

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE LORENA

ISABELLA MORAES VIEIRA

**Mapeamento e Classificação do Nível de Degradação das Nascentes do
Município de Lorena/SP como Subsídio ao Planejamento Ambiental**

Lorena
2020

ISABELLA MORAES VIEIRA

**Mapeamento e Classificação do Nível de Degradação das Nascentes do
Município de Lorena/SP como Subsídio ao Planejamento Ambiental**

Monografia apresentado à Escola de Engenharia
de Lorena da Universidade de São Paulo como
requisito básico parcial para obtenção do título de
Engenheiro Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Danúbia Caporusso Bargas

Lorena
2020

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Automatizado
da Escola de Engenharia de Lorena,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Vieira, Isabella Moraes

Mapeamento e classificação do nível de degradação das nascentes do município de Lorena/SP como subsídio ao planejamento ambiental / Isabella Moraes Vieira; orientadora Danúbia Caporusso Bargas. - Lorena, 2020. 68 p.

Monografia apresentada como requisito parcial para a conclusão de Graduação do Curso de Engenharia Ambiental - Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. 2020

1. Nascentes. 2. Mapeamento. 3. App. 4. Uso do solo. I. Título. II. Bargas, Danúbia Caporusso, orient.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e minha querida irmã, por sempre me apoiarem e me incentivarem.

A Prof. Danubia Caporusso Bargas, pelos textos corrigidos, orientação, seu grande desprendimento em ajudar-me e amizade sincera.

A todos aqueles que, de maneira direta e ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

VIEIRA, I. M. **Mapeamento e Classificação do Nível de Degradação das Nascentes do Município de Lorena/SP como Subsídio ao Planejamento Ambiental**. 2020. Monografia (Curso de Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2020.

As ações antrópicas e a ocupação humana no espaço geográfico se dão, em sua grande maioria, de maneira mal planejada e ambientalmente irresponsável, retirando a cobertura vegetal nativa de áreas fundamentais como no entorno de corpos d'água e de nascentes. As nascentes são responsáveis por abastecer o curso d'água ao qual estão ligadas e quando comprometidas podem afetar a qualidade da água ao longo de todo o curso, prejudicando também a biodiversidade ali presente. O trabalho aqui apresentado teve por objetivo realizar o mapeamento e classificação do nível de degradação das nascentes do município de Lorena (SP) buscando subsidiar uma análise das principais oportunidades para restauração de paisagens e florestas nas áreas de preservação permanente (APP) de nascente no município. O município de Lorena possui 1.004 nascentes ao longo de seu território, sendo que foram identificados 13 diferentes tipos de uso e ocupação da terra em suas respectivas APP. Dentre os usos predominantes destaca-se a pecuária bovina extensiva para corte (56,3%), áreas de vegetação natural (33,9%) e silvicultura (7,5%). Do total das nascentes, 56,27% foram classificadas como degradadas, 20,32% como perturbadas e 23,41% como preservadas. Com base na análise comparativa dos resultados do projeto de aplicação da Metodologia de Avaliação de Oportunidades de Restauração (ROAM) no Vale do Paraíba, das opções de RPF mais relevantes apresentadas, 21,5% das APP são compatíveis com Silvopastoril, enquanto 12,6% podem ser dedicadas ao Reflorestamento com Finalidade Ecológica e 9,7% à Silvicultura Nativa – Biodiversa.

Palavras-chave: nascentes; mapeamento; APP; uso do solo.

ABSTRACT

VIEIRA, I. M. **Mapping and Classification of the Degradation Level of the Springs in the Municipality of Lorena / SP as a Subsidy to Environmental Planning.** 2020. Monography (Environmental Engineering Course) - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo. Lorena, 2020.

Anthropic actions and human occupation in the geographic space are, for the most part, in a poorly planned and environmentally irresponsible way, removing the native vegetation cover from fundamental areas such as around water bodies and springs. The springs are responsible for supplying the watercourse to which they are connected and when compromised they can affect the quality of the water throughout the course, also damaging the biodiversity present there. The work presented here aimed to map and classify the level of degradation of springs in the municipality of Lorena (SP) seeking to support an analysis of the main opportunities for restoring landscapes and forests in the permanent preservation areas (PPA) of spring in the municipality. The municipality of Lorena has 1,004 springs along its territory, and 13 different types of land use and occupation have been identified in their respective PPA. Among the predominant uses, extensive beef cattle stand out (56,3%), areas of natural vegetation (33,9%) and forestry (7,5%). Of the total springs, 56,27% were classified as degraded, 20,32% as disturbed and 23,41% as preserved. Based on the comparative analysis of the results of the project to apply the Restoration Opportunities Assessment Methodology (ROAM) in Vale do Paraíba, of the most relevant RPF options presented, 21,5% of the APPs are compatible with Silvopastoril, while 12,6% can be dedicated to Reforestation with Ecological Purpose and 9,7% to Native Silviculture - Biodiverse.

Keywords: springs; mapping; permanent preservation areas; soil use.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Tipos de áreas de preservação permanente	11
Figura 2: APP no entorno de nascentes e olhos d'água perenes	12
Figura 3: Mapa de localização do município de Lorena	14
Figura 4: Lorena em 1822	16
Figura 5: Evolução da densidade demográfica de Lorena e do Estado de SP.....	17
Figura 6: Evolução do PIB per Capita de Lorena e do Estado de SP.....	18
Figura 7: Evolução do IDHM de Lorena e do Estado de SP.....	18
Figura 8: Localização de Lorena e municípios limítrofes	20
Figura 9: Termopluviograma do município de Lorena	21
Figura 10: Mapa de localização e delimitação de nascentes do município de Lorena (SP).....	23
Figura 11: Ciclo Hidrológico.....	25
Figura 12: Modelos de representação da estrutura das cidades.....	28
Figura 13: Mapa de localização das APP de nascentes do município de Lorena (SP).....	47
Figura 14: Exemplo de APP classificada com uso e ocupação do tipo Cidades e Vilas.....	49
Figura 15: Exemplo de APP classificada com uso e ocupação do tipo Floresta.....	49
Figura 16: Exemplo de APP classificada com uso e ocupação do tipo Pecuária Bovina Extensiva para Corte.....	50
Figura 17: Exemplo de APP classificada com uso e ocupação do tipo Silvicultura	50
Figura 18: Classificação do nível de degradação das nascentes de Lorena (SP)	51
Figura 19: Mapa de Oportunidades e suas Áreas Prioritárias em Relação as APP de Nascentes de Lorena (SP).....	53
Figura 20: Principais Opções de RPF e sua Distribuição em Relação às APP das nascentes de Lorena (SP).....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: População e taxa de crescimento populacional	17
Tabela 2: Parâmetros para a classificação dos municípios, por dimensões do IPRS, segundo categorias	19
Tabela 3: Uso e ocupação da terra nas APP das nascentes de Lorena (SP)	48
Tabela 4: Oportunidades para as áreas de uso inadequado de APP das nascentes de Lorena (SP).....	54
Tabela 5: Opções de RPF para as áreas de uso inadequado de APP das nascentes de Lorena (SP).....	54

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação do uso da terra	42
Quadro 2: Níveis de conservação das nascentes	43

LISTA DE SIGLAS

APP – Área de Preservação Permanente
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior
COTEL – Colégio Técnico de Lorena
EEL – Escola de Engenharia de Lorena
EFCB – Estrada de Ferro Central do Brasil
EMPLASA - Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano S.A.
EUPS - Equação Universal de Perda de Solos
GNSS – Sistema de Navegação Global por Satélite
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio - Instituto Chico Mendes de Biodiversidade
IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IGCSP - Instituto Geográfico e Cartográfico de São Paulo
IPRS – Índice Paulista de Responsabilidade Social
MMA - Ministério do Meio Ambiente
PIB – Produto Interno Bruto
PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos
ROAM - *Restoration Opportunities Assessment Methodology*
RPF - Restauração de Paisagem e Floresta
SEADE – Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados
SIBiUSP – Sistema Integrado de Bibliotecas da USP
SIG – Sistemas de Informações Geográficas
SM – Salário Mínimo
SMA - Secretaria do Meio Ambiente
SPI – Sistemas de Processamento de Imagens
SSB - *Societe de Sucrieries Brésiliennes*
TIN – *Triangulated Irregular Network*
UGI - União Geográfica Internacional
UNIFATEA - Centro Universitário Teresa D'Ávila
UNISAL - Centro Universitário Salesiano de São Paulo
USP – Universidade de São Paulo
VPP – Vale do Paraíba Paulista

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	10
2. ÁREA DE ESTUDO.....	14
2.1 ASPECTOS HISTÓRICOS, SOCIAIS E ECONÔMICOS.....	15
2.2. ASPECTOS FÍSICO-TERRITORIAIS	19
3. SÍNTESE DA BIBLIOGRAFIA FUNDAMENTAL.....	24
3.1 ASPECTOS FÍSICOS DA PAISAGEM	24
3.1.1. CICLO HIDROLÓGICO E BACIAS HIDROGRÁFICAS	24
3.1.2 NASCENTES E CURSOS D'ÁGUA.....	26
3.2 AS FORMAS DE USO DA TERRA.....	27
3.3 DEGRADAÇÃO, IMPACTO AMBIENTAL E RECUPERAÇÃO.....	30
3.4 GEOTECNOLOGIA PARA ESTUDOS AMBIENTAIS	35
3.5 OPORTUNIDADES PARA RESTAURAÇÃO DE PAISAGENS E FLORESTAS NA PORÇÃO PAULISTA DO VALE DO PARAÍBA (METODOLOGIA ROAM).....	37
4 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS.....	40
4.1 OBJETIVOS GERAIS	40
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	40
5 ASPECTOS METODOLÓGICOS	41
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	46
7 CONCLUSÕES.....	54
ANEXOS	64
ANEXO A - SISTEMA BÁSICO DE CLASSIFICAÇÃO DA COBERTURA E DO USO DA TERRA - SCUT	64

1. INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

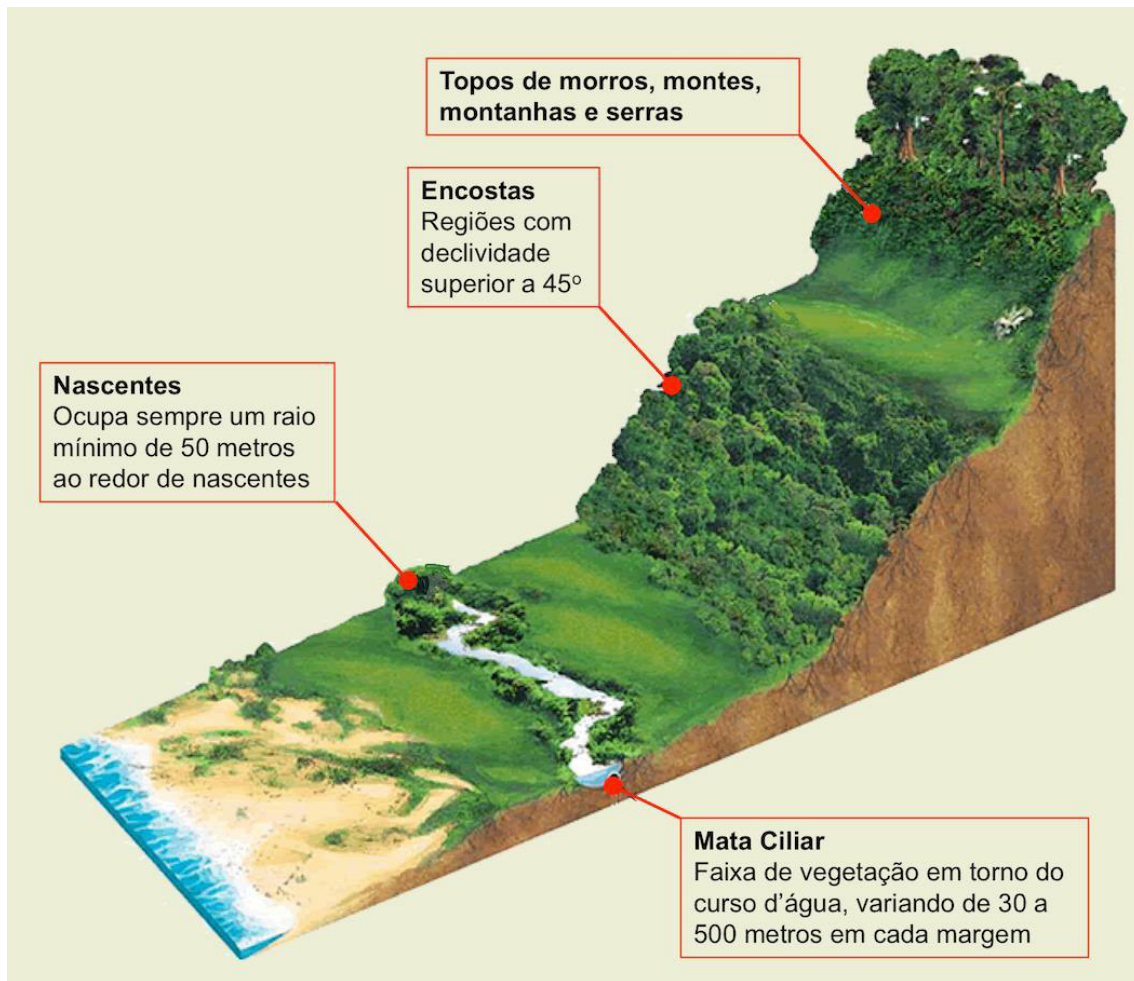
Os problemas ambientais hoje existentes são, em sua maioria, fruto do desenvolvimento da sociedade humana e de como ela passou a modificar o meio ambiente através das suas atividades de trabalho com o intuito de suprir suas necessidades e interesses. Esses fatos são refletidos nas formas de uso e ocupação da terra ao longo do território e hoje são exigidas mudanças urgentes através da compreensão de que o homem e a Terra são constituídos da mesma natureza e são regidos pelos mesmos princípios, fazendo parte integrante de uma totalidade (CARVALHO; ROLIMS, 2015).

As ações antrópicas de ocupação da terra ocorrem de maneira dinâmica e podem ser analisadas em função de diversos parâmetros, tais como disponibilidade de recursos naturais necessários ao ser humano, crescimento populacional e fatores históricos. Em centros urbanos, por exemplo, que durante toda a história não tiveram adequado planejamento de instalação e desenvolvimento, é notável que a malha urbana é expandida para áreas não adequadas a esse tipo de ocupação – como encostas de morros e margens de corpos hídricos.

No passado, a ocupação humana nas bacias hidrográficas realizou-se com reduzido planejamento, priorizando-se o baixo custo e o melhor benefício de seus moradores, sem a preocupação com a preservação dos recursos naturais (TUCCI, 1997). A ocupação irregular do espaço, principalmente na área urbana, é um inconveniente para gestão pública, uma vez que seu crescimento se dá de maneira desordenada. Quando tomadas proporções incontroláveis, causa impactos principalmente em áreas sensíveis como margens de rio, topos de morros, áreas com declive e nascentes.

Uma importante estratégia para reverter e impedir a degradação ambiental foi a criação e determinação de Áreas de Preservação Permanente (APP) a partir do Código Florestal Brasileiro – Lei 4.771/65 (BRASIL, 1965) e 12.651/12 (BRASIL, 2012) e da resolução CONAMA 303/02 (BRASIL, 2012). De acordo com a Lei 12.651/2012, as áreas de preservação permanente (Figura 1) são definidas como áreas cobertas ou não por vegetação nativa e que têm por função a preservação dos recursos hídricos e outros elementos naturais, assim como proteção do solo e da biodiversidade.

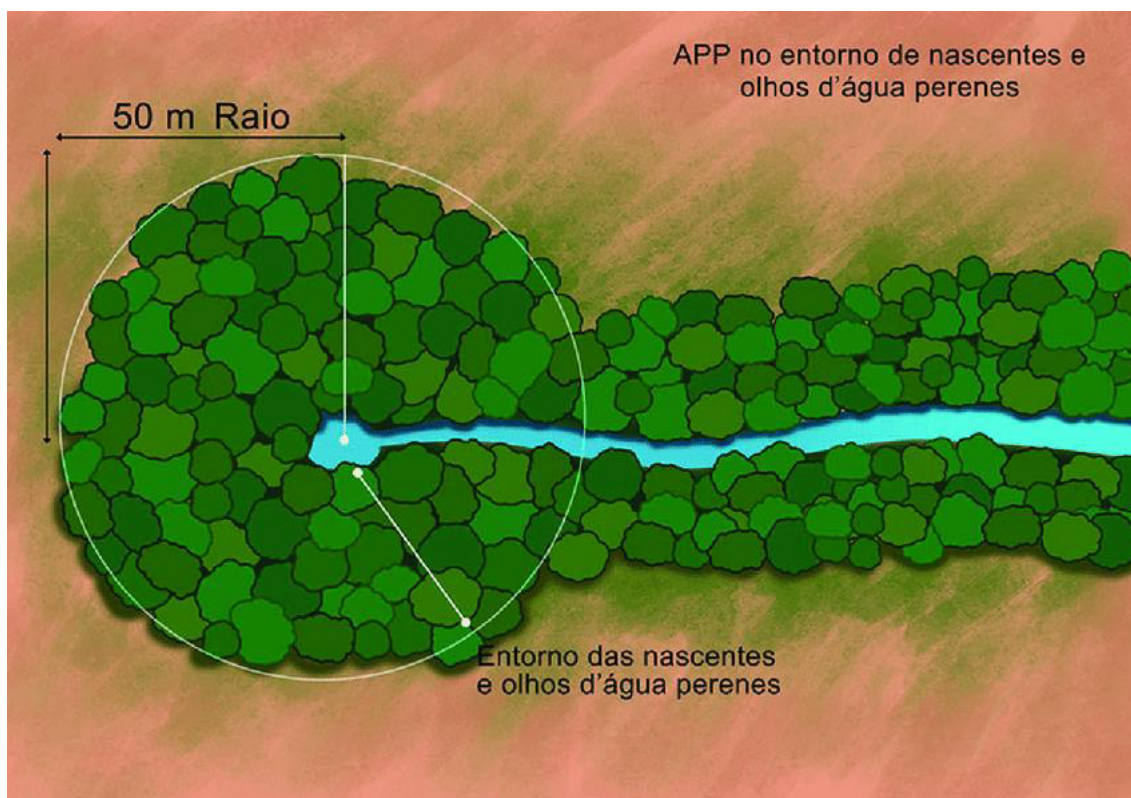
Figura 1: Tipos de áreas de preservação permanente



Fonte: Instituto EcoBrasil, s.d.

