



**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA**

**ESTIMATIVA DA COBERTURA VEGETAL NATIVA NA ÁREA DE PROTEÇÃO  
AMBIENTAL CARSTE DE LAGOA SANTA COM UTILIZANDO TÉCNICAS DE  
GEORREFERENCIAMENTO**

**Giulia Costa Balbi Felício**

**Belo Horizonte**

**2022**

**Giulia Costa Balbi Felício**

**ESTIMATIVA DA COBERTURA VEGETAL NATIVA NA ÁREA DE PROTEÇÃO  
AMBIENTAL CARSTE DE LAGOA SANTA COM UTILIZANDO TÉCNICAS DE  
GEORREFERENCIAMENTO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, a ser utilizado como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

Orientador: Dr. Carlos Wagner G Andrade Coelho

Belo Horizonte

2022

Giulia Costa Balbi Felício

**ESTIMATIVA DA COBERTURA VEGETAL NATIVA NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL CARSTE DE LAGOA SANTA COM UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEORREFERENCIAMENTO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Ambiental e Sanitarista.

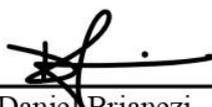
Aprovado em 11 de Julho de 2022

Banca examinadora:



---

Prof. Carlos Wagner G Andrade Coelho - Orientador



---

Prof. Daniel Brianezi – Co Orientador



---

Prof Antonio Calazans Reis Miranda

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente sou muito grata a mim e à minha jornada estudantil até o presente momento, pelo meu esforço para dar o meu melhor, e por não desistir de mim e dos meus estudos quando me deparei com dificuldades pela jornada.

Sinto-me eternamente grata à minha família, que foi o pilar de toda minha educação até aqui, à qual me proporcionou apoio e incentivo a todas as minhas decisões, principalmente no curso em que iria realizar no ensino superior. Ao meu pai, Engenheiro Florestal, que foi o meu exemplo profissional e pessoal. À minha mãe, que sempre será meu exemplo de zelo e família. Aos meus irmãos que sempre estiveram ao meu lado enfrentando todas as dificuldades e comemorando todas as vitórias.

Ao meu parceiro de vida, Lucas Henrique Silvestre, ao qual o CEFET me proporcionou conhecer em seu último período, sou grata sempre por ter você como inspiração profissional, pessoal, como amigo e namorado. Quem aguentou comigo de perto todo estresse com o final da faculdade, me ajudou de diversas formas com este trabalho, e está ao meu lado em todas as decisões que tomo.

Às minhas amigas que sempre estiveram presentes desde o Ensino Médio, me impulsionando a ser sempre melhor e atingir as melhores notas, Fernanda, Laura e Maria Luíza.

Sempre tive comigo a ideia de que entrar no CEFET foi a melhor coisa que poderia ter acontecido na minha vida acadêmica. Como uma pessoa sociável, não conseguiria entrar em uma faculdade que não me permitisse criar laços tão significantes como foi possível nesses 6 anos de CEFET. A relação que os alunos criam com sua turma e com diversos alunos do curso foi pra mim uma das coisas que me impulsionava sempre. Logo, meus mais profundos agradecimentos a todos que de alguma forma fizeram parte deste laço de amizades que passaram por mim nesta jornada, cada um cumpriu um papel essencial no meu desenvolvimento pessoal e profissional, com vocês eu me tornei a Giulia que sou hoje. Um agradecimento especial para o meu grupo de amigos da sala, Ana Luiza, Kalymma, Luísa, Raquel e Thaís. Sem vocês a minha faculdade não seria como foi. E para meus amigos de diversos períodos, em especial Magno Lúcio e Lucas Pethes.

Aos meus professores, aos quais uns me inspiraram, outros me fizeram mais forte, mas cada um desempenhou a sua função na minha formação como profissional, bem como a todos os envolvidos na administração da instituição, no cuidado com as áreas da faculdade, limpeza e no bandeirão, que fará eterna falta.

