 abr. 2022.

_____. Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa[...]. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 25 mai 2012. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm. Acesso em: 22 abr. 2022.

_____. Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental[...]. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 17 de outubro de 2012. Disponível

em:http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm. Acesso em 28 out. 2020.

_____. Lei nº 6.001, de 19 de Dezembro de 1973. Dispõe sobre o Estatuto do Índio. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 19 de dezembro de 1973. Disponível

em:http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6001.htm. Acesso em: 28 out. 2020.

_____. Lei nº 12.727 de 17 de outubro de 2012. Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa[...]. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 17 de outubro de 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112727.htm. Acesso em: 22 abr. 2022.

_____. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 18 de julho de 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm. Acesso em: 28 out. 2020.

_____. Resolução nº 4.276, de 31 de outubro de 2013. Altera condições do Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (Proagro) e atualiza as faixas de renda para classificação de produtores rurais. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 31 out. 2013. Disponível em:

https://www.bcb.gov.br/pre/normativos/busca/downloadNormativo.asp?arquivo=/Lists/Normativos/Attachments/48854/Res_4276_v1_O.pdf. Acesso em: 28 out. 2020.

_____. Decreto nº 6.288, de 6 de dezembro de 2007. Dá nova redação ao art. 6º e acresce os arts. 6-A, 6-B, 6-C, 13-A e 21-A ao Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 6 dez. 2007. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6288.htm#:~:text=%E2%80%9CArt.,priorit%C3%A1rios%20estabelecidos%20pelo%20Governo%20Federal. Acesso em: 22 abr. 2022.

_____. Decreto nº 8.235, de 5 de maio de 2014. Estabelece normas gerais complementares

aos Programas de Regularização Ambiental dos Estados e do Distrito Federal, de que trata o Decreto nº 7.830, de 17 de outubro de 2012, institui o Programa Mais Ambiente Brasil, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 5 maio 2014. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/_Ato2011-2014/2014/Decreto/D8235.htm. Acesso em: 28 out. 2020.

_____. Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 15 set. 1965.

_____. Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.

Diário Oficial da União. Brasília, DF, 2 set 1981. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm#:~:text=LEI%20N%C2%BA%206.938%2C%20DE%2031%20DE%20AGOSTO%20DE%201981&text=Disp%C3%B5e%20sobre%20a%20Pol%C3%ADtica%20Nacional,Lei%2C%20com%20fundamento%20no%20art.

Acesso em: 22 abr. 2022.

_____. MCT – Brazil. Ministry of Science and Technology. **General-coordination on global climate change. Second national communication of Brazil to the United Nations framework Convention on Climate Change**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 2010, 264p. Disponível em:

[http://euroclimaplus.org/intranet/_documentos/repositorio/Segunda%20Com%202010-ilovepdf-compressed%20\(1\).pdf](http://euroclimaplus.org/intranet/_documentos/repositorio/Segunda%20Com%202010-ilovepdf-compressed%20(1).pdf). Acesso em: 22 abr. 2022.

_____. Ministério das Minas e Energia. **Proposta metodológica para estudos integrados do potencial geoambiental em escalas de semi-detalhe**. Brasília, DF, 1984. 16 p. Projeto Radambrasil - Grupo de Estudos Integrados, coordenado por Teresa Cardoso da Silva.

_____. MMA - **Ministério do Meio Ambiente. Instrumentos de Planejamento**. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/planejamento-ambiental-urbano/instrumentos-de-planejamento>. Acesso em: 25 out. 2020.

_____. MMA - Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998.

Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 13 fev 1998. Disponível em:

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm. Acesso em: 22 abr. 2022.

BRAZ, A. M. *et al.* Manejo e capacidade de uso das terras aplicando geotecnologias na Bacia Hidrográfica do Córrego Lajeado Amarelo – Três Lagoas/MS. **Revista Cerrados**, Montes Claros/MG, v. 15, n. 1, p. 237- 264, jan / jun-2017. Disponível em:

<https://www.redalyc.org/journal/5769/576960997013/html/>. Acesso em: 22 abr. 2022.