Conforme o Código Florestal Brasileiro, são consideradas APP de nascentes (Figura 2) as áreas correspondentes a um raio de 50 metros ao redor da nascente; sendo que dentro dessa área o uso deve ser restrito com o intuito de evitar que as pressões antrópicas sobre o ambiente a submetam a processos de degradação das paisagens naturais. Na perspectiva de proteção ambiental, as nascentes deveriam receber um destaque maior visto que são responsáveis pela manutenção da vazão da bacia hidrográfica e estão sujeitas às constantes intervenções e transformações, que podem ser identificadas a partir da classificação das formas de uso e ocupação da terra em seu entorno (BRASIL, 2012).

Figura 2: APP no entorno de nascentes e olhos d'água perenes



Fonte: Cartilha do Código Florestal Brasileiro, s.d.

A classificação do uso e ocupação da terra é fundamental para o estudo da qualidade ambiental de uma determinada região e, possivelmente, o nível de degradação ambiental também. De acordo com o Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013), a análise do uso da terra pode ser definida como um conjunto de pesquisas envolvendo interpretação, análise e registro da observação das paisagens da área de estudo. Resumindo, a expressão “uso da terra ou uso do solo” pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem (ROSA, 2007).

Em relação às nascentes, ressalta-se que o levantamento de dados e sua interpretação, assim como a classificação das formas de uso da terra nas APP de nascentes é uma estratégia fundamental para promover a preservação delas.

De acordo com Silvia e Zaidan (2004), o geoprocessamento aplicado a estudos ambientais trouxe grandes avanços na área de monitoramento de fenômenos ambientais. De acordo com Leite e Rosa (2012) o uso e ocupação da terra é a informação mais acessível numa imagem de satélite, pois ela permite a visualização e identificação direta dos elementos ali geometricamente apresentados.

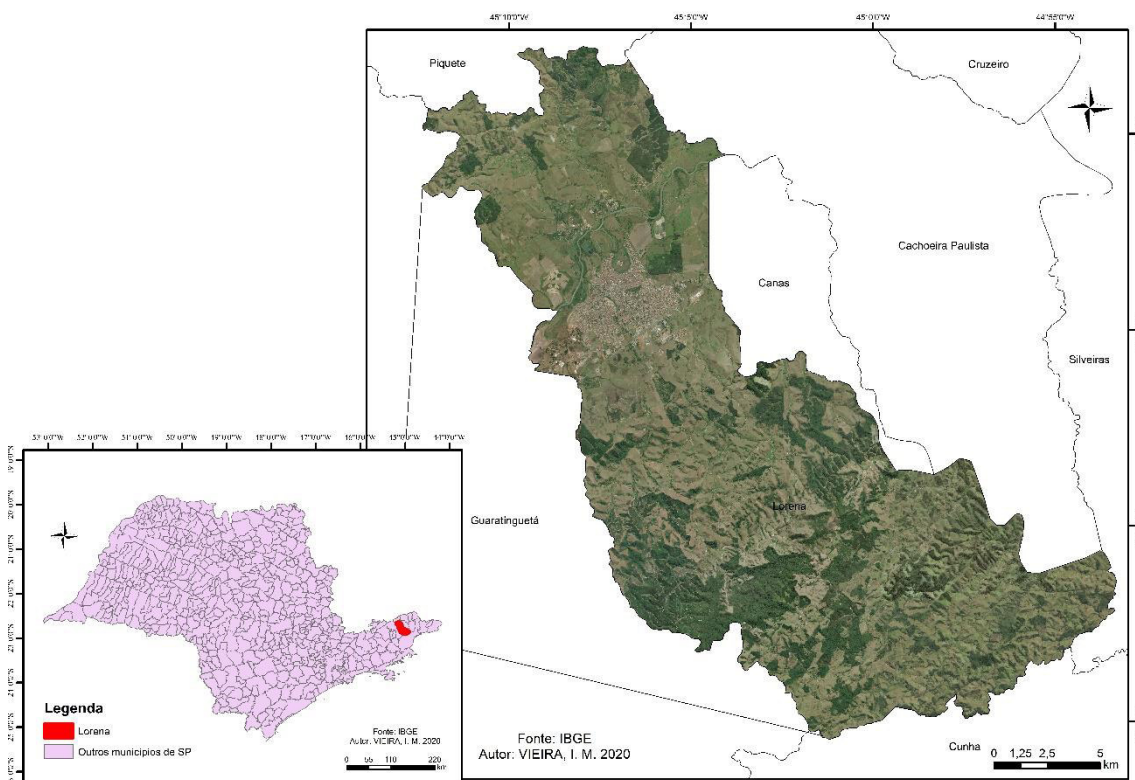
Segundo Marengo e Alves (2005), o vale do Rio Paraíba apresenta forte processo de industrialização, assim como degradação ambiental. Os autores afirmam que o intenso uso urbano, industrial e energético que se faz dos recursos hídricos da bacia aumentaram a demanda de água, e causaram comprometimento da quantidade e qualidade dos recursos hídricos disponíveis, comprovando a necessidade de uma gestão ambientalmente correta de tal recurso natural.

A gestão sustentável da bacia hidrográfica requer que o escoamento da água seja recompensado pela sua recarga no lençol freático, isso ocorre, principalmente, por infiltração da água no solo, que é auxiliada quando a vegetação natural se encontra preservada, como consequência da redução da energia cinética da água da chuva pela interceptação da vegetação (VALENTE & GOMES, 2005).

2. ÁREA DE ESTUDO

O trabalho aqui apresentado propõe o mapeamento e análise das formas de uso da terra nas áreas de preservação permanente (APP) das nascentes do município de Lorena – SP (Figura 3). Com uma área de 414,160 km², a cidade faz parte da Região Metropolitana do Vale do Paraíba e Litoral Norte e situa-se ao norte da Serra da Mantiqueira e ao sul da Serra do Mar, com acesso pela rodovia BR-116 (LORENA, s.d.).

Figura 3: Mapa de localização do município de Lorena



Fonte: IBGE (2010)

O município apresenta uma localização favorável, situada entre os principais centros comerciais do Brasil - São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte - cerca de 200 km da capital de São Paulo. Possui uma estação ferroviária desativada da EFCB – Estrada de Ferro Central do Brasil, tombado pela Prefeitura Municipal, que atravessa o centro da cidade e hoje é utilizado como centro cultural.

Além disso, destaca-se como um polo educacional, abrigando dois campus da Universidade de São Paulo (USP), a Escola de Engenharia de Lorena (EEL) e duas outras grandes universidades, o Centro Universitário Salesiano de São Paulo

(UNISAL), o Centro Universitário Teresa D'Ávila (UNIFATEA) e a Faculdade Serra Dourada. Em ensino técnico, destaca-se também o Colégio Técnico de Lorena (COTEL), sediado em um dos campus da EEL.

2.1 Aspectos Históricos, Sociais e Econômicos

O município de Lorena surgiu, após a fundação da Vila de São Paulo, quando o governador Fernão Dias resolveu ir além dos “sertões paulistanos” em busca do ouro em Minas Gerais, chegando até o rio Paraíba em meados de 1674. Primeiramente, os bandeirantes chegaram ao Jaguari (atual São José dos Campos) e aos primeiros povoados nas Vilas de Taubaté, Guaratinguetá e Jacareí. Adentrando o sertão de Guaratinguetá em busca de riquezas, chegaram ao que na época era conhecida como “Porto de Guaypacaré”, nome de origem tupi-guarani para a atual cidade de Lorena, que significa braço ou seio da Lagoa Torta, referência ao braço do rio Paraíba que existia no local (DEVIDE, 2013).

Em 1788, Lorena passou de Freguesia para Vila, decreto dado pelo Governador do Estado de São Paulo da época, Capitão General Bernardo José de Lorena (LORENA, s.d.). Entre o final do século XVII e começo do século XVIII, a região prosperou no início do ciclo do ouro e passou a ser povoada por três fazendas cujos donos se chamavam Bento Rodrigues Caldeira, João de Almeida e Pedro da Costa Colaço. Juntos, passaram a contribuir financeiramente para o que mais tarde se transformou na Catedral Basílica de Nossa Senhora Aparecida, na atual cidade de Aparecida/SP (SOUZA, 2004).

Figura 4: Lorena em 1822



Fonte: Pintura de Jean Baptiste Debret, s.d.

Em 1788, a região foi elevada à vila, decreto dado pelo então governador de São Paulo, Capitão General Bernardo José de Lorena. A Vila foi oficialmente considerada Cidade de Lorena com a Lei Provincial de 24 de abril de 1856 (LORENA, s.d.).

De acordo com Devide (2013), quase dez anos depois, foi fundada a Comarca de Lorena, tendo como principais atividades econômicas a produção de café e açúcar. Com a decadência do café, o município passou a depender economicamente da policultura, principalmente da produção de cana-de-açúcar e arroz. Mais tarde, em 1884, foi inaugurado o Engenho Central de Lorena, o qual pertencia à *Societe de Sucrieries Brésiliennes (SSB)*, empresa francesa de locomotivas e vagões.

A partir de 1925, com a chegada de famílias mineiras, as fazendas de café e açúcar foram transformadas em fazendas de criação de gado, o que alavancou o progresso da região. Mais tarde, em 1951, outro grande marco contribuiu para o desenvolvimento econômico e social foi a construção e inauguração da Rodovia BR-116 (Rodovia Presidente Dutra) que liga São Paulo ao Rio de Janeiro e que atravessa o município de Lorena (LORENA, s.d.). Atualmente, como mostrado na Tabela 1, a cidade possui uma população estimada de 89.125 habitantes (IBGE, 2020), uma densidade demográfica de 199,29 hab./km² e um IDHM de 0,766 (IBGE, 2010).

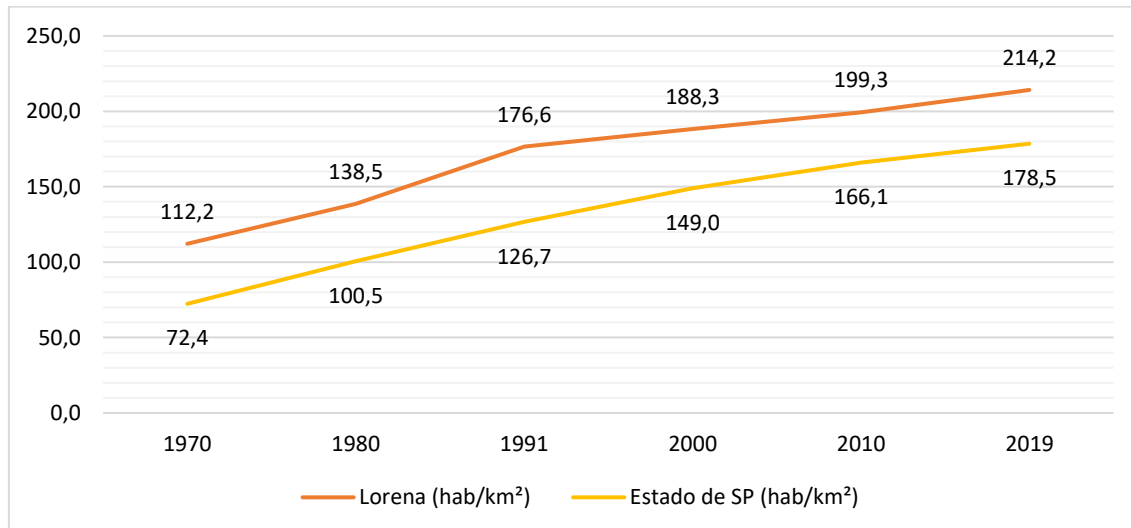
Tabela 1: População e taxa de crescimento populacional

Ano	Pop. Urbana (hab.)	Taxa de Crescimento Anual (%)	Pop. Rural (hab.)	Taxa de Crescimento Anual (%)	Pop. Total (hab.)	Taxa de Crescimento Anual (%)
1991	69.420	-	3,493	-	72.913	-
2000	75.024	0,897	2,890	-1,918	77.914	0,762
2007	78.519	0,666	2,705	-0,914	81.224	0,607
2010	80.173	0,702	2,364	-4.202	82.537	0,539
Média Anual		0,815		-1,701		0,695

Fonte: IBGE (2010)

A Figura 5 representa a evolução da densidade demográfica do município de Lorena e do Estado de São Paulo de 1970 até 2019, de tal forma que é possível constatar que o município acompanhou o crescimento do Estado de forma quase que constante.

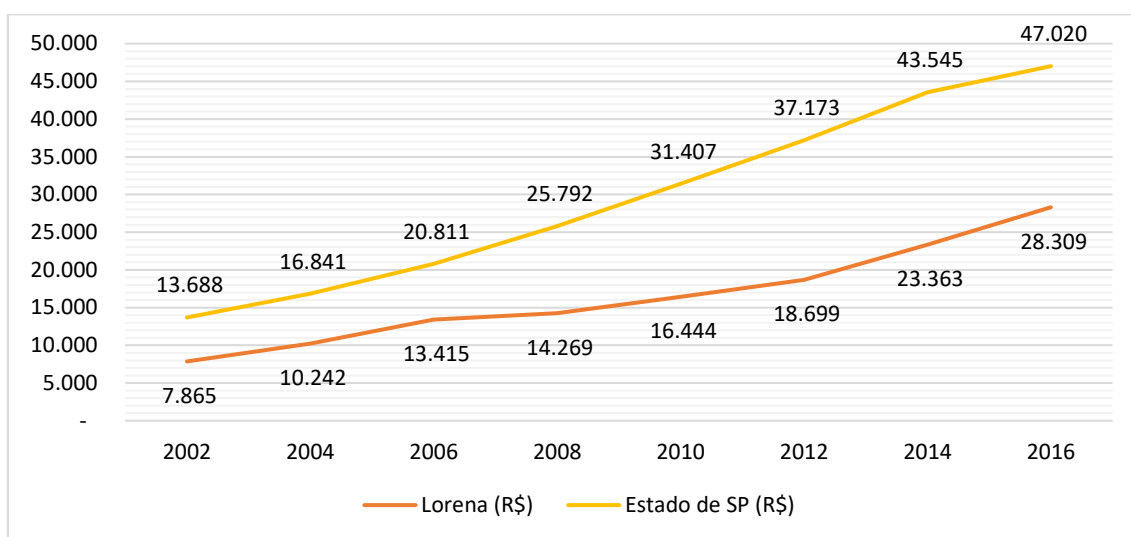
Figura 5: Evolução da densidade demográfica de Lorena e do Estado de SP



Fonte: Fundação SEADE, s.d.

Economicamente, o município de Lorena apresenta um PIB per capita de R\$28.308,62 em 2016, segundo dados da Fundação SEADE apresentados na Figura 6, representando nesse mesmo ano 11,8% do PIB do Estado. Nas exportações do Estado, Lorena representa apenas 0,13%.

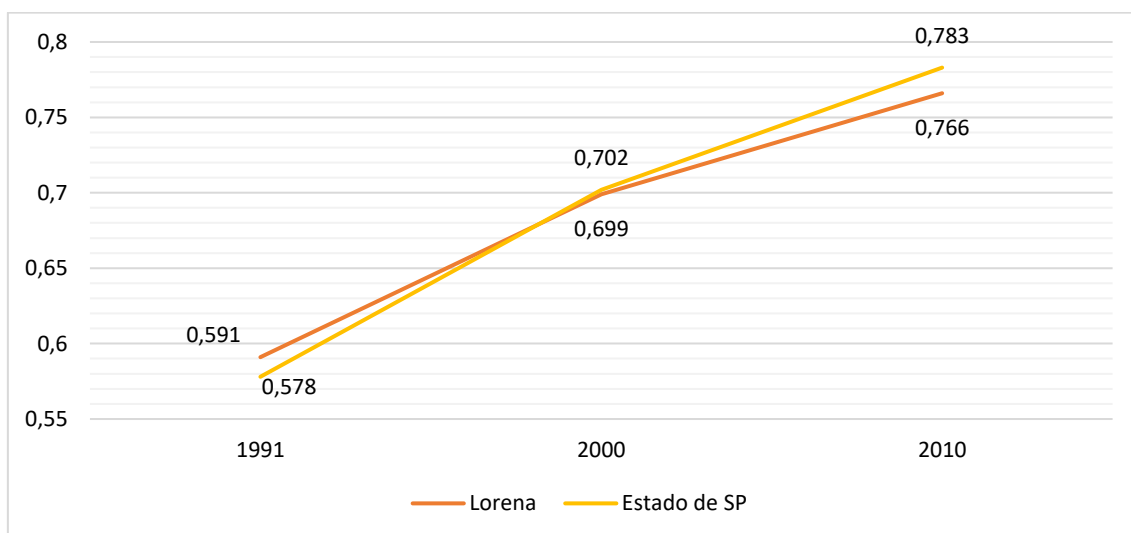
Figura 6: Evolução do PIB per Capita de Lorena e do Estado de SP



Fonte: Fundação SEADE, s.d.