Um agradecimento em especial a todas as instituições públicas de ensino, que em meio a um cenário caótico que o país está enfrentando, fazem de tudo para seguir com o melhor ensino superior do país.

À equipe da APA Carste de Lagoa Santa, em especial Adriano Possemato e Antonio Calazans, que foram meus coordenadores de estágio por dois anos, e ajudaram de forma essencial na realização deste trabalho, e por serem tão ativos na luta pela preservação da qualidade ambiental de onde vivo. E a todos os servidores do ICMBio E IBAMA, que acompanhando de perto desde criança, pude notar que cada um trabalha de forma árdua pelo nosso meio ambiente, muitas vezes colocando sua vida em risco.

Obrigada a todos, sem cada um de vocês que passaram em meu caminho, nada seria.

## RESUMO

FELÍCIO, GIULIA COSTA BALBI. **Estimativa Da Cobertura Vegetal Nativa Na Área De Proteção Ambiental Carste De Lagoa Santa Com Utilizando Técnicas De Georreferenciamento.** 2022. 77p. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) - Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

O Cerrado e a Mata Atlântica são hotspots de biodiversidade, entretanto, são dois biomas mais ameaçados do Brasil, sendo assim, necessária a adoção de medidas de proteção. Neste contexto, faz-se necessário o mapeamento de seus remanescentes vegetativos a fim de garantir a proteção e a permanência dos mesmos no país. Dessa forma, objetivou-se neste trabalho o mapeamento de vegetação nativa da Área de Proteção Ambiental Carste de Lagoa Santa, localizada na Região Metropolitana de Belo Horizonte. A metodologia utilizada foi o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), e posterior comparação com **políticas de proteção ambiental** vigente no país, como Código Florestal, bem como comparação com a área original de vegetação quando da criação do plano de manejo da Unidade de Conservação. Como resultado, constata-se que o índice possui um **nível de confiabilidade** positivo para atingir os objetivos deste estudo, porém não sendo eficaz para mapeamento da fitofisionomia do Cerrado e da Mata Seca. Foi possível identificar também que as ferramentas de proteção analisadas, o Cadastro Ambiental Rural, apesar de ser útil na busca pela regularização ambiental da área rural do país, possui incongruência em seus dados, uma vez que permite que o proprietário cadastre todas as informações, sem que haja confirmação dos mesmos. De forma geral, foi possível concluir que a gestão da APA Carste de Lagoa Santa está sendo efetiva uma vez que não há significativos conflitos entre o uso do solo e a preservação do remanescente vegetativo.

Palavras-chave: APA Carste de Lagoa Santa. NDVI. Sensoriamento Remoto. CAR. RMBH.

## ABSTRACT

FELÍCIO, GIULIA COSTA BALBI. **Estimation of Native Vegetation Coverage in the Carste of Lagoa Santa Environmental Protection Area using Georeferencing Techniques.** 2022. 77p. Undergraduate thesis (Environmental and Sanitary Engineering) – Department of Environmental Science and Technology, Federal Center of Technological Education of Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

The Cerrado and the Atlantic Forest are two of the most threatened biomes in Brazil. Being a shelter for several animal and plant species that are also threatened with extinction, they become the target of necessary protection. In this context, it is necessary to map their vegetative remnants in order to guarantee their protection and permanence in the country. Thus, the objective of this work was to map the native vegetation of the Carste of Lagoa Santa Environmental Protection Area, located in the Metropolitan Region of Belo Horizonte, a growing and expanding pole of the metropolis. The methodology used was the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), and subsequent comparison with environmental protection policies in force in the country, as well as comparison with the primary situation when the Conservation Unit was created. As a result, it appears that the index has a positive level of reliability to achieve the objectives of this study, but not being effective for mapping the phytophysognomy of the Cerrado and Dry Vegetation. It was also possible to identify that the protection tools analyzed, the Rural Environmental Registry, despite being useful in the search for environmental regularization in the rural area of the country, has incongruity in its data, since it allows the owner to register all the information, without to confirm them. In general, it was possible to conclude that the management of APA Carste de Lagoa Santa is being effective since there are no significant conflicts between land use and the preservation of the vegetative remnant.