BROWN, L. R. The world outlook for conventional agriculture: more emphasis is needed on farm price policy and plant research if future world food needs are to be met. **Science**, v. 158, n. 3801, p. 604-611, 1967.

CARNEIRO, J. S. S. *et al.* Agricultural potential of areas under pasture in southern Tocantins. **Journal of Bioenergy and Food Science**, v. 4, n. 1, p. 50-60, 2017. Disponível em: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20193193533>. Acesso em: 22 abr. 2022.

CARVALHO, A. T. F. Bacia hidrográfica como unidade de planejamento: discussão sobre os impactos da produção social na gestão de recursos hídricos no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, v. 1, n. 42, p. 140-161, 2020. Disponível em:

<https://revista.fct.unesp.br/index.php/cpg/article/view/6953/5482>. Acesso em: 22 abr 2022.

CASTRO, M. N.; CASTRO, R. M. SOUZA, P. C. A importância da mata ciliar no contexto da conservação do solo. **Revista Eletrônica de Educação da Faculdade Araguaia**, v. 4, n. 4, p. 230-241, 2013. Disponível em:

<http://www.faculdadearaguaia.edu.br/sipe/index.php/REVISTAUNIARAGUAIA/article/view/172#:~:text=A%20recomposi%C3%A7%C3%A3o%20das%20matas%20ciliares,alimenta%C3%A7%C3%A3o%20para%20a%20fauna%20local>. Acesso em: 22 abr. 2022.

CATI. Comissão Técnica de Conservação do Solo. **Boas Práticas em Conservação do Solo e da Água**. Coordenado por Mário Ivo Drugowich, Campinas, CATI, 2014. 38p. Disponível em: <https://www.cati.sp.gov.br/portal/themes/unify/arquivos/produtos-e-servicos/acervo-tecnico/PDF%20Boas%20Praticas%20-%20Completo.pdf>. Acesso em: 22 abr. 2022.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

COBRA, R. L. *et al.* Geoprocessamento aplicado ao levantamento e avaliação de solos: proposta de avaliação de terras para fins agrícolas no Município de Inconfidentes – MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 2, p. 397-411, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/237034>. Acesso em: 22 abr 2022.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DE MINAS GERAIS (CODEME). **Mapa geológico de Minas Gerais**. Belo Horizonte: CODEMGE, 2014. Disponível em: <http://www.codemge.com.br/atuacao/mineracao/mapeamento-geologico/>. Acesso em: 09 nov 2020.

CONYERS, D.; HILL, P. An introduction to development planning in the third world. **Public Administration and Development**, v. 4, n. 4, 1984. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pad.4230040416>. Acesso em: 22 abr. 2022.

COSME, A. M. F. *et al.* Cadastro ambiental rural: dos preceitos, conceitos, das definições a promulgação da Lei 12.651/2012. **GeoGraphos**, v. 10, n. 117, p. 149-178, 2019. Disponível em: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/92790>. Acesso em: 22 abr 2022.

CRUZ, B. B. *et al.* Environmental fragility framework for water supply systems: a case study in the Paulista Macro Metropolis area (SE Brazil). **Environmental Earth Sciences**, v. 76, n. 12, p. 1-13, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12665-017-6778-3>. Acesso em: 22 abr. 2022.

DALA-CORTE, R. B. *et al.* Revealing the pathways by which agricultural land-use affects stream fish communities in South Brazilian grasslands. **Freshwater Biology**, v. 61, n. 11, p. 1921-1934, 2016.

DEGRANDE, E. J. S; BORTOLUZZI, L. N. Análise da fragilidade ambiental potencial e emergente da Bacia Hidrográfica do Córrego da Onça em Presidente Prudente/SP. **Geografia em Questão**, v. 13, n. 3, 2020. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/22570>. Acesso em: 22 abr. 2022.