Em relação a qualidade de vida, o município apresenta IDHM de 0,766 [2010] enquanto o Estado de São Paulo apresenta IDHM de 0,783 [2010] (Figura 7). A Renda per Capita do município era de R\$680,60 em 2010, cerca de 30% menor que do Estado de São Paulo nesse mesmo ano.

Figura 7: Evolução do IDHM de Lorena e do Estado de SP



Fonte: Fundação SEADE, s.d.

Com base no Índice Paulista de Responsabilidade Social (IPRS), que tem por objetivo avaliar a qualidade de vida nos municípios do Estado de São Paulo e orientar políticas públicas de desenvolvimento social, são definidos 3 indicadores sintéticos setoriais: renda, longevidade e escolaridade (SEADE, 2019).

Em 2018, Lorena apresentou 37 de renda, 68 de longevidade e 47 de escolaridade, podendo ser classificadas conforme critérios estabelecidos pela Fundação SEADE como índices baixos. Com base nos dados da Tabela 2, o município pode ser classificado com renda, longevidade e escolaridade baixas.

Tabela 2: Parâmetros para a classificação dos municípios, por dimensões do IPRS, segundo categorias

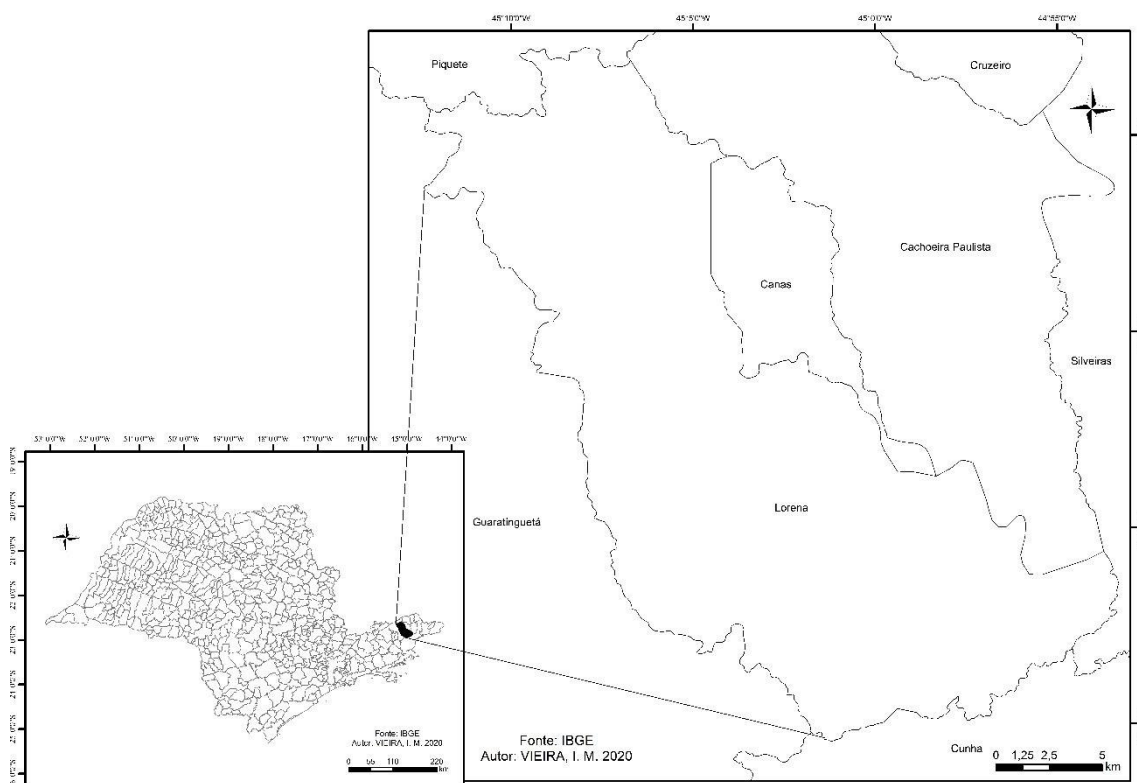
Categorias	Ano de referência	Dimensões do IPRS		
		Riqueza municipal	Longevidade	Escolaridade
Baixa	2014	Até 39	Até 66	Até 42
	2016	Até 38	Até 68	Até 49
	2018	Até 38	Até 68	Até 52
Média	2014	-	67 a 69	43 a 50
	2016	-	69 a 71	50 a 56
	2018	-	69 a 71	53 a 60
Alta	2014	40 e mais	70 e mais	51 e mais
	2016	39 e mais	72 e mais	57 e mais
	2018	39 e mais	72 e mais	61 e mais

Fonte: Fundação SEADE

2.2. Aspectos Físico-Territoriais

O município de Lorena possui uma área territorial de 414.160 km² (IBGE, 2019), localizada a uma latitude de 22°43'51''S e uma longitude de 45°07'30''O. Está contido na região do Vale do Paraíba Paulista, fazendo divisa com as cidades de Piquete, Cachoeira Paulista, Canas, Silveiras, Cunha e Guaratinguetá, como mostrado na Figura 8.

Figura 8: Localização de Lorena e municípios limítrofes



Fonte: IBGE (2010)

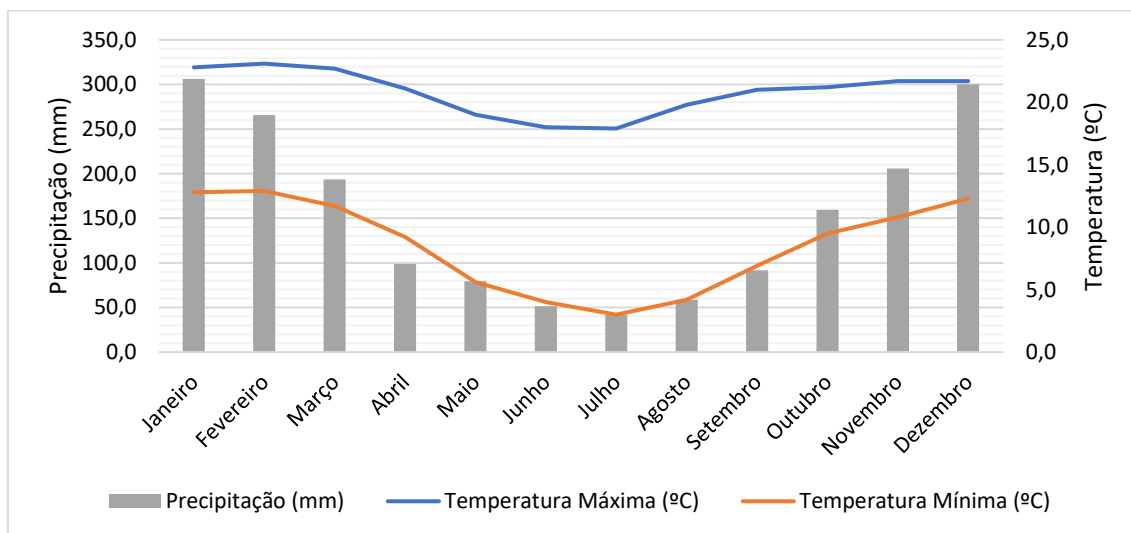
O clima predominante da região é o tropical úmido ao longo do Vale do Paraíba, e tropical de altitude nas regiões da Serra da Mantiqueira e Serra do Mar, as quais apresentam alta pluviosidade (Figura 9). Mais especificamente, o município de Lorena apresenta clima tropical chuvoso com inverno seco (Aw, segundo a classificação de Köppen) (LORENA, 2016).

As feições geomorfológicas presentes no município são: planícies aluviais, caracterizadas por terrenos baixos e parcialmente planos junto às margens de rios que estão sujeitos a inundações; escarpas festonadas, desfeitas em anfiteatros separados por espigões, topos angulosos, vertentes com perfis retilíneos, drenagem de alta intensidade, padrão subparalelo a dentrítico, vales fechados; morros paralelos, que possuem topos arredondados, vertentes com perfis convexos a retilíneos, drenagem de alta densidade, padrão em treliça a localmente subdentrítica, vales fechados a abertos, planícies aluvionares interiores restritas; mar de morros, com topos arredondados, vertentes com perfis convexos a retilíneos, drenagem de alta densidade, padrão dentrítico a retangular, vales abertos a fechados, planícies aluvionares interiores desenvolvidas; e colinas pequenas com espigões locais, com topos aplainados e arredondados, vertentes

ravinadas com perfis convexos a retilíneos, drenagem de média a baixa densidade, padrão subparalelo a dentrítico, vales fechados, planícies aluviais interiores restritas (SOUZA, 2004).

Vale ressaltar que os solos do Vale do Paraíba foram extremamente prejudicados devido ao mau uso ao longo da história, começando com a retirada da mata primitiva de forma discriminada e com o cultivo intensivo de café no século passado que prejudicou a fertilidade da região (LORENA, 2016). Observa-se intensa erosão nas áreas de alta declividade devido a exploração pecuária que até hoje domina o uso do solo na região na forma de pastagem de gado leiteiro (SOUZA, 2004).

Figura 9: Termopluviograma do município de Lorena



Fonte: INMET (2015)

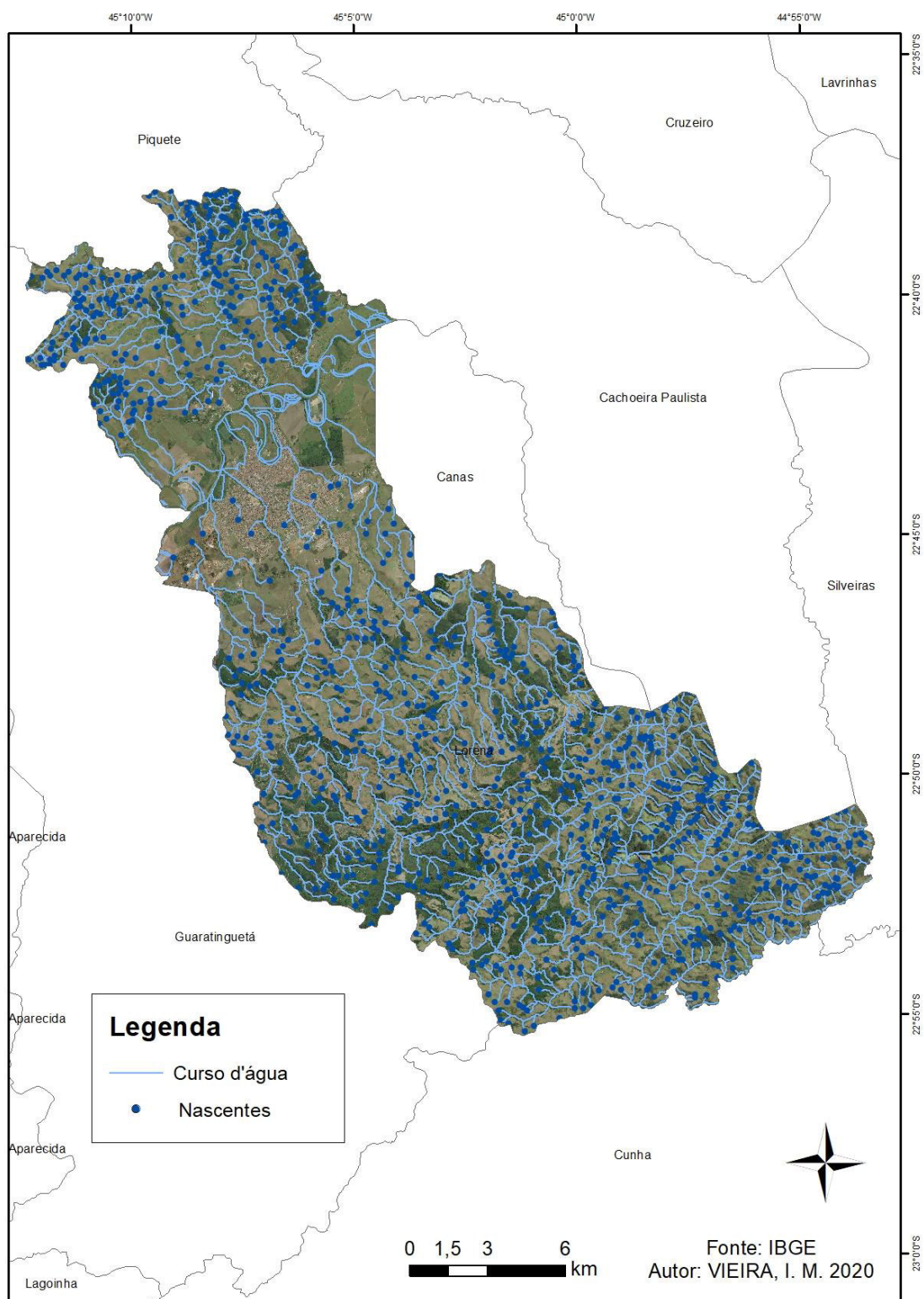
O Vale do Paraíba, historicamente, era constituído pela vegetação de Mata Atlântica, típica da Serra do Mar, o que na época se apresentava como um problema à expansão econômica. Com o desenvolvimento das plantações de café na região, seguindo as rotas de exploração de minérios do período colonial, as florestas nativas foram destruídas para darem espaço as lavouras. Atualmente o que restou da vegetação nativa consiste em apenas 11% do território e esse remanescente continua a ser explorado, seja pela indústria madeireira, pela criação de gado de corte ou por incêndios (DEVIDE, 2013).

O município de Lorena é banhado pelo Rio Paraíba do Sul, que corta o município por cerca de 16 km de extensão, com uma largura média de 100 m e que

apresenta os seguintes afluentes: Rio Jaguari, Rio Paraibuna, Rio Pomba, Rio Muriaé, Rio Pirai, Rio Piabanha e Rio Dois Rios (ANA, s.d.).

A região de estudo apresenta 1004 nascentes distribuídas pelo território e a Figura 10 apresenta um mapa com a delimitação dessas nascentes e a hidrografia do município. Há, aparentemente, uma distribuição homogênea e as nascentes se concentram em toda zona rural, ao norte e ao sul, sendo menos incidentes no perímetro urbano.

Figura 10: Mapa de localização e delimitação de nascentes do município de Lorena (SP)



Fonte: IBGE (2010)

3. SÍNTESE DA BIBLIOGRAFIA FUNDAMENTAL

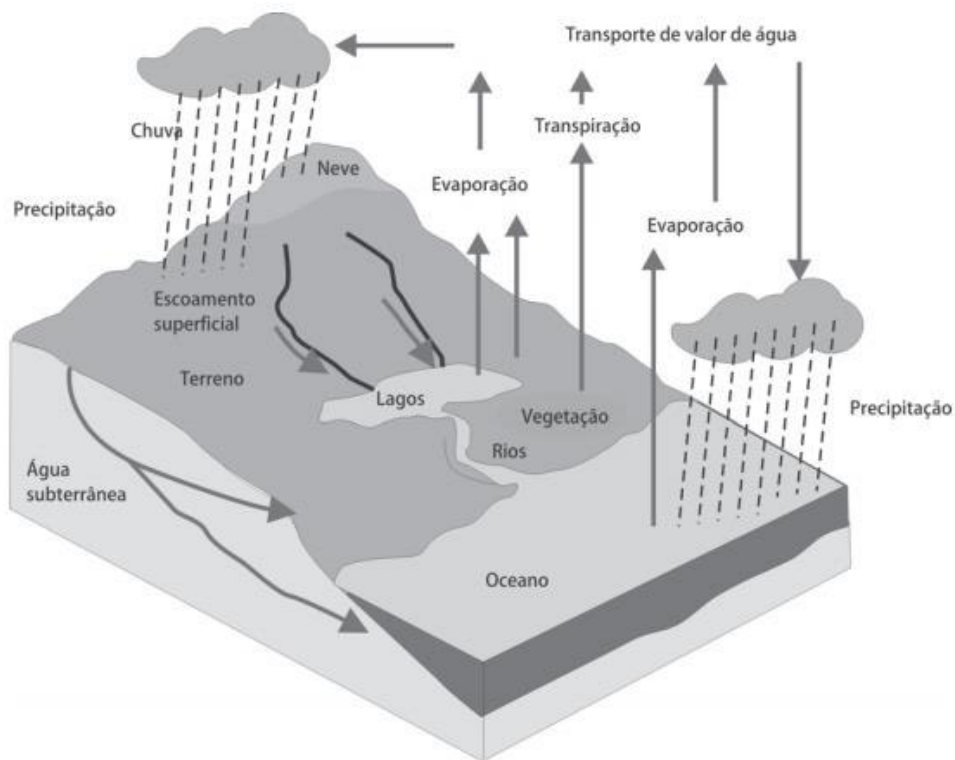
3.1 Aspectos Físicos da Paisagem

3.1.1. Ciclo Hidrológico e Bacias Hidrográficas

O ciclo hidrológico pode ser descrito a partir da energia solar, com a evaporação da água dos oceanos que é transportada pelo movimento das massas de ar e que, por sua vez, se condensa formando as nuvens que levam a precipitação. Uma parte da água precipitada é absorvida pelo solo, voltando ao ciclo por evaporação e transpiração das plantas, uma outra parcela escoar até os corpos d'água e a última parte penetra nos lençóis d'água subterrâneos (VILLELA e MATTOS, 1975).