Keywords: Native Vegetation. NDVI. Remote Sensing. CAR.

## LISTA DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 3.1</b> - Biomas Brasileiros.....  | 19 |
| <b>Figura 3.2</b> - Tipos de APP's - Áreas de Preservação Permanente.....                              | 30 |
| <b>Figura 3.3</b> - Como funcionam os sensores.....  | 33 |
| <b>Figura 3.4</b> - Relação entre saúde das plantas e valores de NDVI.....                             | 35 |
| <b>Figura 4.1</b> - Localização da Área de Proteção Ambiental Carste de Lagoa Santa.....               | 36 |
| <b>Figura 4.2</b> - Zonas Ambientais da APA Carste de Lagoa Santa.....                                 | 38 |
| <b>Figura 4.3</b> - Bandas Satélite Sentinel-2.....  | 39 |
| <b>Figura 4.4</b> - Cenas do Satélite Sentinel 2 na Área em Estudo.....                                | 40 |
| <b>Figura 5.1</b> - Área Urbana APA Carste de Lagoa Santa.....   | 45 |
| <b>Figura 5.2</b> - Plantações Dispostas na APA Carste de Lagoa Santa em 2021.....                     | 49 |
| <b>Figura 5.3</b> - Imagem Final do NDVI manipulada.....   | 50 |
| <b>Figura 5.4</b> - Imagens Raster e Vetorial com Pixels selecionados.....                             | 50 |
| <b>Figura 5.5</b> - Mapa Final de Vegetação pelo método NDVI.....                                      | 52 |
| <b>Figura 5.6</b> - Área delimitada como Vegetação Nativa que possui solo exposto e solo rochoso.....  | 57 |
| <b>Figura 5.7</b> - Área de Vegetação Nativa ameaçada por atividades minerárias.....                   | 57 |
| <b>Figura 5.8</b> - Área de plantio em local cadastrado como Vegetação Nativa no CAR.....              | 58 |
| <b>Figura 5.9</b> - Exemplo de área delimitada como Reserva Legal que não contém Vegetação Nativa..... | 61 |
| <b>Figura 5.10</b> - Área de plantação de eucalipto dentro de Reserva Legal.....                       | 62 |
| <b>Figura 5.11</b> - Área delimitada como vegetação nativa pela CPRM (1997).....                       | 65 |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabela 3.1</b> - Principais Usos da Terra no Cerrado.....   | 21 |
| <b>Tabela 3.2</b> - Cobertura de áreas protegidas nos principais biomas brasileiros.....                               | 25 |
| <b>Tabela 4.1</b> - Relação de cidades que pertencem à APA Carste de Lagoa Santa.....                                  | 37 |
| <b>Tabela 5.1</b> - Comparativo de área vegetativa.....  | 51 |
| <b>Tabela 5.2</b> - Relação das zonas da APA e as áreas cadastradas no CAR.....  | 53 |
| <b>Tabela 5.3</b> - Comparativo de Vegetação Nativa CAR e as zonas da APA.....   | 55 |
| <b>Tabela 5.4</b> - Relação das áreas de Reserva Legal cadastradas no CAR e as zonas da APA Carste de Lagoa Santa..... | 59 |
| <b>Tabela 5.5</b> - Cenário geral das Zonas.....   | 68 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|   |    |
|---|----|
| <b>Gráfico 5.1</b> - Caracterização da área da APA Carste de Lagoa Santa..... | 46 |
| <b>Gráfico 5.2</b> - Plantações APA Carste de Lagoa Santa.....                | 47 |
| <b>Gráfico 5.3</b> - Cenário da Área Rural da APA Carste de Lagoa Santa.....  | 53 |
| <b>Gráfico 5.4</b> - Configuração da APP cadastrada no CAR.....               | 55 |
| <b>Gráfico 5.5</b> - Configuração da Vegetação Nativa cadastrada no CAR.....  | 56 |
| <b>Gráfico 5.6</b> - Relação entre Reserva Legal e Vegetação Nativa.....      | 60 |
| <b>Gráfico 5.7</b> - Configuração da Reserva Legal cadastrada no CAR.....     | 63 |
| <b>Gráfico 5.8</b> - Quantificação de áreas com vegetação nativa.....         | 64 |
| <b>Gráfico 5.9</b> - Vegetação Nativa de 1997 cadastrada hoje no CAR.....     | 66 |
| <b>Gráfico 5.10</b> - Cenário geral do NDVI.....                              | 67 |