Duarte B. P. *et al.* Petrogenesis of the orthogneisses of the Mantiqueira Complex, Central Ribeira Belt, SE Brazil: An Archaean to Paleoproterozoic basement unit reworked during the Pan-African Orogeny. **Gondwana Research**, v. 7, n. 2, p. 437- 450, 2004. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/248564468_Petrogenesis_of_the_Orthogneisses_of_the_Mantiqueira_Complex_Central_Ribeira_Belt_SE_Brazil_An_Archaean_to_Palaeoproterozoic_Basement_Unit_Reworked_During_the_Pan-African_Orogeny. Acesso em: 22 abr. 2022.

DURAN, D. C. *et al.* The components of sustainable development - a possible approach. **Procedia Economics and Finance**, v. 26, p. 806-811, 2015. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212567115008497>. Acesso em: 05 out. 2020.

EBERT, H. Pesquisas geológicas na parte sudeste do Estado de Minas Gerais. In: _____. **Relatório Anual do Diretor**. Rio de Janeiro: DGM, 1955.

_____. A tectônica do sul do Estado de Minas Gerais e regiões adjacentes. In: _____. **Relatório Anual do Diretor**. Rio de Janeiro: DGM, 1956.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos**. Súmula da X reunião técnica de levantamento de solos. Rio de Janeiro: RJ, 83p., 1979.

ESRI. **ArcGIS Desktop: Release 10.2**. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute. 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Planning for sustainable use of land resources: Towards a new approach**. prepared by the Land and Water Development Division. Approved by FAO's Interdepartmental Working Group on Land Use Planning, 1995. Disponível em: <http://www.fao.org/3/v8047e/v8047e00.htm>. Acesso em: 02 set. 2020.

_____. **FAO statistical yearbook 2013: world food and agriculture**. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, p. 307, 2013. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i3107e/i3107e00.htm>. Acesso em: 09 nov 2020.

FELIX, E. S. *et al.* Simulação de diferentes coberturas e práticas de manejo na tolerância e perda de solo no município de Areia, Paraíba. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 22628-22642, 2019. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/4242>. Acesso em: 22 abr. 2022.

FERREIRA, V *et al.* A meta-analysis on the effects of changes in the composition of native forests on litter decomposition in streams. **Forest Ecology and Management**, v. 364, p. 27-38, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112716000037>. Acesso em: 22 abr. 2022.

FOLEY, J. A. *et al.* Global consequences of land use. **Science**, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1111772>. Acesso em: 22 abr. 2022.

FOLEY, J. A. *et al.* Solutions for a cultivated planet. **Nature**, v. 478, n. 7369, p. 337-342, 2011. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/nature10452>. Acesso em: 22 abr. 2022.

COSTA, A; GALVÃO, A; GONÇALVES, S. L. Mata Atlântica brasileira: análise do efeito de borda em fragmentos florestais remanescentes de um hotspot para conservação da biodiversidade. **Revista de Geografia, Meio Ambiente e Ensino**, v. 10, n. 1, p. 112-123, 2019. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/336777870>. Acesso em: 22 abr 2022.

GONÇALVES, J. L. M. *et al.* Integrating genetic and silvicultural strategies to minimize abiotic and biotic constraints in Brazilian eucalypt plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 301, p. 6–27, 2013. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037811271200761X>. Acesso em: 22 abr. 2022.

GONÇALVES, Franciele. **Interações entre o ambiente físico, uso e cobertura da terra e as características físicas e químicas no canal fluvial: a bacia hidrográfica do rio Santo Anastácio, Oeste Paulista (Dez. 2009 – Dez. 2010)**. 2011. 145 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/96743>. Acesso em: 22 abr. 2022.

GRAÇA, M. A.S *et al.* Effects of Eucalyptus plantations on detritus, decomposers, and detritivores in streams. **TheScientificWorldJOURNAL**, v. 2, p. 1173-1185, 2002. Disponível em:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12805976/#:~:text=The%20very%20short%20planting%2Dt o,habitat%20for%20invertebrates%20and%20fish>. Acesso em: 22 abr. 2022.