Na superfície terrestre, tem-se um fluxo sempre positivo dado o balanço entre os volumes de precipitação e evaporação, o que faz com que a água dos rios se movimente em direção aos oceanos. Já nos oceanos, o fluxo de água entre os processos de precipitação e evaporação é negativo, ou seja, há maior volume de água sendo evaporado do que precipitado (Figura 11). Logo, esse volume desloca-se para o continente fechando o ciclo hidrológico. (TUCCI, 1997).

Figura 11: Ciclo Hidrológico



Fonte: TUCCI (1997)

Vale ressaltar a importância da vegetação nos processos hidrológicos, uma vez que boa parte da água precipitada é retida pela superfície das folhas e evaporada assim que as condições forem favoráveis. A partir da total evaporação dessa massa de água, as plantas passam a perder a umidade que absorvem do solo por meio de suas raízes. Além disso, a vegetação auxilia no processo de infiltração da água fluvial que chega ao solo, evitando que o escoamento superficial seja intenso e cause problemas ambientais, como deslizamento de residências em terrenos de alto declive. Além disso, o peso da vegetação e o excesso de água no solo podem também acarretar em movimentos de massa (TUCCI, 1997).

As bacias hidrográficas, como unidades de planejamento e gestão ambiental, são áreas que podem ser definidas topograficamente, drenada por um ou mais cursos d'água conectados, e se apresentam como regiões de captação natural de água fluvial. Sua rede de drenagem tem como papel conduzir a água até a foz. De suas características principais podemos citar a área de drenagem, declividade e comprimento do rio principal. Durante a precipitação, nem toda água que cai é infiltrada, devido às irregularidades do terreno, declividade, tipo de solo e presença de vegetação, e ela passa

a ser acumulada. Por isso a todo momento ocorre evaporação, ainda que em quantidades desprezíveis ou não, como é o caso da água que escoar sobre o curso d'água (VILLELA e MATTOS, 1975).

Devido à sua importância, tanto para os processos naturais, quanto para a gestão dos recursos hídricos, a Lei Federal nº 9.433, de 08 de Janeiro de 1997, estabelece em um de seus fundamentos a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

3.1.2 Nascentes e Cursos d'água

Dentro de uma bacia hidrográfica, as nascentes, como subunidades de preservação, podem ser definidas como o afloramento do lençol freático responsável pelo surgimento de corpos d'água e se localizam em encostas ou depressões do terreno, ou até no nível de base em que passa o curso d'água (CALHEIROS, 2009). Sob o aspecto ambiental, a nascente “é uma área onde há a exsudação natural de água subterrânea de forma a possibilitar a formação e a sustentabilidade de uma biocenose associada à água que disponibiliza” (LIMA W., 2008. p. 3).

A Resolução Conama nº 303/2002 em seu Art. 2º estabelece a definição de nascente como “local onde aflora naturalmente, mesmo que de forma intermitente, a água subterrânea” e em seu Art. 3º define como área de preservação permanente de uma nascente a área situada ao seu redor com raio mínimo de cinquenta metros (CONAMA, 2002).

Na hidrologia, as nascentes são definidas como locais onde se iniciam os cursos d'água, também conhecidas como minações, fios d'água, olhos d'água ou fontes. Para Barbanti et al. (2002, p. 7), “uma nascente é uma descarga concentrada de água subterrânea que aflora à superfície do terreno como uma corrente ou um fluxo de água”.

As nascentes podem ser classificadas quanto a sua frequência como perenes (fluxo contínuo), temporárias (fluxo não contínuo, apenas em algumas estações do ano) e efêmeras (duram alguns dias ou algumas horas após a ocorrência de chuva). Podem também ser classificadas quanto à sua formação: as nascentes sem acúmulo d'água inicial ocorrem em terrenos declivosos, sendo conhecidas como nascentes de encosta e de contato; já as nascentes com acúmulo inicial são oriundas da interceptação entre a superfície freática e a superfície do solo quando a vazão é grande, originando as

nascentes do tipo vereda, como no caso das nascentes de fundo de vale e originárias de rios subterrâneos (CALHEIROS, 2009).

Segundo OLIVEIRA NETO (2013), uma nascente pode ser classificada quanto ao processo de exfiltração que a origina, podendo esse ser do tipo pontual (a água transpassa do subsolo para a superfície por um ponto delimitado), do tipo difusa (a água transpassa por uma área maior, sendo possível definir o ponto de exfiltração) ou do tipo múltipla (quando seu afloramento se dá por vários pontos).

Várias são as formas de ocorrência dos recursos hídricos, todavia as nascentes são as que apresentam papel fundamental no atendimento das demandas da população, seja para uso doméstico ou econômico (BRAGA, 2011). Segundo Donadio et al. (2005), a qualidade de água de uma nascente está relacionada com a presença ou ausência de vegetação natural no seu entorno, e por isso a importância de ações de preservação da cobertura vegetal nessas áreas.

A vegetação exerce papel de proteção contra a erosão do solo, a sedimentação e a lixiviação, garantindo que ocorra abastecimento de água de boa qualidade (SOPPER, 1975). As nascentes, cursos d'água e represas podem ser diferenciados quanto às estratégias de preservação, embora apresentem em comum o uso de estruturas físicas e vegetação para controlar a erosão do solo e a contaminação química e biológica.

O inciso IV do Art. 4º da Lei nº 12.651/2012 define como delimitação das áreas de preservação permanente “as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros” (BRASIL, 2012).

Para OLIVEIRA-FILHO et al. (1994), a remoção das matas ciliares do entorno de nascentes e cursos d'água, em desacordo com a legislação, fomenta o assoreamento dos corpos hídricos, alterando características físicas da água como a turbidez, o que prejudica o ecossistema aquático como um todo.

3.2 As formas de uso da terra

De acordo com cenário de desmatamento e remoção de vegetação nativa no entorno de áreas fundamentais para preservação ambiental, o estudo das formas de uso da terra destaca-se pela sua importância diante de questões ambientais, sociais e econômicas como subsídio para um desenvolvimento sustentável.

Esse assunto passou a ser abordado ainda no século XIX, quando Johann Heinrich von Thünen desenvolveu um modelo que relacionava preço, distância e uso da terra agrícola no estudo da espacialização do uso da terra, em sua teoria dos círculos concêntricos. O autor descartava a diferença entre as condições de fertilidade da terra, clima e relevo, assim como as tecnologias de produção empregadas e os tipos de transportes utilizados, e propunha que a disposição dos diferentes tipos de uso do solo estivesse de acordo com zonas concêntricas. Assim, considerando que o consumidor se localizava ao centro, os produtos de maior perecibilidade deveriam se dispor sobre os círculos menores, enquanto os produtos mais resistentes se localizassem nos círculos maiores (FAGUNDES, 2012).

O modelo de Thünen se aplicava as áreas rurais, porém não era compatível com a realidade urbana. Em 1939, Hoyt desenvolveu um modelo setorial de estruturação urbana que relacionava os padrões de valor de uso do solo com a localização e a distribuição setorial deles. Em 1945, Harris e Ullman apresentaram um modelo de múltiplos núcleos, que se aproximava muito mais da realidade por considerar que as cidades não crescem a partir de um único centro de produção (FAGUNDES, 2012). A Figura 12 representa os seguintes modelos e evidencia suas diferenças.

Figura 12: Modelos de representação da estrutura das cidades



TRÊS GENERALIZAÇÕES DA ESTRUTURA INTERNA DAS CIDADES

Distritos:

- | | |
|--------------------------------|----------------------------------|
| 1. Centro comercial | 6. Fabricação pesada |
| 2. Fabricação leve | 7. Distrito comercial periférico |
| 3. Residências de classe baixa | 8. Subúrbio residencial |
| 4. Residências de classe média | 9. Indústria periférica |
| 5. Residências de classe alta | 10. Zona de transição |

Fonte: FAGUNDES (2012)

Com o objetivo de realizar um mapeamento do uso e ocupação do solo a nível mundial, a União Geográfica Internacional (UGI) solicitou uma reunião a fim de avaliar e deliberar a respeito de um projeto internacional que realizasse o levantamento mundial do uso e ocupação da terra. A partir disso, foi desenvolvido um programa visando o mapeamento mundial com base em um sistema de classificação padronizado (FAGUNDES, 2012).

Segundo Santos e Silveira (2004, p. 93), o uso de um território depende de suas funções produtivas e da qualidade de informação empregada, ou seja, o uso será definido a partir do conhecimento técnico disponível e aplicado e das intenções políticas por trás desse. Entender os diferentes tipos de uso da terra como conjuntos e suas preocupações ambientais, tal qual a demanda de controle e mitigação das mudanças climáticas, é fundamental para uma visão crítica e possíveis soluções para o modelo de desenvolvimento econômico (IBGE, 2013).

As atuais formas de uso e ocupação do solo, em conjunto ao modelo econômico vigente, trazem diversos impactos no que se refere aos recursos hídricos, assim como é muito comum encontrar propriedades em áreas rurais que não cumprem com a legislação em relação às reservas legais e áreas de APP previstas no Novo Código Florestal (Lei Federal nº 12.651/2012).

O avanço tecnológico trouxe muitas vantagens, uma delas é a possibilidade de combinar informações meteorológicas ao uso da terra, com a utilização de radares, satélites, computadores e de SIG. Atualmente, existem ferramentas complexas para o conhecimento do uso e ocupação do solo, como é o caso de satélites que produzem imagens em grande escala da superfície terrestre.

Santos e Silveira (2004) afirmam que as ações públicas desde sempre olharam para o uso e ocupação do solo como uma possibilidade única e que são necessárias ações que visem um uso múltiplo do espaço. Além disso, há uma necessidade de entender os prejuízos econômicos produzidos pelo modelo econômico histórico e atual, de tal forma a não só entender as mudanças na forma de apropriação do solo, mas também o quanto resta ainda de patrimônio natural (IBGE, 2013).

O estudo sobre o uso e ocupação do solo revela a distribuição geográfica dos diversos tipos de usos com base em padrões homogêneos de cobertura, objetivando a classificação e espacialização das classes de uso e produzindo uma ferramenta fundamental de planejamento e de construção de indicadores ambientais (IBGE, 2013). De acordo com o IBGE, classificar é agrupar itens em conjuntos levando-se em conta

suas propriedades, considerando um método de avaliação. Para classificar o uso e ocupação do solo, faz-se necessário o entendimento do que significa terra, uso da terra e cobertura da terra.

Segundo A FRAMEWORK (1976), citado pelo IBGE (2013), Terra pode ser definida como:

“O segmento da superfície do globo terrestre definido no espaço e reconhecido em função de características e propriedades compreendidas pelos atributos da biosfera, que sejam razoavelmente estáveis ou ciclicamente previsíveis, incluindo aquelas de atmosfera, solo, substrato geológico, hidrologia e resultado da atividade do homem.”

O uso e ocupação do solo está relacionado às atividades antrópicas desenvolvidas em uma determinada extensão de terra, com algum objetivo socioeconômico como agricultura. Já a cobertura do solo diz respeito aos elementos naturais que cobrem a superfície terrestre (vegetação, por exemplo) ou construções artificiais antrópicas (IBGE, 2013). O sistema de classificação da cobertura e do uso da terra disponibilizado pelo IBGE no qual se baseou a metodologia deste trabalho está disponível na seção de Anexos e consiste em uma ferramenta fundamental para estudos voltados aos impactos ambientais por ações antrópicas.

3.3 Degradação, impacto ambiental e recuperação

Os impactos ambientais que estão em evidência no século atual são provenientes de ações antrópicas sobre o ambiente que causam alterações de suas propriedades físicas, químicas ou biológicas, gerando prejuízos à saúde do planeta como um todo. Diante disso, são necessárias algumas medidas que visem identificar e mitigar tais impactos ambientais (ALVES; LIMA; FARIAS, 2012, p.161).

De acordo com a Resolução Conama nº 001, de 23 de janeiro de 1986, Art. 1º, impacto ambiental pode ser definido como

“Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - a biota;
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - a qualidade dos recursos ambientais.” (BRASIL, 1986)

Os impactos ambientais negativos são oriundos de processos de degradação encontrados em diversas partes do mundo, tais como intervenções antrópicas, crescimento populacional, práticas inadequadas de agropecuárias, entre outros. Segundo Lemos (2001), a degradação ambiental pode ser definida como destruição, deterioração ou desgaste causado ao meio ambiente por atividades econômicas ou aspectos populacionais e biológicos.

De acordo com a Lei nº 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente, artigo 3, inciso II, o termo degradação ambiental é definido como “degradação da qualidade ambiental, a alteração adversa das características do meio ambiente” (BRASIL, 1981).

Das atividades que causam degradação ambiental no país, destaca-se a agropecuária e suas práticas, uma vez que modificam drasticamente o cenário de cobertura vegetal para pastagem, alteram as propriedades do solo com cultivo intensivo, uso de fertilizantes, agrotóxicos e irrigação intensiva (GLEISSMAN, 2005).

Para Lemos (2001) o uso intensivo do solo leva a degradação da matéria orgânica e compactação do solo pelo maquinário pesado, sendo um dos grandes responsáveis pela degradação ambiental no Brasil. O uso de agrotóxicos e fertilizantes na produção agrícola causam impactos à saúde humana já comprovados e ao meio ambiente, como poluição das águas (através do processo de lixiviação oriundo da irrigação).

A cobertura vegetal tem papel fundamental nos processos de infiltração, percolação e armazenamento de água, diminuindo o processo de escoamento superficial que leva a aceleração de processos erosivos superficiais (LIMA, 1986a). Segundo Zon (1927), citados por Lima (1986b), sob todos os aspectos que são influenciados pela floresta, os rios e a regularidade de seus escoamentos são os que se destacam no que diz respeito a economia.

No que diz respeito ao desmatamento, tal atividade gera impactos negativos a qualidade da água, consequência de processos de erosão e sedimentação do solo (LIMA, 1986b). Com a retirada da cobertura vegetal, a camada superficial perde sua proteção contra a compactação causada pelas gotas de água da chuva e capacidade de infiltração,

o que é extremamente prejudicial ao abastecimento dos lençóis freáticos (SERRA, 1993).

Tanto a erosão quanto a lixiviação do solo são resultados da diminuição na capacidade de infiltração, que leva a um maior escoamento superficial, perda de nutrientes e aumento da turbidez da água, que por sua vez pode causar eutrofização dos corpos d'água (MENDES & ZOTELLI, 2000).

A erosão do solo oriunda de atividades pecuárias ambientalmente inadequadas é um problema muito comum quanto a degradação de nascentes, devido a fatores como remoção da cobertura vegetal natural (desmatamento), utilização de maquinários mecânicos de forma intensiva, emprego de fertilizantes e outros produtos químicos para cultivos que levam a profundas alterações morfológicas, físicas, químicas e biológicas no solo (FERNANDES, 1982). Por sua vez, a erosão do solo causa perda de nutrientes e de profundidade de enraizamento, o que prejudica a qualidade e produtividade agrícola, tal qual a redução da capacidade de infiltração diminui a quantidade de água disponível para as plantações (PBH do RIO LEÇA, 2001). Dessa forma, a erosão superficial do solo afeta direta e negativamente a recarga dos lençóis freáticos.

Das atividades agropecuárias prejudiciais ao meio ambiente, pode ser citado o preparo e manejo intensivo do solo com arações profundas e gradagens sucessivas, além da utilização de maquinários pesados que levam a degradação física e compactação dos solos (PINTO, 2003).

Outra atividade a ser comentada é o superpastejo, ou seja, o pastejo intensivo e repetitivo do gado, promovendo a compactação do solo entre 7 a 15 cm que leva a redução da capacidade de infiltração do solo (COSTA, 1978). Rauzi (1963), citado por Costa (1978) afirma que a infiltração da água da chuva no solo pode ser avaliada como um fator proporcional à cobertura vegetal e inversamente proporcional à intensidade de pastejo.

Por fim, pode-se citar também a prática de queimada em áreas agrícolas que tem como objetivo a redução, eliminação ou controle de crescimento da cobertura vegetal indesejada, facilitando as operações de preparo do solo, colheita e controle de pragas e ervas daninhas, de forma barata e rápida (SANTOS et al, 1992a). Estudos realizados em plantações de eucalipto em Minas Gerais revelaram que as queimadas levam a perda de cálcio, magnésio e potássio presentes na camada superficial, além de redução na velocidade de infiltração de água no solo (POGGIANI et al., 1983).

A poluição dos mananciais tem sido observada com maior frequência nos últimos anos e ela pode se dar por causas naturais (como chuvas, por exemplo) ou por atividades antrópicas (produção de poluentes químicos, por exemplo) que apresentam fontes pontuais ou difusas (BARROSO & SILVA, 1992). Um exemplo recorrente de fontes de poluição difusas são os efluentes industriais e domésticos, despejados em corpos hídricos atingindo diversas e extensas áreas (SIMÕES, 2001).

Nos reflorestamentos mal planejados, segundo Castro (2001), observa-se redução de volume de água nas nascentes nas seguintes situações:

- a) Quando o volume de evapotranspiração é maior que o volume de precipitação;
- b) Quando, em solos profundos, a intensidade de árvores faz com que suas copas intercepte a água da chuva e prejudique a disponibilidade de água para as raízes;
- c) Quanto a presença de espécies freatófitas (lenhosas e herbáceas) que têm por característica a retirada de água dos lençóis freáticos em grande quantidade.