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

APA - Área de Proteção Ambiental  
APP - Área de Preservação Permanente  
CAR - Cadastro Ambiental Rural  
CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais  
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
ESA - United Space in Europe  
GMES - Global Monitoring for Environment and Security  
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade  
IEF - Instituto Estadual de Florestas  
INMET - Instituto Nacional de Meteorologia  
INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
IPAM - Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia  
MMA - Ministério do Meio Ambiente  
ND - Número Digital  
NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada  
PDI - Processamento Digital de Imagens  
PIB - Produto Interno Bruto  
PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente  
SICAR - Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural  
SIG - Sistema de Informações Geográficas  
SINIMA - Sistema Nacional de Informação sobre o Meio Ambiente  
SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente  
SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação  
SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza  
UC - Unidade de Conservação  
USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos  
ZCDA - Zona de Conservação e Desenvolvimento Agrícola  
ZCDUI - Zona de Conservação e Desenvolvimento Urbano e Industrial  
ZCEAM - Zona de Conservação do Equilíbrio Ambiental Metropolitano  
ZCPD - Zona de Conservação do Planalto das Dolinas

ZPPC - Zona de Proteção do Patrimônio Cultural

ZPPNC - Zona de Proteção das Paisagens Naturais do Carste

## SUMÁRIO

|  |           |
|--|-----------|
| <b>INTRODUÇÃO</b>  | <b>15</b> |
| <b>OBJETIVOS</b>   | <b>18</b> |
| <b>Objetivo Geral</b>  | <b>18</b> |
| <b>Objetivos Específicos</b>   | <b>18</b> |
| <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>   | <b>19</b> |
| <b>Biomias Brasileiros</b>   | <b>19</b> |
| <i>Cerrado</i>   | <i>20</i> |
| <i>Mata Atlântica</i>  | <i>22</i> |
| <b>Preservação Ambiental no Brasil</b>   | <b>23</b> |
| <b>Órgãos Ambientais</b>   | <b>26</b> |
| <i>Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade</i>                   | <i>26</i> |
| <b>Unidades de Conservação</b>   | <b>27</b> |
| <b>Área de Proteção Ambiental Carste de Lagoa Santa</b>                          | <b>27</b> |
| <b>Novo Código Florestal</b>   | <b>28</b> |
| <i>Área de Preservação Permanente (APP)</i>                                      | <i>29</i> |
| <i>Reserva Florestal Legal</i>   | <i>31</i> |
| <i>Cadastro Ambiental Rural (CAR)</i>  | <i>31</i> |
| <b>Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto</b>                                   | <b>32</b> |
| <b>NDVI</b>  | <b>34</b> |
| <b>METODOLOGIA</b>   | <b>36</b> |
| <b>Caracterização da Área de Estudo</b>  | <b>36</b> |
| <b>Área Rural da APA Carste de Lagoa Santa</b>                                   | <b>38</b> |
| <b>Mapeamento da Vegetação</b>   | <b>39</b> |
| <b>Escolha do satélite, datas a serem utilizadas e software de processamento</b> | <b>39</b> |
| <b>Processamento das imagens</b>   | <b>40</b> |
| <b>Seleção do que não é vegetação nativa</b>                                     | <b>42</b> |
| <b>Validação do método NDVI</b>  | <b>42</b> |
| <b>Análises temporais dos mapas gerados</b>                                      | <b>43</b> |
| <b>Comparação com mapas da CPRM</b>  | <b>43</b> |
| <b>Comparação com Dispositivos de Proteção</b>                                   | <b>43</b> |
| <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>   | <b>45</b> |
| <b>Caracterizações Gerais</b>  | <b>45</b> |
| <b>Mapas de Vegetação</b>  | <b>49</b> |
| <b>Comparação com Dispositivos Legais de Proteção</b>                            | <b>53</b> |
| <b>Área de Preservação Permanente</b>  | <b>54</b> |
| <b>Vegetação Nativa</b>  | <b>55</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Reserva Legal</b>                       | <b>58</b> |
| <b>Comparação com Mapa da CPRM de 1997</b> | <b>62</b> |
| <b>Cenários Gerais</b>                     | <b>65</b> |
| <b>CONCLUSÕES</b>                          | <b>68</b> |
| <b>RECOMENDAÇÕES</b>                       | <b>69</b> |
| <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>          | <b>70</b> |