GUEDES, J. C. F.; MEDEIROS, A. D; COSTA, D. F. S. Estratégia de Zoneamento Ambiental Aplicada a caracterização ambiental de bacias hidrográficas do semiárido brasileiro: estudo de caso na microbacia do rio Barra Nova – RN/PB. **Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**, Macapá, v. 2, n. Especial, p. 1011-1024, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/10564>. Acesso em: 22 abr. 2022.

GUERRA, A. T. **Dicionário geológico - geomorfológico**. Rio de Janeiro: IBGE, 1980.

GUERRA, A. J. T; BOTELHO, R. G. M. Erosão dos solos. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: **Bertrand Brasil**, 1998. p. 181-227.

GUERRA, A. J. T.; Marcal, M. S. Geomorfologia Ambiental. Geomorfologia ambiental. **Bertrand Brasil**, 2006. 190 p.

GUIDOTTI, Vinicius; FREITAS, Flavio L. M; SPAROVEK, Gerd; *et al.* Números detalhados do novo Código Florestal e suas implicações para os PRAs. **Sustentabilidade em Debate**[S.l: s.n.], 2017. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/317278692_NUMEROS_DETALHADOS_DO_NOVO_CODIGO_FLORESTAL_E_SUAS_IMPLICACOES_PARA_OS_PRA_S_PRINCIPAIS_RESULTADOS_E_CONSIDERACOES. Acesso em: 22 abr. 2022.

HEILBRON, M. *et al.* O Complexo Juiz de Fora na folha Santo Antônio de Pádua 1: 100.000: geologia e geoquímica. **Revista Geociências**, v. 32, n. 1, p. 485-503, 2013. Disponível em: <https://ppegeo.igc.usp.br/index.php/GEOSP/article/view/7261>. Acesso em: 22 abr. 2022.

IBGE, 2019. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Biomass e Sistema Costeiro-Marinho do Brasil - 1:250 000**, 2019a. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/>. Acesso em: 22 abr 2022.

_____. Províncias estruturais, compartimentos de relevo, tipos de solos e regiões fitoecológicas. **Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais**. Rio de Janeiro: RJ, 2019b.179p.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **CBERS-4A**. São Paulo, 2018. Disponível em: <http://www.cbbers.inpe.br/sobre/cbbers04a.php>. Acesso em 20 de setembro de 2020.

JURCA, J. **Classificações climáticas: variações tempo-espaciais e suas aplicações nos livros didáticos e como subsídio ao zoneamento agroclimático**. 100 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2005. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/92837>. Acesso em: 3 nov 2020.

KUPLICH, T. M; CAPOANE, V; COSTA, L. F. F. O avanço da soja no bioma Pampa. **Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul**, n. 31, p. 83-100, 2018. Disponível em: <https://revistas.planejamento.rs.gov.br/index.php/boletim-geografico-rs/article/view/4102#:~:text=No%20bioma%20Pampa%20a%20%C3%A1rea,aumento%20ocorreu%20sobre%20campo%20nativo>. Acesso em: 22 abr. 2022.

KUSI, K. K. *et al.* Prospective evaluation of the impact of land use change on ecosystem services in the Ourika watershed, Morocco. **Land Use Policy**, v. 97, p. 104796, 2020. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837719313316>. Acesso em: 22 abr. 2022.

Lapola, D. M. *et al.* Pervasive transition of the Brazilian land-use system. **Nature Climate Change**. London: Nature Publishing Group, v. 4, n. 1, p. 27-35, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/112795>. Acesso em: 30 set. 2020.

LEMOS, R. C; SANTOS, R. D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. Campinas: SBCS, 1982.

LEWINSOHN, T. M. A ABECO e o Código Florestal brasileiro. **Natureza & Conservação**, v. 8, n. 1, p. 100-101, 2010. Disponível em: <https://doi.editoracubo.com.br/10.4322/natcon.00801018>. Acesso em: 22 abr. 2022.