Segundo Rodrigues e Shepherd (2000), citados por Calheiros (2009), para recuperação da cobertura vegetal nas APPs degradadas, é de fundamental importância distinguir qual o tipo de afloramento de água quanto ao acúmulo de água inicial. Isso porque deve-se escolher as espécies a serem plantadas levando em consideração a profundidade do perfil, fertilidade do solo e a possibilidade de submersão temporária das raízes das plantas, assim como a interferência da vegetação no consumo de água da nascente.

Na maioria dos casos, a cobertura vegetal do tipo floresta é a mais indicada para recuperação de nascentes, embora não exista uma composição ideal para tal propósito, e é fundamental o conhecimento das espécies escolhidas quanto sua contribuição hidrológica (CALHEIROS, 2009).

Rodrigues e Gandolfi (1993) resumem a maioria dos métodos de reflorestamento de áreas ciliares em um processo de 5 etapas:

1. Escolha do sistema de reflorestamento: de acordo com o grau de preservação da área, pode ser:
 - a) Implantações - ideal para áreas muito perturbadas que não apresentam nenhuma característica biótica ou abiótica original, como é o caso de áreas de agropastoril;

- b) Enriquecimento - indicado para áreas de perturbação mediana, apresentando algumas das características bióticas e abióticas originais, como é o caso de áreas ocupadas por capoeiras;
 - c) Recuperação natural - para áreas pouco perturbadas e que ainda apresentam a maior parte das características bióticas e abióticas da formação vegetal original, essas devem apenas serem protegidas dos fatores de perturbação para que os processos naturais ocorram;
 - d) Nucleação - indicado para potencializar e influenciar na formação de novas populações, criando novos ninchos de regeneração e colonização.
2. Escolha das espécies: consiste em um levantamento das espécies de formação florestal ciliar originais remanescentes próximas à região da nascente, podendo também adicionar espécies frutíferas e melíferas não encontradas nas formações originais, mas que são benéficas no processo de recuperação da fauna terrestre e aquática.
3. Combinação das espécies: os diversos métodos de combinação de espécies diferem quanto a consideração dos estádios sucessivos das espécies; quanto a proporção de espécies nos diferentes estádios sucessivos; quanto ao espaçamento e densidade da mudas no plantio; e quanto a estratégia adotada para o plantio das espécies. Além disso, deve-se respeitar a ordem dos grupos ecológicos, de forma que primeiro sejam plantadas as espécies pioneiras que são mais altas e crescem rápido. Depois são plantadas as espécies secundárias, que precisam de sombra pra se desenvolverem.
4. Distribuição das espécies no campo: varia de acordo com as características das espécies escolhidas, mas o principal é garantir que as espécies adaptadas ao encharcamento permanente sejam plantadas nas áreas de brejo e que as espécies não tolerantes sejam destinadas a áreas não sujeitas a alagamento.
5. Plantio e manutenção: a última etapa, de acordo com Tabai (2002) se subdivide em passos e orientações gerais a serem considerados.
- a) Preparo do terreno - é importante que as áreas de plantio do terreno sejam

- limpas para facilitar o processo e para proteger as mudas;
- b) Combate às formigas - as formigas destroem as folhas e acabam matando as mudas, por isso é fundamental que sejam destruídos os formigueiros antes do plantio com o uso de isca granulada, que apresenta baixa toxicidade e fácil aplicação;
 - c) Adubação - a adubação pode ser do tipo orgânica (esterco de curral curtido) ou química (fórmula NPK 4:14:8). O adubo deve ser misturado com a camada superficial do solo, depositado no fundo da cova preparada para plantio e complementando com o restante do solo por cima;
 - d) Plantio - as mudas devem ter pelo menos 30 centímetros de altura e devem ser amarradas em varetas-guias de bambu com um metro de altura que irão dar orientação ao crescimento e ajudarão na localização das mudas no meio do terreno;
 - e) Manutenção do plantio e replantio - a manutenção consiste no coroamento das mudas para que estas não sejam sufocadas pelo mato. Além disso, após 60 dias do plantio, é realizado o replantio das mudas que morreram.

3.4 Geotecnologia para Estudos Ambientais

Os avanços tecnológicos têm desempenhado importante papel nas transformações da sociedade, com grande destaque na maneira de analisar e mitigar os impactos ambientais, ou até mesmo no planejamento ambientalmente correto das ações antrópicas a partir de informações geográficas. O desenvolvimento de tecnologias espaciais, como satélites artificiais, possibilitou a aquisição de dados precisos e de imagens da superfície terrestre, que servem como subsídio para diversos estudos. Atualmente, o planejamento e gestão dos espaços requer uma análise abrangente de diferentes componentes físicos e bióticos, tal qual a forma de ocupação antrópica do espaço (CÂMARA; MEDEIROS, 1998).

Segundo TÔSTO et al. (2014), geotecnologias consistem em técnicas de análise, estudo e conservação de recursos naturais a partir de informações espaciais, aplicadas para estudos nas áreas de topografia, hidrografia, geologia e geomorfologia e de indicadores ambientais (temperatura, pluviosidade, por exemplo), como também para estudos de prevenção de desastres naturais (terremotos, enchentes, erupções vulcânicas)

e de monitoramento de atividades antrópicas (agropecuária e infraestrutura, por exemplo).

Os órgãos responsáveis pelas questões de ordem ambiental e de acompanhamento das modificações espaço-temporais se utilizam de geotecnologias como principal fonte de dados, devido a necessidade de manipulação de diversas variáveis simultaneamente, aliada a falta de recursos financeiros e de mão de obra especializada. Tais órgãos e instituições disponibilizam dados e softwares em plataformas virtuais para que tais recursos possam ser empregados em diversas análises geossistêmicas, em diversos estudos, por diferentes instituições além dos gestores públicos (SEABRA, 2009).

As geotecnologias servem de suporte, por exemplo, para a identificação de áreas de expansão da fronteira agrícola, a detecção de áreas afetadas por eventos climáticos extremos e a espacialização de processos de degradação das pastagens e fitossanidade das culturas (TÔSTO et. al, 2014).

De acordo com FERRAZ (2015), as principais aplicações de geotecnologias são: aumento da capacidade de fiscalização a partir da automação dos processos e da disponibilidade de informações sistematizadas; redução de custos no que diz respeito ao custo de locomoção dos auditores aos locais de fiscalização; possibilidade de fiscalização em mais espaços e em diversos momentos em tempo real; maior capacidade de planejamento das ações de controle e, por sua vez, maior eficiência dessas ações; e capacidade de monetização entre variáveis não-quantitativas, servindo de subsídio para projetos e políticas públicas.

Dentro das geotecnologias de processamento de dados geoespaciais estão englobadas os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), os Sistemas de Navegação Global por Satélite (GNSS) e os Sistemas de Processamento de Imagens (SPI). No Brasil, os principais problemas na aplicação das geotecnologias para mapeamento e monitoramento consistem na grande dimensão física do país, na presença de diversos biomas e no dinamismo no que diz respeito ao uso e cobertura do solo (EMBRAPA, s.d.).

O uso de SIG para coleta, armazenamento, processamento e análise de dados georreferenciados tem se tornado cada vez mais comum, uma vez que possibilitam de forma mais fácil o gerenciamento de informações e a tomada de decisão no planejamento municipal, estadual e federal, quanto na proteção ambiental (FILHO; IOCHPE, 1996).

O SIG pode ser definido como um conjunto de ferramentas computacionais responsáveis pelo processamento de dados georreferenciados, possibilitando análises complexas e a integração de dados de diversas fontes (CÂMARA; MEDEIROS, 1998). De acordo com GOODCHILD (1997), o termo SIG tem três abordagens principais:

- Sistemas de Informações Geográficas (*Geographic Information System*), no que diz respeito às ferramentas de aquisição, armazenamento e tratamento dos dados georreferenciados;
- Ciência de Informações Geográficas (*Geographic Information Science*), no que se refere à ciência multidisciplinar por trás da tecnologia de geoprocessamento;
- Estudos de Informações Geográficas (*Geographic Information Studies*), quanto aos estudos de contextos sociais e econômicos utilizando informações geográficas.

A tecnologia de SIG pode, também, ser classificada quanto aos seus domínios de aplicação: primeiramente, como um banco de dados de informações georreferenciadas; como ferramenta analítica entre as camadas do mapa, especificando relações lógicas e matemáticas entre os dados; por último, como sistema de apoio à tomada de decisão a partir dos resultados obtidos pelas análises (EASTMAN et al, 1995).

A principal vantagem dos SIG é a capacidade de manipular e integrar dados gráficos e não-gráficos como subsídio para análise e consulta envolvendo dados georreferenciados (FILHO; IOCHPE, 1996). Esses dados podem ser agrupados em três categorias: dados convencionais (nome e população de uma cidade, por exemplo); dados espaciais (limites de um município, por exemplo); e dados pictóricos (imagens aéreas, por exemplo).

3.5 Oportunidades para Restauração de Paisagens e Florestas na Porção Paulista do Vale do Paraíba (Metodologia ROAM)

O projeto de aplicação da Metodologia de Avaliação de Oportunidades de Restauração no Vale do Paraíba foi desenvolvido pelo *World Resources Institute* (WRI), em parceria com a União Internacional para Conservação da Natureza (UICN), a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA/SP), além de outros parceiros. Seu principal objetivo, de acordo com seus executores, foi representar um

valioso subsídio para orientar políticas públicas para a região, realizando o mapeamento das oportunidades para restauração de paisagens e florestas no Vale do Paraíba Paulista. As informações sobre o projeto, tal qual os dados cartográficos e o relatório, estão disponíveis no site do projeto ([PADOVEZI, 2018](#)). Segundo o relatório do projeto:

“A ROAM é uma abordagem desenvolvida para auxiliar na articulação de atores, reunir e analisar informações, identificar as principais motivações e oportunidades para restauração, de maneira inclusiva e participativa, procurando conciliar soluções para o aumento da cobertura florestal, geração de benefícios ambientais, sociais e econômicos”. (PADOVEZI, 2018)

O levantamento das Oportunidades foi realizado com a premissa de promover a restauração da região devido à necessidade de identificar as regiões prioritárias para restauração com base em fatores motivacionais definidos nas oficinas do projeto. Foram considerados os seguintes fatores:

- Produção de sedimentos: definição das áreas prioritárias a partir das que apresentaram maior “total de sedimento exportado anualmente”. Esse valor foi calculado a partir da Equação Universal de Perda de Solos (EUPS);
- Áreas prioritárias para recarga de aquífero: definição das áreas prioritárias segundo a metodologia do artigo “Mapa de infiltração do alto e médio Vale do Paraíba do Sul com base em elementos do meio físico e na precipitação” de Soares et al. (2008);
- Estimativa média de renda mensal: identificação das comunidades mais vulneráveis (renda menor que 1 SM) segundo dados do IBGE.

No contexto do projeto ROAM, foram consideradas apenas as áreas identificadas como pastagem para definição das oportunidades de restauração. Dessas três principais motivações levantadas, as duas primeiras estão relacionadas com a provisão de serviços ecossistêmicos relacionados à aptidão agropecuária – preservação do solo e água – enquanto a última relaciona-se com a geração de renda para a população rural (PADOVEZI, 2018).

O mapeamento das Opções para Restauração de Paisagem e Floresta (RPF) no VPP levou em conta as potencialidades biofísicas, condições ambientais, restrições legais e

limitações econômica da região, de tal forma que fosse relevante para os fatores que influenciaram a ação. Assim, de acordo com o histórico da região de estudo, foram definidas 9 categorias de restauração:

- Sistema Silvipastoril – do tipo *Voisin* com espécies arbóreas nativas;
- Silvicultura de Nativas – uso exclusivo de espécies com fins comerciais;
- Silvicultura de Nativas Biodiversa – combinação de espécies nativas com e sem interesse comercial;
- Sistemas Agroflorestais – com espécies arbóreas nativas com fins comerciais consorciadas com espécies agrícolas;
- Sistemas Agroflorestais Biodiversos – com espécies nativas com e sem fins comerciais, intercalados com espécies agrícolas;
- Enriquecimento Econômico – regeneração natural com incremento de espécies nativas selecionadas para fins comerciais;
- Enriquecimento Ecológico - regeneração natural com incremento de espécies nativas selecionadas sem fins comerciais;
- Reflorestamento Ecológico ou Restauração Assistida – restauração completa sem fins comerciais, e
- Regeneração Natural – restauração cuja única intervenção é o isolamento da área.

Para que seja realizada a restauração produtiva, funcional e biodiversa, a intervenção deve estar alinhada com uma Categoria de Intervenção de RPF (conjunto de ações que norteiam o projeto).

4 OBJETIVOS GERAIS E ESPECÍFICOS

4.1 Objetivos gerais

O principal objetivo desse trabalho foi realizar o mapeamento e classificação do nível de degradação das nascentes do município de Lorena (SP) buscando a obtenção de uma base de dados espaciais que possam subsidiar a restauração de paisagens e florestas nas áreas de APP de nascente no município.

4.2. Objetivos específicos

Com base no objetivo geral estabelecido, listou-se como objetivos específicos as ações realizadas ao longo do trabalho:

- Espacializar as áreas de preservação permanente (APP) das nascentes presentes no município de Lorena;
- Identificar e classificar os tipos de uso e ocupação do solo nas APP de nascente de Lorena e sua conformidade em relação à legislação ambiental vigente;
- Classificar as nascentes de acordo com o nível de degradação e preservação da cobertura vegetal em suas respectivas APP;
- Realizar uma análise comparativa dos resultados obtidos nesse trabalho com os resultados do projeto de aplicação da Metodologia de Avaliação de Oportunidades de Restauração (ROAM, na sigla em inglês) no Vale do Paraíba Paulista.

5 ASPECTOS METODOLÓGICOS

A metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho pode ser dividida em uma sequência de etapas, tendo como partida a revisão bibliográfica a respeito da área de estudo e da temática abordada no trabalho, e a elaboração da base de dados georreferenciados que subsidiaram as análises propostas.

A revisão bibliográfica foi realizada a partir de artigos científicos, dissertações e teses disponibilizados em bases virtuais acadêmicas como SciELO, Google Acadêmico, Portal da CAPES e SIBiUSP, assim como em sites de instituições públicas, como IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), Fundação SEADE (Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados Estatísticos), MMA (Ministério do Meio Ambiente) e SMA (Secretaria do Meio Ambiente). Além disso, também foi realizado o estudo da legislação ambiental vigente, tendo como base o Novo Código Florestal Brasileiro (Lei Federal 12.651/12); a Política Nacional dos Recursos Hídricos (PNRH); a Resolução da Secretária de Meio Ambiente nº 32 e a Lei Municipal 3.676/14.

Para a construção da base de dados georreferenciados que subsidiaram o mapeamento proposto, foram utilizadas ortofotos com resolução de 1 metro e na escala 1:25.000 de 2010/2011 disponíveis pela plataforma DataGeo da SMA. Dessa mesma fonte também foram obtidas as cartas topográficas e os arquivos referentes à malha hidrográfica, na escala de 1:10.000 e 1:25.000, respectivamente, produzidos pelo Instituto Geográfico e Cartográfico de São Paulo (IGCSP). Os arquivos com as camadas vetoriais dos limites municipais e estaduais foram coletados na plataforma online do IBGE.

O processamento dos dados digitais, bem como o tratamento, a checagem e a validação dos mesmos, foi realizado com o suporte do software de geoprocessamento ArcGIS 10.7, utilizando informações cartográficas e de sensoriamento remoto para identificação das formas de uso e delimitação das APP de todas as nascentes do município. As nascentes foram definidas a partir de procedimentos automatizados para criação de feições pontuais cujas coordenadas coincidem com o início de cada linha que representa um curso d'água na base cartográfica digital da Hidrografia do Estado de São Paulo (UGRHI 02), escala 1:50.000, disponibilizada no sistema DataGEO. Para a delimitação das APP foram criadas áreas de abrangência (*buffer*) com o valor de 50 metros, conforme exigência da legislação atual.

A partir da base de dados georreferenciados, foram identificadas as formas de uso do solo na APP de cada nascente através da vetorização dos alvos que compõem a paisagem dessas áreas.

A classificação de uso da terra nas APP teve como base a metodologia proposta por Campos e Matias (2010) e em uma adaptação da metodologia proposta no Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2007).

A partir das análises quali-quantitativas dos atributos mapeados, foi realizada a classificação da situação ambiental de cada nascente como preservada, perturbada ou degradada, conforme proposta de Pinto (2003); e a classificação da ocupação das APP das nascentes em acordo ou desacordo com a legislação ambiental, conforme proposta de Campos e Matias (2010). A classificação do uso da terra nesse trabalho se desdobra em *classes*, *subclasses* e *unidades*, conforme o Quadro 1.

Quadro 1: Classificação do uso da terra

Classe	Subclasse	Unidade
1. Áreas antrópicas não agrícolas	1.1. Áreas urbanizadas	1.1.1. Cidades vilas
		1.1.2. Complexo industrial
		1.1.3. Aterro sanitário
		1.1.4. Chácaras
		1.1.5. Outros
	1.2. Áreas de mineração	1.2.1. Áreas de mineração
	1.3. Áreas não identificadas	1.3.1. Áreas não identificadas
2. Áreas antrópicas agrícolas	2.1. Cultura temporária	2.1.1. Culturas alimentares comerciais (soja, milho, algodão etc.)
		2.1.2. Cana-de-açúcar
	2.2. Cultura permanente	2.2.1. Culturas comerciais (citricultura, café etc.)
3. Áreas de vegetação natural	3.1. Floresta	3.1.1. Área sem uso identificado
		3.2.1. Áreas sem uso identificado
	3.2. Campestre	3.2.2. Área de várzea sem uso identificado

4. Água	4.1. Corpo d'água continental	4.1.1. Uso diversificado
---------	-------------------------------	--------------------------




Fonte: adaptado de IBGE (2007)

O mapeamento das APP foi baseado no recorte e ajuste das feições vetorizadas e classificação de cada polígono, com base na tabela apresentada. Dessa forma, foi criado um campo denominado “Uso” na tabela de atributos do arquivo de APP e nele foram registrados os códigos referentes ao tipo de uso que cada polígono representava. Essa etapa se repetiu até que toda área que representa as APP fossem classificadas de acordo com o tipo de uso da terra nelas identificados.