## 1. INTRODUÇÃO

As relações entre crescimento populacional, desenvolvimento e recursos naturais têm sido alvo de discussões há anos. Do mesmo jeito, as preocupações em aumentar o desenvolvimento de países subdesenvolvidos a partir de recursos naturais têm tomado proporções enormes. Modelos de crescimento populacional indicam um crescimento exponencial para os próximos anos, e as cidades acompanham tal crescimento a fim de abrigar toda população. O crescimento urbano se dá em áreas que até então eram preservadas, e, posteriormente, terão seu espaço devastado, perdendo suas características nativas, principalmente as vegetações (HOGAN,1993).

A fim de evitar a perda total de vegetação nativa, realizar a proteção do meio ambiente e ordenar tal crescimento e a exploração de recursos naturais, foram criados órgãos fiscalizadores, em que uma de suas atribuições é a proteção dos remanescentes de vegetação nativa, e o incentivo ao reflorestamento de áreas degradadas, sendo um deles, o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio).

Em 28 de agosto de 2007 foi criado o ICMBio, com a missão de “proteger o patrimônio natural e promover o desenvolvimento socioambiental”, sendo uma autarquia vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, integrada no Sistema Nacional do Meio Ambiente, Sisnama. Entre suas competências, pode-se destacar a gestão, propor criação, e regulamentação fundiária de Unidades de Conservação federais, assim como apoiar na implantação do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, SNUC. O Instituto deve também, contribuir para recuperação de áreas degradadas, realizar monitoramento do uso público e da exploração de recursos naturais, contribuir para área da pesquisa na geração e disseminação de informações e conhecimentos, e também criar e promover programas de educação ambiental (ICMBio, 2022a).

As Unidades de Conservação geridas pelo ICMBio são divididas em dois grupos, sendo eles Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável, dentre as de Uso Sustentável destaca-se as Áreas de Proteção Ambiental, APA, com objetivo básico de “proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais” (BRASIL, 2006).

Em 1990, foi criada a APA Carste de Lagoa Santa, no estado de Minas Gerais, abrangendo, total ou parcialmente, os municípios de Lagoa Santa, Confins, Pedro Leopoldo, Matozinhos e Funilândia, com uma área total de 37.735,58 hectares (BRASIL, 1990).