LOPES A. M. D'A.; TASSIGNY, M. M.; TEIXEIRA, D. M. A redução das Áreas de Preservação Permanente de recursos hídricos pelo Novo Código Florestal e o princípio da Proibição Proteção Deficiente. **Revista da Faculdade de Direito da UFG**, v. 4, n. 1, p. 46-65, 2017. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/revfd/article/view/42049>. Acesso em: 22 abr. 2022.

LOPES, E. R. N. *et al.* Caminhos e entraves do Zoneamento Ecológico-Econômico no Brasil. **Revista Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 69. p. 342–359, 2019. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/41305#:~:text=Os%20estudos%20cient%3%ADficos%20t%C3%AAm%20evidenciado,objeto%20a%20que%20se%20destinam>. Acesso em: 22 abr. 2022.

MACHADO, P. J. O. **Diagnóstico ambiental e ordenamento territorial**: instrumento para a gestão da Bacia de Contribuição da Represa de Chapéu D'Uvas /MG. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2012.

MACHADO, P. J. O. *et al.* Qualidade das águas do rio Paraibuna no trecho urbano de Juiz de Fora/MG. **Revista Virtú**, v. 1, p. 43-57, 2005. Disponível em: <https://silo.tips/download/qualidade-das-aguas-do-rio-paraibuna-no-trecho-urbano-de-juiz-de-fora-mg>. Acesso em: 22 abr. 2022.

MACHADO, P. J. O; TORRES, F. T. P. Introdução à Hidrogeografia. São Paulo: **Cengage Learning**, 2012. 178 p.

MANFRÉ, L. A. *et al.* Environmental fragility evaluation and guidelines for environmental zoning: a study case on Ibiuna (the Southeastern Brazilian region). **Environmental Earth Sciences**, v. 69, n. 3, p. 947-957, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/111714>. Acesso em: 22 abr. 2022.

MARQUES NETO, R. *et al.* Geossistemas: interpretação e aplicação de um conceito para uma proposta de zoneamento ambiental na bacia do Rio Paraibuna, Zona da Mata mineira. **Caminhos de Geografia**, v. 18, n. 63, p. 90-109, 2017. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/37305>. Acesso em: 22 abr. 2022.

MARQUES NETO, R; FERRARO, B. V. Cartografia geomorfológica regional e morfogênese: contribuições metodológicas. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n. 2, 2018. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/1267>. Acesso em: 22 abr. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Ecosystems and human well-being : health synthesis: a report of the Millennium Ecosystem Assessment. Geneva: WHO Press, 2005. 59 p. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/43354/9241563095.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 22 abr. 2022.

MAPBIOMAS. Projeto Brasileiro de Mapeamento Anual de Uso e Cobertura do Solo, 2019. Disponível em: <http://mapbiomas.org>. Acesso em: 22 abr. 2022.

METZGER, J. P. O Código Florestal tem base científica? **Natureza & Conservação**, v. 8, n. 1, p. 1-5, 2010. Disponível em: http://ecologia.ib.usp.br/lepac/codigo_florestal/Metzger_N&C_2010.pdf. Acesso em: 22 abr. 2022.

METZGER, J. P. *et al.* Por que o Brasil precisa de suas Reservas Legais. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 17, n. 3, p. 104-116, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2530064419301750#:~:text=A%20extin%C3%A7%C3%A3o%20das%20reservas%20legais,a%20provis%C3%A3o%20de%20servi%C3%A7os%20ecossist%C3%AAmicos.&text=As%20reservas%20legais%20s%C3%A3o%20componentes,mais%20efetivas%20e%20menos%20custosas>. Acesso em: 22 abr. 2022.

MEIRELLES, M. S. P. *et al.* Metodologia para elaboração do zoneamento ecológico-econômico em áreas com grande influência antrópica. **Embrapa Solos-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, Brasília, 1999.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Anuário brasileiro de desastres naturais 2013**. Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres. Brasília: CENAD, 2014.