Uma vez finalizada a classificação do tipo de uso da terra, foi realizada a classificação do nível de degradação das nascentes com base na adaptação das metodologias proposta por Pinto (2003) e Campos e Matias (2010). As formas de uso nas APP das nascentes foram classificadas como “em acordo com a legislação” quando se tratando de áreas de vegetação natural (floresta ou campestre) ou “em desacordo com a legislação” quando classificadas como áreas antrópicas, agrícolas ou pastagem, baseado em Campos e Matias (2010).

Com base na metodologia de Pinto (2003), as nascentes foram classificadas em três categorias de preservação: preservada (mais de 75% da área total da APP em acordo com a legislação); perturbada (entre 25 e 75% da área total da APP em acordo com a legislação) e degradada (menos de 25% da área total da APP em acordo com a legislação). Tal classificação está relacionada à porcentagem da área da APP que representa usos e ocupações em conformidade com a legislação (Unidade 3.1.1, 3.2.1 e 3.2.2) na Tabela 2 e está representada no Quadro 2.

Quadro 2: Níveis de conservação das nascentes

Classificação	Cobertura	Indicador
Degradada	< 25%	
Perturbada	25% a 75%	
Preservada	> 75%	

Fonte: adaptado de Pinto (2003)

Após a identificação dos tipos de uso da terra nas APP e a sua classificação em relação ao nível de degradação das nascentes, utilizando as metodologias citadas, foram gerados mapas temáticos para ampliar a compreensão sobre a área de estudo.

Por fim, a partir dos resultados obtidos foi realizada uma comparação das áreas mapeadas com o mapeamento de Oportunidades de Restauração realizado no âmbito do Projeto ROAM Vale do Paraíba (Metodologia de Avaliação de Oportunidades de Restauração, ROAM na sigla em inglês). O objetivo dessa comparação foi compreender se as APP das nascentes classificadas neste trabalho como degradadas coincidem com as áreas apontadas como potenciais de restauração no município de Lorena; e, nos casos positivos quais seriam as opções de restauração indicadas pelo projeto ROAM para essas áreas.

Para análise comparativa neste trabalho, foram utilizados os dados de Oportunidade e Opções RPF identificados no território que compreende o município de Lorena. Os resultados do Projeto ROAM utilizados nesse trabalho foram obtidos no site <https://www.restauracaovaledoparaiba.org.br/> na aba Download e consistem em mapas no formato shapefile. Para a análise comparativa foram utilizados os dados do mapeamento de Opções de Restauração de Paisagens e Florestas (RPF).

Utilizando o software ArcGIS 10.7, as áreas de APP das nascentes mapeadas nesse trabalho foram agrupadas em duas classes (Adequadas e Inadequadas) utilizando a ferramenta *Merge*, de acordo com o tipo de uso que lhes foi atribuído. Foram considerados usos adequados aqueles que se referem a áreas de vegetação natural e corpos d'água (unidades 3.1.1, 3.2.1, 3.2.2 e 4.1.1). As demais formas de uso identificadas foram classificadas como inadequadas, com base na legislação ambiental vigente.

Posteriormente, foi gerado um novo arquivo vetorial (*shapefile*) apenas com os dados das APP classificadas como de uso Inadequado para realização da intersecção com os dados de opções de RPF do ROAM, utilizando a ferramenta *Intersect*, sendo elas:

- Silvicultura Nativa – Biodiverso
- Sistemas Agroflorestais - Biodiverso
- Outro uso
- Silvopastoril

- Regeneração Natural
- Enriquecimento Ecológico
- Sistemas Agroflorestais
- Reflorestamento Finalidade Ecológica
- Enriquecimento Econômico
- Silvicultura de nativas

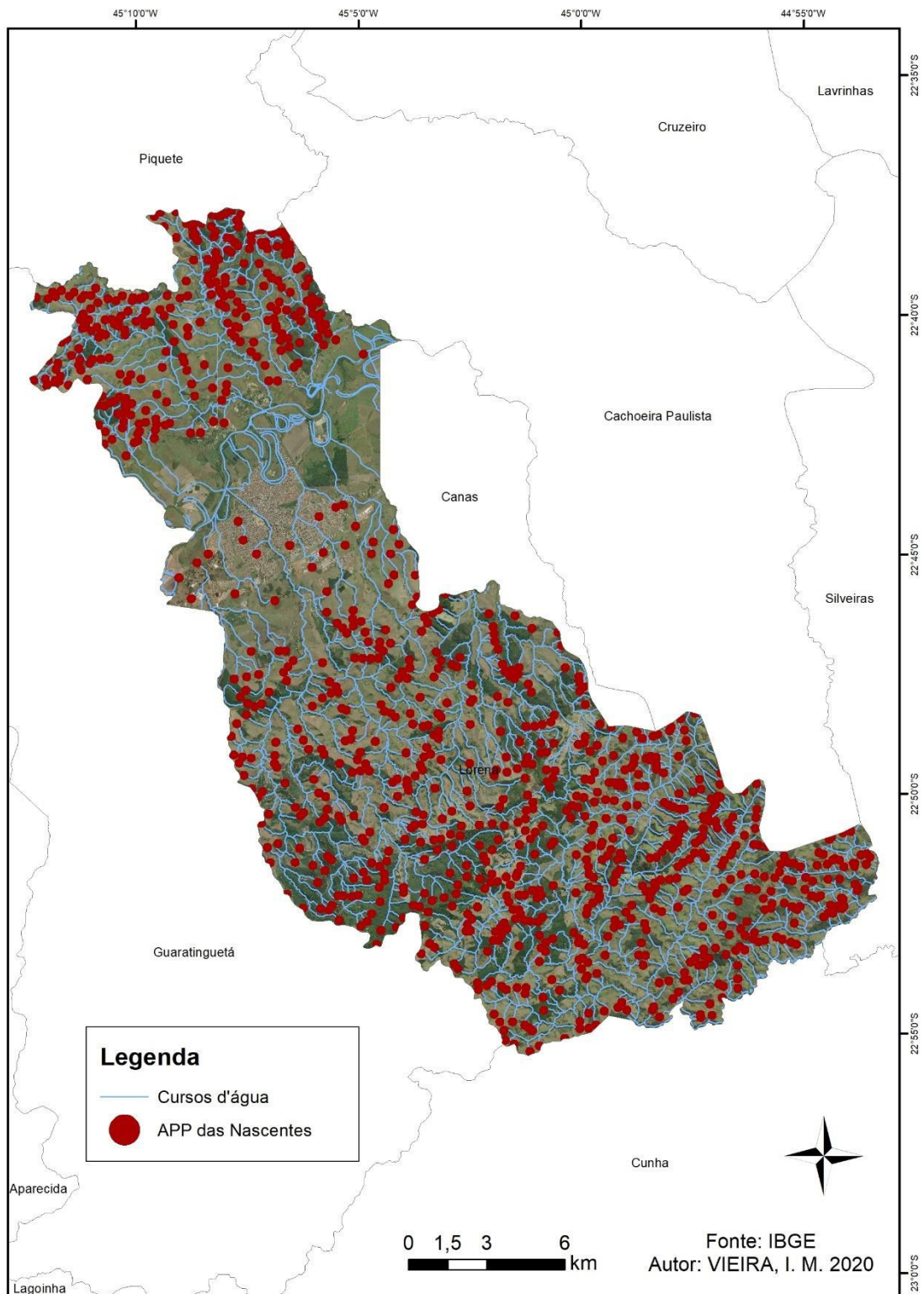
A partir da identificação dessas áreas de intersecção, foram calculadas a porcentagem de áreas inadequadas que contemplam cada uma das opções que o ROAM considera para restauração. Por fim, foi gerado um mapa temático representando as áreas de cada uma das opções de RPF correspondente as áreas ocupadas por usos inadequados nas APP de nascentes.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O município de Lorena (SP) possui 1.004 nascentes ao longo de seu território. Nas APP dessas nascentes foram identificados 13 diferentes tipos de uso e ocupação da terra – sendo as principais áreas urbanas, industriais, florestas nativas, áreas agrícolas e pastagens. As APP de nascentes correspondem a aproximadamente 8 km², ou seja, 2% do território total do município.

Por meio do mapeamento das formas de uso da terra, foi possível definir o perfil de ocupação e o grau de conformidade das APP de Lorena com a legislação ambiental vigente, assim como o estado de preservação de cada nascente. Na Figura 13 é apresentado um mapa com a delimitação dessas APP e a hidrografia do município. Há, aparentemente, uma distribuição homogênea e as nascentes se concentram em toda zona rural, ao norte e ao sul, sendo menos incidentes no perímetro urbano.

Figura 13: Mapa de localização das APP de nascentes do município de Lorena (SP)



Fonte: IBGE (2010)

Na Tabela 3 são apresentados os dados referentes à área ocupada por cada tipo de uso da terra nas APP das nascentes de Lorena. A partir dos resultados do

mapeamento realizado, foi possível observar que, embora tenham sido identificados 13 categorias de uso, os principais tipos de usos da terra nas APP de nascentes em Lorena são de pastagem, seguido de floresta e silvicultura. De maneira discrepante, os demais tipos de uso da terra representam porcentagens muito menores que as três categorias citadas.

Tabela 3: Uso e ocupação da terra nas APP das nascentes de Lorena (SP)

Uso e ocupação	Área (ha)	Área (%)
111. Cidades, vilas	7,06	0,90
112. Complexo industrial	2,62	0,34
114. Chácaras	1,65	0,21
115. Outros (área urbanizada)	3,15	0,40
131. Não identificado	0,64	0,09
211. Culturas alimentares comerciais	0,55	0,07
221. Culturas comerciais	0,78	0,10
231. Pecuária bovina extensiva para corte	442,72	56,30
241. Silvicultura	59,24	7,54
311. Floresta	234,58	29,83
321. Área campestre sem uso identificado	17,35	2,21
322. Área campestre de várzea	15,27	1,95
411. Corpo d'água	0,40	0,06
TOTAL	786,04	100,00

Fonte: Autora (2020)

O tipo de uso da terra identificado com maior frequência nas APP de nascente em todas as regiões do município, com exceção da zona urbana, é referente às áreas de pastagem (cerca de 56%). Tais áreas apresentam vegetação do tipo gramínea e presença de gado bovino e geram grandes impactos para o meio ambiente devido a compactação do solo pelo pisoteamento do gado e a retirada da vegetação nativa.

Apenas 34% das APP de nascente do município estão de acordo com a legislação vigente: áreas de vegetação natural (florestas ou campos) e áreas de corpo d'água. No caso das florestas, a mata ciliar permite a infiltração da água da chuva, e contribui com o abastecimento dos lençóis freáticos, além de gerar cobertura adequada

(de matéria orgânica) preservando a qualidade do solo. As áreas campestres representam, em sua maioria, regiões de várzea sem uso identificado.

As APP de nascentes localizadas em área urbanizada representam somente 1,84%, pois a maior parte das nascentes estão concentradas em área rural. Como mostrado na Figura 14, 66% das APP de nascentes foram classificadas “em desacordo” com a legislação ambiental e representam usos do tipo: pecuária bovina extensiva para corte (56,30%); reflorestamento (7,54%); cidades e vilas (0,90%); complexo industrial (0,34%); chácaras (0,21%); culturas comerciais (0,10%); culturas alimentares comerciais (0,07%); não identificado (0,09%); e outros (0,40%) (Tabela 3).

Figura 14: Exemplo de APP classificada com uso e ocupação do tipo Cidades e Vilas



Fonte: Autora (2020)

Figura 15: Exemplo de APP classificada com uso e ocupação do tipo Floresta



Fonte: Autora (2020)

Figura 16: Exemplo de APP classificada com uso e ocupação do tipo Pecuária Bovina Extensiva para Corte



Fonte: Autora (2020)

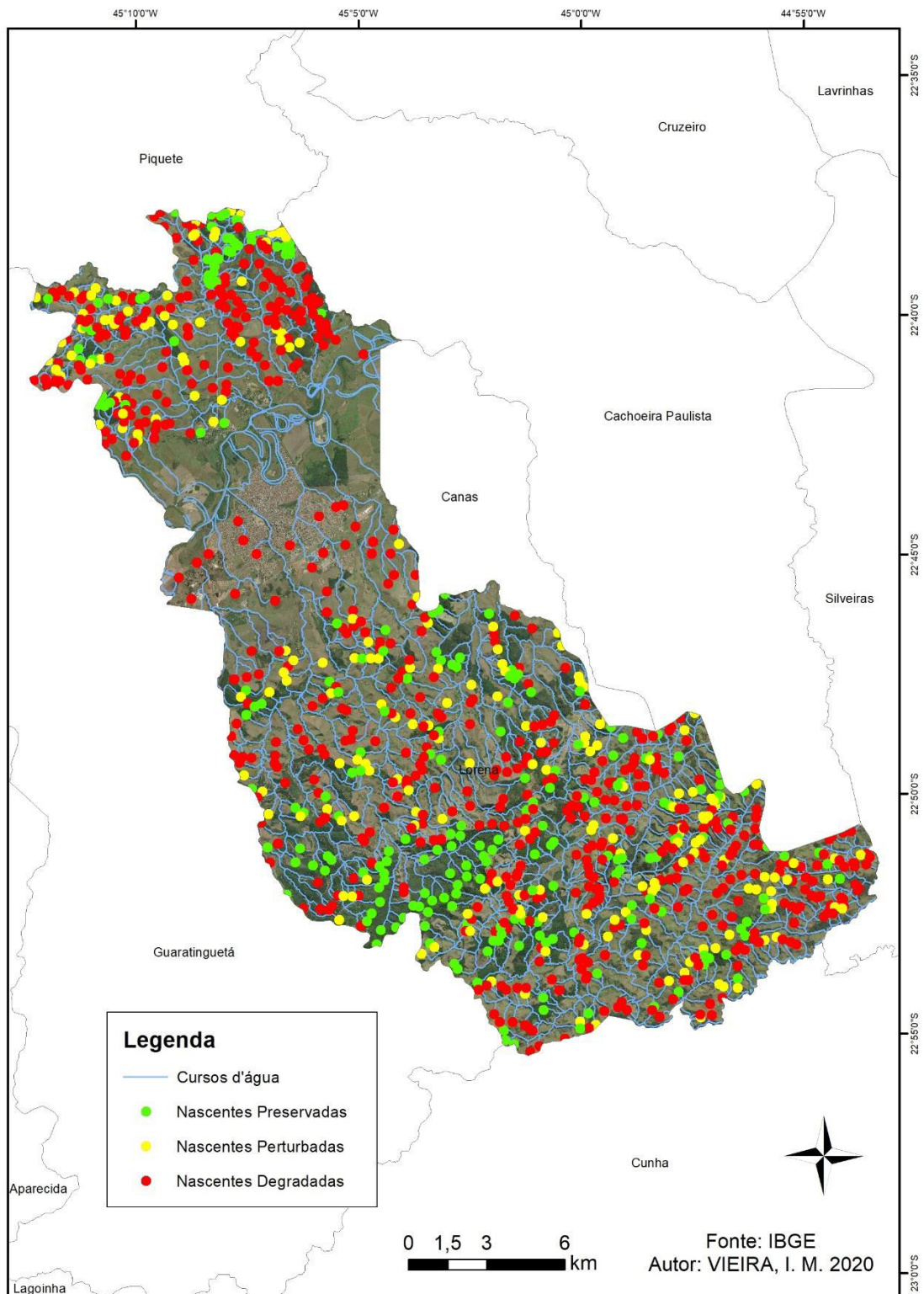
Figura 17: Exemplo de APP classificada com uso e ocupação do tipo Silvicultura



Fonte: Autora (2020)

A partir da classificação proposta por Pinto (2003), das 1004 nascentes presentes no município de Lorena, 235 (23,41% do total) permanecem preservadas, 204 (20,32% do total) estão em estado de perturbação e 565 (56,27% do total) foram classificadas como degradadas. A Figura 15 apresenta a distribuição dessas nascentes classificadas ao longo do município.