É uma unidade composta por paisagens cársticas carbonáticas, com grande importância em

âmbito nacional e mundial, por suas feições e sítios arqueológicos presentes. Sua vegetação é predominantemente de zonas de transição entre mata/cerrado, onde são encontradas, segundo mapas elaborados pelo Serviço Geológico do Brasil, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, CPRM, espécies de cerrado, campo cerrado, campo, mata seca, mata seca sobre rochas calcárias, mata pluvial, matas ciliares, pasto, pasto sujo e área cultivada. Situada em uma área de expansão da cidade de Belo Horizonte, a APA Carste Lagoa Santa sofre um processo de urbanização, pelo grande número de parcelamentos de solo, industrialização, por empresas de grande porte do ramo da mineração, e especialmente a expansão da silvicultura bem como da agropecuária (HERRMANN *et al.* 1998).

Em 25 de maio de 2012, passou a vigorar a Lei de Proteção da Vegetação Nativa, também denominado Novo Código Florestal, Lei 12.651/2012, onde dispõe como um de seus princípios o compromisso soberano do Brasil com a preservação das suas florestas e demais formas de vegetação nativa. Atenta-se também ao uso sustentável dos recursos naturais, uma vez que sabe-se que a economia é dependente de atividades que utilizam da exploração da mesma. Dentre as áreas de vegetação nativa protegidas pelo Código Florestal, encontram-se as Áreas de Preservação Permanente, e a Área de Reserva Legal.

Ainda com o propósito de controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento, o Capítulo VI, Art. 29 do Código Florestal Brasileiro, trata-se do Cadastro Ambiental Rural, onde proprietários de imóveis rurais realizam o registro eletrônico do mesmo no Sistema Nacional de Informação sobre o Meio Ambiente, SINIMA, contendo informações como perímetro do imóvel, localização dos remanescentes de vegetação nativa, as áreas de preservação permanente, as áreas de uso restrito, das áreas consolidadas e áreas de Reserva Legal.

Visto que o desmatamento é crescente no país, o mapeamento de áreas que ainda contenham remanescentes de vegetação nativa torna-se de suma importância, a fim de proteger e preservar. Um dos métodos utilizados para o monitoramento ambiental é o sensoriamento remoto.

A utilização de sensoriamento remoto para conservação da biodiversidade brasileira está sendo amplamente difundida pela facilidade de obtenção de dados. Alguns dos benefícios de se ter imagens são por exemplo, a possibilidade de estudos sem necessariamente ir ao local, ter uma série de dados históricos para comparação, ter softwares que utilizam técnicas para possibilitar previsão de acontecimentos, dentre diversas outras.

Uma das técnicas que o software Qgis pode realizar, é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada, NDVI, fundamental no monitoramento de recursos que estão sendo amplamente

alterados pelo ser humano e por impactos ambientais. O índice pode ser utilizado para demarcação de manchas de vegetação, uma vez que utiliza de cálculo de pixels das bandas infravermelha e vermelha de satélites com ótimas resoluções. O índice faz uso da dinâmica de fotossíntese, ao qual absorve parte da radiação vermelha do sol em seu processo, e reflete parte da radiação infravermelha, informações capturadas pelo sistema de sensores remotos. Após aplicada a técnica, resulta então em uma imagem com pixels com valores entre -1 e 1, os valores baixos de vermelho e altos de infravermelho resultarão em um valor acima de 0, indicando atividade clorofilática no local. Basta então verificar em qual faixa do índice se encontra a vegetação que está em estudo.

Com este índice, pode-se estudar como está a cobertura vegetal de uma área, conseguindo então quantificar os locais que ainda possuem sua camada vegetativa nativa, sendo um grande aliado dos órgãos ambientais, se tratando da proteção desses recursos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Estimar a área coberta com vegetação nativa presente nos limites da APA Carste de Lagoa Santa e analisar o quanto desta vegetação está presente em áreas protegidas.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Comparar a área total de vegetação estimada utilizando como ferramenta o NDVI com as áreas de reserva legal, vegetação nativa e área de proteção permanente de propriedades rurais registradas no CAR;
- Verificar a cobertura florestal da APA Carste de Lagoa Santa em 1997 e contrastar com o ano de 2021;
- Verificar a efetividade da proteção ambiental da APA Carste de Lagoa Santa, considerando as áreas de vegetação.