MUELLER, B; MUELLER, C. The political economy of the Brazilian model of agricultural development: institutions versus sectoral policy. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, v. 62, p. 12-20, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S106297691630059X>. Acesso em: 22 abr. 2022.

NGUYEN, T. T. *et al.* Design of a GIS and multi-criteria based land evaluation procedure for sustainable land-use planning at the regional level. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 200, p. 1-11, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/268694218_Design_of_a_GIS_and_multi-criteria_based_land_evaluation_procedure_for_sustainable_land-use_planning_at_the_regional_level. Acesso em: 22 abr. 2022.

NOCE, C. M. *et al.* O embasamento arqueano e paleoproterozóico do Orógeno Araçuaí. **GEONOMOS**, v. 15, n. 1, p. 17 - 23, 2007. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/11629>. Acesso em: 22 abr. 2022.

NOVO, T. A. *et al.* Geologia e recursos minerais da folha Manhumirim SF. 24-V-A-I: estados do Espírito Santo e Minas Gerais. Belo Horizonte: CPRM, 2014, 77 p.

OECD/Food and Agriculture Organization of the United Nations (2015), OECD-FAO **Agricultural Outlook 2015**, OECD Publishing, Paris. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-en. Acesso em: 09 nov. 2020.

OLIVEIRA, G. C; FERNANDES FILHO, E. I. Automated mapping of permanent preservation areas on hilltops. **CERNE**, Lavras, v. 22, n. 1, p. 111-120, 2016. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/handle/123456789/18459>. Acesso em: 22 abr. 2022

OLIVEIRA, M. **Limnologia da Paisagem com uso de Regressão Geograficamente Ponderada**: estudo da qualidade da água na represa de Chapéu D'Uvas, MG. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada ao Manejo e Conservação de Recursos Naturais) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018, 224p.

OLIVEIRA, S. N. de. *et al.* Deforestation analysis in protected areas and scenario simulation for structural corridors in the agricultural frontier of Western Bahia, Brazil. **Land Use Policy**,

v. 61, p. 40-52, 2017.

PAIVA, D. R. de; MARQUES NETO, R. Cartografia geomorfológica na bacia do Ribeirão Caranguejo: subsídio para o estudo do relevo na Zona da Mata Mineira. **XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA APLICADA**. Instituto de Geociências, Campinas: SP, 2017.

PASCUAL, U. *et al.* Valuing nature's contributions to people: the IPBES approach. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 26, p. 7-16, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343517300040>. Acesso em: 22 abr. 2022.

PES, L.Z; GIACOMINI, D.A. Conservação do Solo. 1. ed. Santa Maria. 2017.

PEREIRA, G. S; GOUVEIA, I. C. M-C. Análise da fragilidade ambiental do município de Álvares Machado – SP. **Geografia em Atos (Online)**, v. 1, n. 4, p. 18, 2017. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/geografiaematos/article/view/5449>. Acesso em: 22 abr. 2022.

PINTO, C. P. (Org.). Lima Duarte: folha SF.23-X-C-VI: estado de Minas Gerais. **Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil - PLGB**. Brasília: DNPM; CPRM, 1991. 201 p.

PIVELLO, V. R. *et al.* Proposto de zoneamento ecológico para a reserva de cerrado Pé-de-gigante (Santa Rita do Passa Quatro, SP). **Brazilian Journal of Ecology**, Rio Claro, ano 2, n. 2, p. 108-118, 1998.

POPULATION indicators. In: **WORLD population prospects: the 2015 revision**. New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2015.

PORTUGAL, A. F. *et al.* Atributos químicos e físicos de um Cambissolo Háplico Tb distrófico sob diferentes usos na Zona da Mata mineira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 249-258, 2008.

POSSAMAI, G; GONÇALVES, T. M. Código Florestal brasileiro de 2012: contexto e cenário de sua aprovação: uma análise sociopolítica. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, v. 7, n. 3, p. 231-264, 2018.

QGIS. **QGIS Geographic Information System**. Versão 3.8.2. 2019.