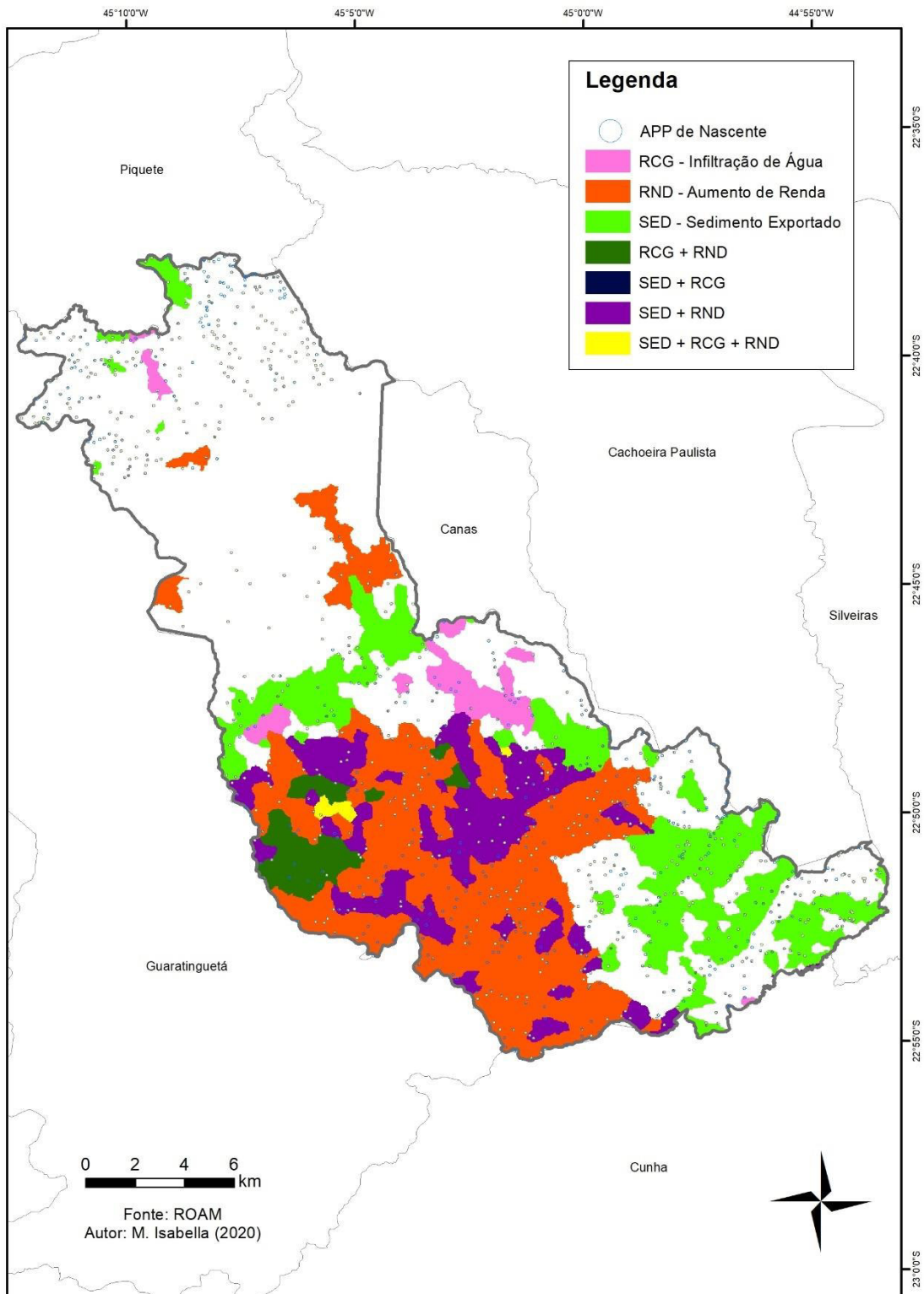
Figura 18: Classificação do nível de degradação das nascentes de Lorena (SP)



Fonte: IBGE (2010)

Como resultados do Projeto ROAM, tem-se o Mapa de Oportunidades onde são apresentadas as áreas de maior prioridade para recuperação em relação aos seguintes fatores motivacionais: Sedimento Exportado (SED), Infiltração de Água (RCG) e Aumento de Renda (RND). Esses fatores foram mapeados, como descrito na metodologia desse trabalho e, a partir disso, foram traçadas as áreas prioritárias em relação a cada um deles e em relação as suas possíveis combinações (Figura 16).

Figura 19: Mapa de Oportunidades e suas Áreas Prioritárias em Relação as APP de Nascentes de Lorena (SP)



Fonte: ROAM (2018)

Das classes de Oportunidades distribuídas conforme mostrado na Figura 18, foram calculadas as áreas de intersecção com as APP de nascentes classificadas como de uso Inadequado de acordo com a legislação, como mostrado na Tabela 4:

Tabela 4: Oportunidades para as áreas de uso inadequado de APP das nascentes de Lorena (SP)

Classes de Oportunidade	Área (ha)	Área (%)
RCG	6,48	1,2
RND	39,60	7,6
SED	5,67	1,1
RCG + RND	106,47	20,5
SED + RCG	60,75	11,7
SED + RND	96,93	18,7
SED + RCG + RND	0,72	0,1
Nenhuma	201,81	38,9
TOTAL	518,43	100,0

Fonte: Autora (2020)

Outro resultado do Projeto ROAM foi o mapeamento das Opções de Restauração de Paisagens e Florestas (RPF) no Vale do Paraíba Paulista. Neste trabalho, esse mapeamento serviu para identificação das opções de RPF nas áreas das APP cuja forma de uso da terra é considerada inadequada (Tabela 5).

Tabela 5: Opções de RPF para as áreas de uso inadequado de APP das nascentes de Lorena (SP)

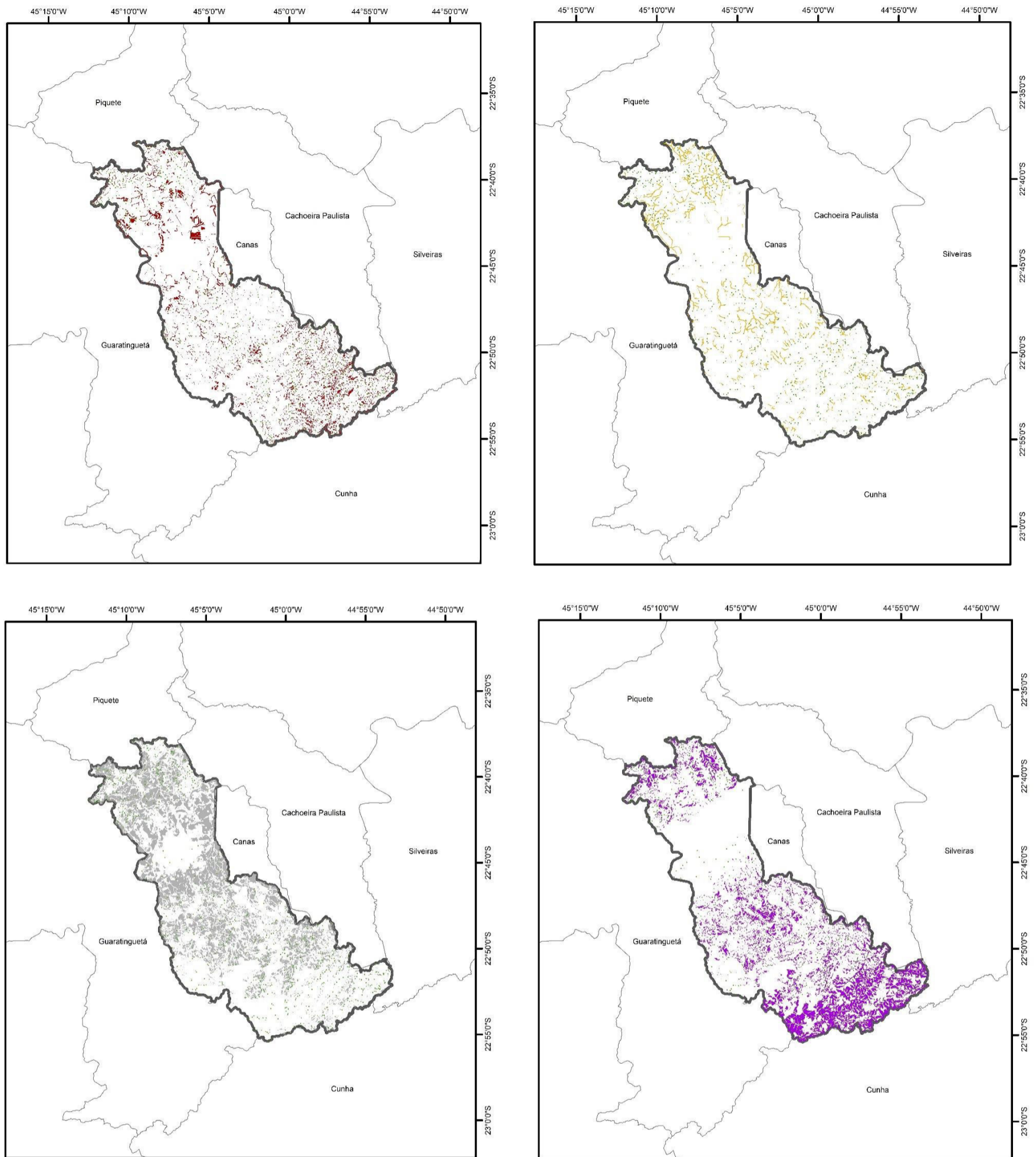
Opções de RPF	Área (ha)	Área (%)
Silvicultura Nativa – Biodiverso	50,09	9,7
Outro Uso	119,75	23,1
Silvopastoril	111,46	21,5
Regeneração Natural	20,71	4,0
Enriquecimento Ecológico	18,46	3,6
Reflorestamento Finalidade Ecológica	65,10	12,6
Enriquecimento Econômico	8,17	1,6
Áreas não Contempladas por Opções de RPF	124,69	24,1
TOTAL	518,43	100,0

Dos resultados obtidos, as opções mais frequentes para restauração foram Outro Uso e Silvopastoril, representando quase 50% de todas as áreas mapeadas. Outras opções que representaram porcentagens significativas são Reflorestamento Finalidade Ecológica e Silvicultura Nativa – Biodiverso.

A opção Outro Uso representa áreas que não apresentam aptidão florestal e que poderiam ser destinadas a usos não florestais. Algumas das opções de restauração apresentadas no relatório do Projeto ROAM não correspondem às áreas de APP inadequadas, sendo elas Sistemas Agroflorestais – Biodiverso, Sistemas Agroflorestais e Silvicultura de Nativas.

Algumas das opções de RPF analisadas se concentram em regiões específicas do território de Lorena, como no caso da opção de Silvicultura que é dominante na parte sul do município, onde o terreno se apresenta mais declivoso. O Reflorestamento com Finalidade Ecológica aparece principalmente na porção norte do município, onde o relevo é mais plano e com cotas mais baixas que na porção sul, e em parte da região central do município, onde está localizada a área urbanizada. A distribuição das áreas das principais opções de RPF e das APP de nascente do município de Lorena estão representados na Figura 17.

Figura 20: Principais Opções de RPF e sua Distribuição em Relação às APP das nascentes de Lorena (SP)



Legenda

- APP de Nascente
- Reflorestamento Finalidade Ecológica
- Silvicultura Nativa – Biodiverso
- Silvopastoril
- Outro uso



Fonte: ROAM
 Autor: M. Isabella (2020)

Fonte: ROAM (2018)

7 CONCLUSÕES

O desenvolvimento deste estudo permitiu a realização do mapeamento e classificação do nível de degradação das Áreas de Preservação Permanente (APP) das nascentes de Lorena (SP) a partir da identificação das formas de uso da terra nas APP utilizando ferramentas de geotecnologia. Acredita-se que os resultados desse mapeamento podem colaborar para elaboração de futuros diagnósticos ambientais no município, bem como para a elaboração de estudos e projetos que visam a gestão e preservação das nascentes em Lorena.

De acordo com as análises realizadas e utilizando uma adaptação das metodologias propostas por Pinto (2003) e Campos e Matias (2010), foi possível classificar as nascentes quanto ao nível de degradação a partir da cobertura vegetal nas respectivas APP. Além disso, foram identificados os tipos de uso e ocupação da terra e definida a não conformidade ou conformidade quanto a legislação ambiental vigente. Nesses sentidos, o uso das geotecnologias, em especial do software de geoprocessamento ArcGIS 10.7 foi fundamental para a realização das análises propostas.

Os resultados permitiram observar que a maior parte das nascentes do município estão em desacordo com a legislação e sofrem com impactos ambientais negativos oriundos de ações antrópicas irresponsáveis (como pecuária extensiva e agricultura predatória). O uso predominante dessas áreas é a pastagem, que não condiz com proposto pelo Código Florestal Brasileiro e que implica em graves impactos ambientais, principalmente no que diz respeito à disponibilidade e abastecimento hídrico do município.

A utilização dos dados do projeto ROAM desenvolvido pela WRI Brasil possibilitou a realização de uma análise para identificação das principais opções de restauração para as áreas identificadas como de uso inadequado nas APP de nascentes.

Assim, além da base de dados georreferenciada em relação ao estado de conservação das nascentes e formas de uso de suas respectivas APP, aqui está apresentada uma orientação específica para futuras ações de recuperação ou preservação dessas nascentes.

Dos dez tipos de RPF apresentados pelo projeto ROAM, sete deles estão presentes no território municipal de Lorena, sendo os tipos Silvopastoril, Reflorestamento com Finalidade Ecológica e Silvicultura de Nativas os mais relevantes

para intervenções ambientais nessas áreas. O sistema Silvopastoril traz a combinação de componentes pecuários e florestais, que auxilia no controle de erosão do solo, melhora a qualidade de vida dos animais e ainda fornece uma renda incremental as famílias que vivem daquela propriedade, o que seria ideal para o município de Lorena, onde já foi visto que a principal ocupação irregular das APP de nascente são as pastagens.

Os resultados desse estudo podem vir a auxiliar no desenvolvimento de pesquisas e no apoio a gestão pública para resolução de problemas ambientais ocasionados pela não preservação das áreas no entorno das nascentes, uma vez que o mapeamento permite a identificação das áreas prioritárias e com maior vulnerabilidade.

Há um déficit de trabalhos e artigos publicados em relação a dados espaciais no município de Lorena e considera-se, então, de fundamental importância o desenvolvimento de novos estudos sobre a temática na região estudada, considerando além de averiguações *in loco* a coleta de amostras da água das nascentes e cursos d'água para análise da qualidade a partir de variáveis que representam as características físicas, químicas e biológicas da água.

Destaca-se, assim, a necessidade de ações voltadas ao planejamento e gestão ambiental com o intuito de recuperar as áreas de nascentes em estágio de degradação ou perturbação, uma vez que, a partir de uma base de dados e identificação das formas de uso da terra nessas áreas, seja possível aplicar um planejamento e manejo adequado das nascentes. Entende-se que trabalhos dessa natureza podem subsidiar a elaboração de projetos e programas de preservação e recuperação das APP e dos recursos hídricos do município.

REFERÊNCIAS

ALVES, T. L. B.; LIMA, V. L. A.; FARIAS A. A. Impactos ambientais no Rio Paraíba na área do município de Caraúbas/PB: região contemplada pela integração com a bacia hidrográfica do Rio São Francisco. *Revista Caminhos de Geografia, Uberlândia*, v. 13, n. 43, p. 160–173, 2012.

BARBANTI, Nelson Roberto et al. Águas subterrâneas: alternativa para abastecimento. In: XVII Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cancún, Mexico, 2002. Anais eletrônicos. Cancún: AIDIS, 2002. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsars/e/fulltext/simposio/simposio.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2020.

BARRETTO, A.; FREITAS, F. Modelagem de aptidão agrícola para restauração florestal e reflorestamento para fins econômicos com espécies nativas e exóticas no Brasil. Relatório Técnico, 2017.

BARROSO, D. G.; SILVA, M. L. V. Poluição e conservação dos recursos naturais solo e água. *Informe Agropecuário, Belo Horizonte*, v. 16, n. 176, p. 17-24, 1992.

BRAGA, Ricardo Augusto Pessôa. As Nascentes como Fonte de Abastecimento de Populações Rurais Difusas. *Revista Brasileira de Geografia Física* 05: 974-985, 2011.

BRASIL. Ministério do meio ambiente. Conselho nacional do meio ambiente (CONAMA). Resolução nº 001, de 23 de jan. de 1986. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 14 out. 2020.

----- . Ministério do meio ambiente. Conselho nacional do meio ambiente (CONAMA). Resolução nº 302, de 20 de mar. de 2002. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=298>>. Acesso em: 07 jun. 2020.

----- . Ministério do meio ambiente. Conselho nacional do meio ambiente (CONAMA). Resolução nº 303, de 20 de mar. de 2002. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=299>>. Acesso em: 07 jun. 2020.

----- . Ministério do meio ambiente. Conselho nacional do meio ambiente (CONAMA). Resolução nº 369, de 29 de mar. de 2006. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=489>>. Acesso em: 10 out. 2020.

-----.. Novo Código Florestal Brasileiro. Lei nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm>. Acesso em: 13 mai. 2020.

-----.. Novo Código Florestal Brasileiro. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm>. Acesso em: 07 abr. 2020

-----.. Política Nacional do Meio Ambiente. Lei Nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L6938.HTM>>. Acesso em: 06 out. 2020.

-----.. Cartilha do Código Florestal Brasileiro. Disponível em: < <http://www.ciflorestas.com.br/cartilha/>>. Acesso em: 10 abr. 2020.

CALHEIROS, Rinaldo de Oliveira et al. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Departamento de Proteção da Biodiversidade. Cadernos da Mata Ciliar. N 1. São Paulo: SMA, 2009.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. de. (Organizadores). Geoprocessamento para projetos ambientais. São José dos Campos: INPE, 1998. 188p.

CAMPOS, F. F.; MATIAS, L. F.. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente (APPs) e sua Situação Atual de Uso e Ocupação no Município de Paulínia (SP). In: Anais do III Simpósio em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2010, Recife/PE.

CARVALHO, Mariana Aparecida Adalberto de; ROLIMS, Neide Duarte. Ha Origem Dos Problemas Ambientais: Perspectiva Psicológica Das Atitudes Ambientais. 2015. Disponível em: < https://huespedes.cica.es/gimadus/28-29/04_a_origem_dos_problemas.html>. Acesso em: 7 jun. 2020.

CASTRO, P. S. Recuperação e conservação de nascentes. CPT, 2001. 84p. (Série Saneamento e meio ambiente; n. 26).