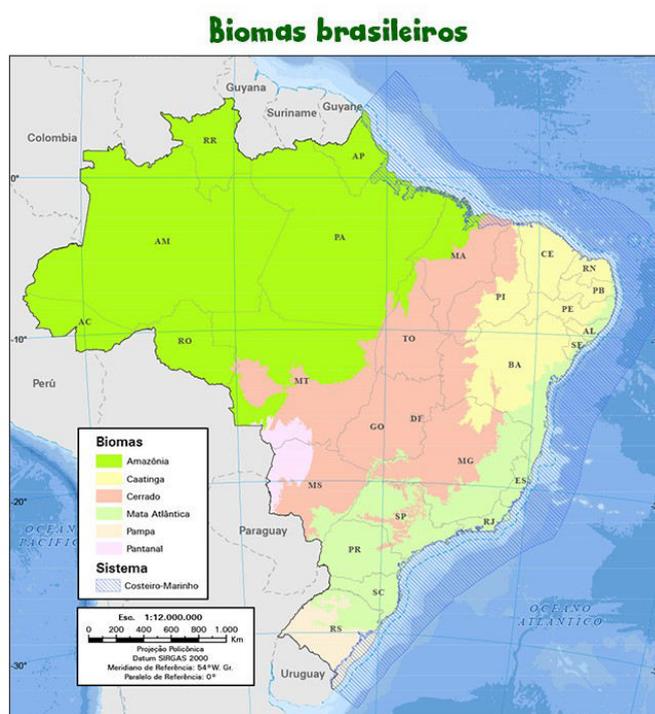
### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Biomas Brasileiros

O Brasil detém uma variabilidade de biomas devido à sua extensão, contando com um total de seis biomas principais distintos, sendo eles Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica, Pampa e Pantanal, como pode-se perceber na Figura 3.1, cada um com suas características específicas e abrigando um tipo diferente de fauna e flora. De acordo com IBGE (2022), bioma pode ser assim definido:

Bioma é um conjunto de vida vegetal e animal, constituído pelo agrupamento de tipos de vegetação que são próximos e que podem ser identificados em nível regional, com condições de geologia e clima semelhantes e que, historicamente, sofreram os mesmos processos de formação da paisagem, resultando em uma diversidade de flora e fauna própria (IBGE,2022).

Como a vegetação nativa é um dos componentes mais importantes da biota, seu estado de conservação define a existência ou não de habitats para a fauna do bioma, manutenção do meio ambiente e existência de bens essenciais à vida humana.



Fonte: IBGE

FIGURA 3.1 (2022).

Nossos biomas não são importantes apenas como recursos naturais, mas destaca-se também como ambientes com grande riqueza natural do planeta. Como por exemplo, a Floresta

Amazônica é considerada o bioma com maior diversidade de reserva biológica do mundo, e segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE (2020) possui indicações de que abriga ao menos metade de todas as espécies do planeta, já o Cerrado é considerado a savana com maior biodiversidade e a Mata Atlântica conta com recursos hídricos que abastecem 70% da população nacional.

Segundo o Instituto Estadual de Florestas, IEF (2021), as diferentes formas de relevo em Minas Gerais, somadas às especificidades de solo e clima, propiciaram paisagens muito variadas, cobertas por vegetações características, adaptadas a cada um dos inúmeros ambientes particulares inseridos no domínio de quatro biomas brasileiros: o Cerrado, a Mata Atlântica, Campos de Altitude ou Rupestres e Mata Seca. Diversos fatores, entre eles o clima, relevo e as bacias hidrográficas são predominantes na constituição da variabilidade vegetal. Predominante no estado, o Cerrado aparece em cerca de 50% do território de Minas Gerais, especialmente nas bacias dos rios Jequitinhonha e São Francisco. A Mata Atlântica ocupa o segundo lugar, com 10,3%.