RAMOS, C. C. O; ANJOS, L. The width and biotic integrity of riparian forests affect richness, abundance, and composition of bird communities. **Natureza & Conservação**, v. 12, n. 1, p. 59-64, 2014.

RANDOLF, J. Environmental land use planning and management. **Island Press**, 2004.

RIBEIRO, C. R.; LEAL, A. C. Inventário do meio físico como subsídio ao planejamento ambiental: estudo aplicado na Bacia Hidrográfica da Represa de Chapéu D'Uvas - Zona da Mata e Campo das Vertentes/MG. **Revista Geonorte**, v. 3, p. 1045-1058, 2012.

ROCHA, C. H. B; FREITAS, F. A; CASQUIN, A. P. Conflitos de uso da terra nas APP hídricas de manancial da Zona da Mata mineira, Brasil. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 39, p. 1-22, 2019a.

ROCHA, C. H. B.; OLIVEIRA, M. ; SOUZA, L. V. ; SILVEIRA, F. J. ; MACHADO, M. M. M. ; PINTO, F. P. ; PRADO, T. O. **Retrocessos nas APP topo de morro e margens de reservatório do Código Florestal Brasileiro: aplicação em bacia de represa de abastecimento da Zona da Mata e Vertentes (MG)**. In: XIV Congresso de Ecologia do

Brasil, 2019, São Lourenço. XIV Congresso de Ecologia do Brasil. São Paulo: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2019b.

ROCHA, C. H. B.; OLIVEIRA, M. ; MACHADO, P. J. O. ; SOUZA, L. V. ; SILVEIRA, F. J. ; PINTO, F. P. ; CASTRO, L. F. S. ; PRADO, T. O. ; PARAVIDINO, J. M. ; LANA, J.N. ; GARCIA, E. S. . **Desrespeito as legislações ambientais e conflitos na conservação das bacias das represas de abastecimento público de Juiz de Fora (MG)**. In: V SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BIOLOGIA DA CONSERVAÇÃO, 2019b, Barbacena - MG. V SBBC. Barbacena: Grupo Brasil Verde, 2019c.

ROCHA, C. H. B. Geomática na Prática. Curitiba. **CRV**.2019d. 219p.

RODRIGUES, L. P.; LEITE, E. F. Zoneamento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Córrego Acôgo (MS). **Geoambiente On-line**, n. 31, 2018.

RODRIGUEZ, J. M. M.; SILVA, E. V.; LEAL, A. C. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas desde a visão da geoecologia da paisagem. In: FIGUEIRÓ, A. S.; FOLETO, E (Orgs.). **Diálogos em Geografia Física**. Santa Maria: Ed. da UFSM, 2011.

ROLIM, G. S. *et al.* Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**, v. 66, n. 4, p. 711-720, 2007.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. In: **Revista do Departamento de Geografia – USP**. São Paulo: FFLCH-USP, nº 8, 1994. p. 63-74.

ROSS, J. L. S. Ecogeografia do Brasil: subsídios para planejamento ambiental. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2009.

ROSIER, G. F. A geologia da Serra do Mar, entre os picos de Maria Comprida e do Desengano. Separata de: **Boletim DNPM/GGM**, Rio de Janeiro, n. 166, 1957.

SAATH, K. C. O; FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 2, p. 195-212, 2018. Disponível em: <https://www.revistasober.org/article/doi/10.1590/1234-56781806-94790560201#:~:text=Pelo%20lado%20da%20oferta%2C%20restri%C3%A7%C3%B5es,as%20condi%C3%A7%C3%B5es%20para%20atend%C3%AA%2Dla>. Acesso em: 22 abr. 2022.

SÁNCHEZ, R. O. Bases para o ordenamento ecológico-paisagístico do meio rural e florestal: Zoneamento Agroecológico. Cuiabá: **Fundação de Pesquisas Cândido Rondon**, 1991.

SANTOS, R. F. D. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de textos, 2004.