COSTA, B. M. Degradação das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 5., 1978, Piracicaba. Anais ... Piracicaba, 1978. p. 5-27.

DATAGEO. Infraestrutura de Dados Espaciais Ambientais do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://datageo.ambiente.sp.gov.br/web/guest/inicio>>. Acesso em: 5 ago. 2020.

DELITTI, W.B.C. Ciclagem de nutrientes minerais em matas ciliares. In: BARBOSA, L.M., coord. Anais do Simpósio sobre mata ciliar. Campinas: Fundação Cargill, 1989. p. 88-88

DEVIDE, Antonio Carlos Pries. História ambiental do Vale do Paraíba. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2013. Disponível em: <<https://orprints.org/24815/>>. Acesso em: 13 ago. 2020.

DONADIO, Nicole M. M; GALBIATTI, João A; DE PAULA, Rinaldo C. Qualidade da Água de Nascentes com Diferentes Usos do Solo na Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. Engenharia Agrícola. Jaboticabal, v.25, n.1, Jan/Abr, 2005.

EMBRAPA. Temas: Geotecnologias – Perguntas e Respostas. s.d. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/tema-geotecnologias/perguntas-e-respostas> >. Acesso em 28 out 2020.

EASTMAN, J. R.; JIN, W.; KYEM, P. A. K.; TOLEDANO J. Raster procedures for multicriteria/multi-objective decisions. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing.

EHLERS, E. Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma. 2.ed., Guaíba: Agropecuária, 1999. 157 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 1950/2010. Até 1991, dados extraídos de Estatísticas do Século XX, Rio de Janeiro: IBGE, 2007 no Anuário Estatístico do Brasil, 1994, vol. 54, 1994. Disponível em: <<https://serieestatisticas.ibge.gov.br/series.aspx?no=6&op=1&vcodigo=CD77&t=populacao-presente-residente-sexo-dados-universo>>. Acesso em: 17 ago. 2020.

_____. Cidades e Estados. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp.html> >. Acesso em: 27 ago. 2020.

_____. Cidades e Estados. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sp/lorena.html> >. Acesso em: 13 ago. 2020.

_____. Estimativas da População Residente no Brasil e Unidades da Federação com Data de Referência em 1º de Julho de 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9103-estimativas-de-populacao.html?=&t=downloads>>. Acesso em: 13 ago. 2020.

_____. Manual Técnico de Uso da Terra. Rio de Janeiro: IBGE, 2013, 171 p. (Manuais Técnicos em Geociências, ISSN 0103-9598; nº7)

FAGUNDES, C. A. Análise do uso da terra intraurbana na cidade de Paulínia (SP): uma contribuição teórico-metodológica. Campinas: Instituto de Geociências, Universidade de Campinas, 2012. (Dissertação de Mestrado).

FELIPPE, M. F. Caracterização e tipologia de nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte (MG) com base em variáveis geomorfológicas, hidrológicas e ambientais. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

FERNANDES, M. R. Alterações das propriedades de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, fase cerrado, decorrentes da modalidade de uso e manejo. 1982. 72p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Solos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG

FERRAZ, Carlos Augusto de Melo et al. O uso de geotecnologias como uma nova ferramenta para o controle externo. Revista do TCU, Brasília, n. 133, p. 40-53, 2015. Disponível em: <https://revista.tcu.gov.br/ojs/index.php/RTCU/article/view/1304>. Acesso em: 03 out. 2020.

FERREIRA, N. C. Apostila de Sistema de Informações Geográficas. Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás. Goiânia, 2006. Disponível em: < <http://www.faed.udesc.br/>>. Acesso em: 03 out. 2020.

FUNDAÇÃO SEADE. PIB dos Municípios Paulistas 2002 – 2014. Disponível em: <<https://www.seade.gov.br/produtos/midia/2017/07/>>. Acesso em: 13 ago. 2020.

GLIESSMAN, S. R. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. 3ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005.

GOODCHILD, M. F. What is Geographic Information Science? NCGIA Core Curriculum in Geographic Information Science, 1997. Disponível em: <<http://www.ncgia.ucsb.edu/giscc/units/u002/u002.html>>. Acessado em: 4 set. 2020.

LEITE, E. F.; ROSA, R. Análise do Uso, Ocupação e Cobertura da Terra na Bacia Hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia, v.4, n.12,

2012. Disponível em: < <http://www.observatorium.ig.ufu.br/pdfs/4edicao/n12/05.pdf>>. Acesso em: 15 de mar. 2020.

LEMOS, J.J.S. Mapa da pobreza no Brasil. Fortaleza: UFC, 1999.

LEMOS, J.J.S. Níveis de Degradação no Nordeste Brasileiro. Revista Econômica do Nordeste, Fortaleza, v.32, n. 3, p. 406-429, 2001.

LIMA, W. P. Hidrologia Florestal Aplicada ao Manejo de Bacias Hidrográficas. Piracicaba/SP. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.

LIMA, W. P. Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas. Piracicaba, SP: ESALQ, 1986. 242 p.

LORENA: Prefeitura Municipal. A cidade. Disponível em: <<http://www.lorena.sp.gov.br/wordpress/index.php/a-cidade-lorena/>>. Acesso em: 13 ago. 2020.

LORENA: Prefeitura Municipal. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Produto 2 – Caracterização do Município. Lorena, 2016. Disponível em: < <http://arquivo.ambiente.sp.gov.br/cpla/2017/05/lorena-vol.-2.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2020.

MARENGO, J.A.; ALVES, L.M. Tendências hidrológicas da bacia do rio Paraíba do Sul. Revista Brasileira de Meteorologia. v.20, n.2. p.215-226. 2005.

MENDES, J. C. T.; ZOTTELI, M. J.O Papel das florestas na conservação dos recursos hídricos. O Papel, São Paulo, v. 61, n. 10. 2000.

MORETTI, A. I. P. Mapeamento de Corredores Ecológicos na APA Fernão Dias – MG a partir de Técnicas de Geoprocessamento e Análise Espacial. 2011. 126 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, UNICAMP, Campinas, 2011.

OLIVEIRA NETO, Antônio Ferreira de. O Papel das Nascentes no Abastecimento de Populações Rurais Difusas na Mata Pernambucana. 2013. 153 f. Tese (Doutorado) - Curso de Desenvolvimento e Meio Ambiente, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/bitstream>>. Acesso em: 01 out. 2020.

PADOVEZI, A. Oportunidades para restauração de paisagens e florestas na porção paulista do Vale do Paraíba: Plano de Desenvolvimento Florestal Territorial para a porção paulista do Vale do Paraíba. 1. ed. Porto Alegre: Ideograf, 2018. 132 p. Disponível em: <<https://www.restauracaovaledoparaiba.org.br/>>. Acesso em: 10 mai 2020.

PBH DO RIO LEÇA. 1a Fase - Volume III - Análise. Subsistema Hidrológico. Rev. 1 - 2000/02/15. Disponível em: <<http://www.dra.pt/temas/pbh>>. Acesso em: 11 ago. 2020.

PINTO, L. V. A. Caracterização física da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras - MG, e propostas de recuperação de suas nascentes. 2003. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003. 165p. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/28095>>. Acesso em: 15 mai. 2020.

POGGIANI, F.; RESENDE, G. C; SUÍTER FILHO, W. Efeitos do fogo na brotação e crescimento de *Eucalyptus grandis* após corte raso e alterações nas propriedades do solo. IPEF, Piracicaba, n. 24, p. 33-42, ago. 1983.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Apresentação das metodologias usadas em reflorestamento de áreas ciliares. In: CURSO DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 1993, Curitiba. Anais... Curitiba: UFPR/ FUPEF, 1993. v. 2, p. 248-281.

ROSA, Roberto. Introdução ao sensoriamento remoto. Uberlândia: Ed. UFU, 2007. 248 p.

SANTOS, D. Perdas de solo e produtividade de pastagens nativas em Cambissolo, com diferentes práticas de manejo, nos campos da Mantiqueira (MG). In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 29., 1992, Lavras. Resumos. Lavras: ESAL, 1992.

SANTOS, M.; SILVEIRA, M. L. O Brasil: território e sociedade no início do século XXI. 6. ed. Rio de Janeiro: Record, 2004. 473 p.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria do Meio Ambiente. Programa Nascentes. Oportunidades para Restauração de Paisagens e Florestas na Porção Paulista do Vale do Paraíba. Porto Alegre, 2018. 136p. Disponível em: <<https://www.restauracaovaledoparaiba.org.br/>>. Acesso em: 19 abr. 2020.

SEABRA, V. S. Geotecnologias e Estudos Ambientais: Conceitos e Aplicações. Universidade Estadual do Rio de Janeiro – Faculdade de Formação de Professores. Departamento de Geografia. *In: Revista Ambientale*. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/321228998_Geotecnologias_e_Estudos_Ambientais_Conceitos_e_Aplicacoes/link/5a15fae6aca272dfc1ece7b6/download>. Acesso em: 03 out. 2020.

SEADE. Índice Paulista de Responsabilidade Social – IPRS. METODOLOGIA. 2019. Disponível em: <<https://iprs.seade.gov.br/downloads/pdf/>>. Acesso em 27 ago. 2020.

SERRA, E. L. Avaliação da degradação ambiental de três microbacias hidrográficas no município de Lavras, MG. 1993 153 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de plantas) - Escola superior de Agricultura de Lavras, Lavras, MG.

SILVA, J. X.; ZAIDAN, R. T. Geoprocessamento & análise ambiental: aplicações. Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil, 2004.

SIMÕES, L. B. Integração entre um modelo de simulação hidrológica e sistema de informação geográfica na delimitação de zonas tampão ripárias. 2001.171 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, SP.

SIMONETTI, Vanessa Cezar; SILVA, Darllan Collins da Cunha e; ROSA, André Henrique. Análise da Influência das Atividades Antrópicas sobre a Qualidade da Água da APA Itupararanga (SP), Brasil. *Geosul*, Santa Catarina, v. 34, n. 72, p. 01-27, Mai 2019. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/1982-5153.2019v34n72p01/40322>>. Acesso em: 29 set. 2020.

SMA/SP. 2018. Oportunidades para Restauração de Paisagens e Florestas na porção paulista do Vale do Paraíba: Plano de Desenvolvimento Florestal Territorial para a porção paulista do Vale do Paraíba. São Paulo.

SOARES, Paulo Valladares et al. 2008. Map of infiltration of the Paraíba do Sul basin using physical elements and precipitation. *Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, [S.l.], v. 3, n. 1, p. 26-42. ISSN 1980-993X. Disponível em: <<http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/77/191>>. Acesso em: 02 set. 2020.

SOPPER, W. E. Effects of timber harvesting and related management practices on water quality in forested watersheds. *Journal of Environmental Quality*, Madison, v.4, n.1, p.24-9, 1975.

SOUZA, C. R. de. *Bacias Hidrográficas do Município de Lorena, com a Utilização de Sensoriamento Remoto*. Lorena: Unisal, 2009. Disponível em: <www.lo.unisal.br>. Acesso em: 13 ago. 2020.

SOUZA, J. C. S. de. *Estudo Hidrogeológico da Região de Lorena – São Paulo*. 189 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44133/tde-03092013-084008/publico/Souza_doutorado.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2020.

TABAI, F.C.V. *Manual de procedimentos técnicos de restauração florestal em áreas de preservação permanente*. Piracicaba: Consórcio Intermunicipal das Bacias dos Rios Piracicaba-Capivari-Jaguari, 2002.

TÔSTO, S. G. et al. *Geotecnologias e Geoinformação: O produtor pergunta, a Embrapa responde*, Brasília, DF. Embrapa, 2014. Disponível em: < <https://ainfo.cnptia.embrapa.br> >. Acesso em: 03 out. 2020.

TUCCI, C. E. M. 1997. *Hidrologia: ciência e aplicação*. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/ Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. *Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras*. Viçosa: Aprenda Fácil, 2005. 210 p.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. *Hidrologia Aplicada*. São Paulo: McGraw-Hill, 1975.

ANEXOS

ANEXO A - Sistema básico de classificação da cobertura e do uso da terra - SCUT

Nível I Classe	Dígito II	Nível II Subclasse	Dígito III	Nível III Unidades*
1 - Áreas Antrópicas Não Agrícolas	1.1	Áreas Urbanizadas	1.1.1	Vilas
			1.1.2	Cidades
			1.1.3	Complexos industriais
			1.1.4	Áreas urbano-industrial
			1.1.5	Outras áreas urbanizadas
	1.2	Áreas de Mineração	1.2.1	Minerais metálicos
			1.2.2	Minerais não metálicos
2 - Áreas Antrópicas Agrícolas	2.1	Culturas Temporárias	2.1.1	Graníferas e cerealíferas
			2.1.2	Bulbos, raízes e tubérculos
			2.1.3	Hortícolas e floríferas
			2.1.4	Espécies temporárias produtoras de fibras
			2.1.5	Oleaginosas temporárias
			2.1.6	Frutíferas temporárias
			2.1.7	Cana-de-açúcar
			2.1.8	Fumo
			2.1.9	Cultivos temporários diversificados
			2.1.10	Outros cultivos temporários (abóbora, trevo, forrageiro etc.)
	2.2	Culturas Permanentes	2.2.1	Frutíferas permanentes
			2.2.2	Frutos secos permanentes
			2.2.3	Espécies permanentes produtoras de fibras
			2.2.4	Oleaginosas permanentes
			2.2.5	Cultivos permanentes diversificados
			2.2.6	Outros cultivos permanentes
	2.3	Pastagens	2.3.1	Pecuária de animais de grande porte
			2.3.2	Pecuária de animais de médio porte
			2.3.3	Pecuária de animais de pequeno porte

	2.4	Silvicultura	2.4.1	Reflorestamento
			2.4.2	Cultivo agroflorestal
	2.5	Uso Não Identificado	2.5.1	Uso não identificado
3 - Áreas de Vegetação Natural	3.1	Área Florestal	3.1.1	Unidades de conservação de proteção integral em área florestal
			3.1.2	Unidades de conservação de uso sustentável em área florestal
			3.1.3	Terra indígena em área florestal
			3.1.4	Outras áreas protegidas em área florestal
			3.1.5	Área militar em área florestal
			3.1.6	Extrativismo vegetal em área florestal
			3.1.7	Extrativismo animal em área florestal
			3.1.8	Uso não identificado em área florestal
	3.2	Área Campestre	3.2.1	Unidades de conservação de proteção integral em área campestre
			3.2.2	Unidades de conservação de uso sustentável em área campestre
			3.2.3	Terra indígena em área campestre
			3.2.4	Outras áreas protegidas em área campestre
			3.2.5	Área militar em área campestre
			3.2.6	Extrativismo vegetal em área campestre
			3.2.7	Extrativismo animal em área campestre
			3.2.8	Uso não identificado em área campestre
			3.2.9	Pecuária de animais de grande porte em área campestre
			3.2.10	Pecuária de animais de médio porte em área campestre
			3.2.11	Pecuária de animais de pequeno porte em área campestre

4 - Água	4.1	Águas Continentais	4.1.1	Unidades de conservação de proteção integral em corpo d'água continental
			4.1.2	Unidades de conservação de uso sustentável em corpo d'água continental
			4.1.3	Terra indígena em corpo d'água continental
			4.1.4	Áreas militares em corpo d'água continental
			4.1.5	Outras áreas protegidas em corpo d'água continental
			4.1.6	Captação para abastecimento em corpo d'água continental
			4.1.7	Receptor de efluentes em corpo d'água continental
			4.1.8	Geração de energia em corpo d'água continental
			4.1.9	Transporte em corpo d'água continental
			4.1.10	Lazer e desporto em corpo d'água continental
			4.1.11	Pesca extrativa artesanal em corpo d'água continental
			4.1.12	Aquicultura em corpo d'água continental
			4.1.13	Uso não identificado em corpo d'água continental
			4.1.14	Uso diversificado em corpo d'água continental
	4.2	Águas Costeiras	4.2.1	Unidades de conservação de proteção integral em corpo d'água costeiro
			4.2.2	Unidades de conservação de uso sustentável em corpo d'água costeiro
			4.2.3	Terra indígena em corpo d'água costeiro
			4.2.4	Áreas militares em corpo d'água costeiro

			4.2.5	Outras áreas protegidas em corpo d'água costeiro
			4.2.6	Captação para abastecimento em corpo d'água costeiro
			4.2.7	Receptor de efluentes em corpo d'água costeiro
			4.2.8	Geração de energia em corpo d'água costeiro
			4.2.9	Transporte em corpo d'água costeiro
			4.2.10	Lazer e desporto em corpo d'água costeiro
			4.2.11	Pesca extrativa artesanal em corpo d'água costeiro
			4.2.12	Pesca extrativa industrial em corpo d'água costeiro
			4.2.13	Aquicultura em corpo d'água costeiro
			4.2.14	Uso não identificado em corpo d'água costeiro
			4.2.15	Uso diversificado em corpo d'água costeiro
5 - Outras Áreas	5.1	Áreas Descobertas	5.1.1	Unidade de conservação de proteção integral em área descoberta
			5.1.2	Unidade de conservação de uso sustentável em área descoberta
			5.1.3	Terra indígena em área descoberta
			5.1.4	Outras áreas protegidas em área descoberta
			5.1.5	Áreas militares em área descoberta
			5.1.6	Extrativismo animal em área descoberta
			5.1.7	Uso não identificado em área descoberta
			5.1.8	Uso diversificado em área descoberta
			5.1.9	Pecuária de animais de médio porte em área descoberta

			5.1.10	Pecuária de animais de pequeno porte em área descoberta
--	--	--	--------	---