SEIFFERT, M. E. B. **Gestão ambiental: instrumentos, esferas de ação e educação ambiental**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

SILVA, J. A. A. *et al.* **O Código Florestal e a ciência: contribuições para o diálogo**. São Paulo: SBPC, 2011.

SILVA, J. S. V. da; SANTOS, R. F. dos. **Estratégia metodológica para zoneamento ambiental: a experiência aplicada na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Taquari**. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária, 2011. 329 p.

SILVA, J. M. C. *et al.* The impact of deforestation, urbanization, public investments, and

agriculture on human welfare in the Brazilian Amazonia. **Land Use Policy**, v. 65, p. 135-142, 2017. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0264837716307256>. Acesso em: 22 abr. 2022.

SILVA, P. H. M. *et al.* Selecting for rust (puccinia psidii) resistance in Eucalyptus Grandis in São Paulo State, Brazil. **Forest Ecology Management**, v. 303, p. 91–97, 2013. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/76405>. Acesso em: 22 abr. 2022.

SILVA, T. P. da; MELLO, C. L. Reativações neotectônicas na zona de cisalhamento do rio Paraíba do Sul (sudeste do Brasil). **Geologia USP. Série Científica**, v. 11, n. 1, p. 95-111, 2011. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/guspssc/article/view/27499>. Acesso em: 22 abr. 2022.

SOARES-FILHO, B. *et al.* Cracking Brazil's forest code. **Science**, v. 344, n. 6182, p. 363-364, 2014. Disponível em: http://lerf.eco.br/img/publicacoes/Soares_Filho_etal_2014_artigo_Science.pdf. Acesso em: 22 abr 2020.

SPAROVEK, G. *et al.* Brazilian agriculture and environmental legislation: status and future challenges. **Environ. Sci. Technol.** 44, p. 6046–6053, 2010.

SPRÖL, C.; ROSS, J. L. S. Análise Comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GEOUSP Espaço e Tempo 7 (Online)**, v. 8, n. 1, p. 39-49, 2004, Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/123868>. Acesso em: 22 abr. 2022.

STAICO, J. A. **Bacia do Rio Paraibuna em Juiz de Fora**. Juiz de Fora: UFJF, 1977.

TAVARES, A. K; LIMA, M. R. Conhecimentos local e científico sobre solos: o caso dos agricultores familiares de Antonina e Morretes - PR. **Extensão Rural**, v. 26, n. 2, p. 37-55, 2019. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/338346710_Conhecimentos_local_e_cientifico_sobre_solos_o_caso_dos_agricultores_familiares_de_Antonina_e_Morretes-PR. Acesso em: 22 abr. 2022.

THIAULT, L. *et al.* Escaping the perfect storm of simultaneous climate change impacts on agriculture and marine fisheries. **Science advances**, v. 5, n. 11, 2019. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aaw9976>. Acesso em: 22 abr. 2022.

TORRES, R. B.; MARTINS, F. R.; KINOSHITA, L. S.: Climate, soil and tree flora relationships in forests in the state of São Paulo, southeastern Brazil. **Rev. Bras. Bot.** São Paulo, v. 20, n. 1, p. 41–49, 1997. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbb/a/scPDp5W9Dw6nDNGsLrD6r6L/?lang=en>. Acesso em: 22 abr. 2022.

TRICART, J. **Ecodynamic**. Rio de Janeiro: FIBGE/SUPREN, 1977.

TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RIMA, 2003.

TUNDISI, J. G.; MATSUMURA-TUNDISI, T. Recursos Hídricos no século XXI. São Paulo: **Oficina do Texto**, 2011. 328 p.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA (UFV); FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS(CETEC); UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS (UFLA); FEAM (FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE). **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2010.

VALLADARES, C. S. *et al.* **Geologia e recursos minerais da folha Três Rios SF.23-Z-B-I:** escala 1:100.000: estado do Rio de Janeiro. Belo Horizonte: CPRM, 2012.

VALVERDE, O. **Estudo regional da Zona da Mata, de Minas Gerais.** Rio de Janeiro: IBGE, 1958.