### 3.1.1. *Cerrado*

O Cerrado com uma extensão de aproximadamente 2 milhões de km<sup>2</sup>, é o segundo maior bioma brasileiro, abaixo apenas da Amazônia. Ocupa 21% do território nacional e é considerado a última fronteira agrícola do planeta (BORLAUG, 2002).

De acordo com dados da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA (2022), o Cerrado possui clima tropical, tendo como principal característica uma estação chuvosa que se estende de outubro a abril, quando caem mais de 90% das chuvas, e uma estação de seca que se estende de maio a setembro, com ausência quase total de chuvas. As temperaturas médias anuais variam de 18 °C a 27 °C, sendo que a temperatura mínima pode chegar a 8 °C e a máxima, a 34 °C. O bioma é encontrado na parte central do Brasil, abrangendo os estados de Goiás, Tocantins, Distrito Federal, Mato Grosso, Piauí, Mato Grosso do Sul, Bahia, Minas Gerais, São Paulo e Maranhão. O cerrado pode ser encontrado também em regiões do norte do país. Considerado um dos berços das águas do Brasil, neste bioma são encontradas diversas nascentes dos principais rios brasileiros, com destaque para as bacias do rio Araguaia/Tocantins, do Rio São Francisco e do Rio Paraná.

A vegetação do Cerrado compõe-se de gramíneas, arbustos e árvores de médio porte. Abriga espécies importantes da fauna brasileira como o tamanduá, tatu, anta, jibóia, cascavel e cachorro do mato. Muitas estão ameaçadas de extinção, como lobo-guará, o veado-campeiro e o pato-mergulhão.

Considerado um dos maiores hotspots <sup>1</sup> mundiais de biodiversidade, o Cerrado apresenta extrema abundância de espécies endêmicas <sup>2</sup> e sofre uma excepcional perda de habitat. Do ponto de vista da diversidade biológica, o Cerrado brasileiro é reconhecido como a savana mais rica do mundo. Além dos aspectos ambientais, o Cerrado tem grande importância social. Muitas populações sobrevivem de seus recursos naturais, incluindo etnias indígenas, quilombolas, geraizeiros, ribeirinhos, babaçueiras, vazanteiros e comunidades quilombolas que, juntas, fazem parte do patrimônio histórico e cultural brasileiro, e detêm um conhecimento tradicional de sua biodiversidade. Contudo, inúmeras espécies de plantas e animais correm risco de extinção. Depois da Mata Atlântica, o Cerrado é o bioma brasileiro que mais sofreu alterações com a ocupação humana. Com a crescente pressão para a abertura de novas áreas, visando incrementar a produção de carne e grãos para exportação, tem havido um progressivo esgotamento dos recursos naturais da região. Nas três últimas décadas, o Cerrado vem sendo degradado pela expansão da fronteira agrícola brasileira. Além disso, o bioma Cerrado é palco de uma exploração extremamente predatória de seu material lenhoso para produção de carvão (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022a).

Como pode-se ver na Tabela 3.1, metade dos 2 milhões de Km<sup>2</sup> do bioma já está comprometido, transformado pelas atividades econômicas do país, tais como agricultura e pecuária, dando ênfase para monoculturas, principalmente a plantação de soja. A área total para conservação é de cerca de 33.000 km<sup>2</sup>, claramente insuficiente quando comparado com os principais usos da terra (KLINK E MACHADO, 2005).

**Tabela 3.1 - Principais usos da terra no Cerrado**

| <b>Uso da Terra</b>        | <b>Área (ha)</b>  | <b>% Área Central do Bioma</b> |
|----------------------------|-------------------|--------------------------------|
| <b>Áreas nativas</b>       | <b>70.581.162</b> | <b>44,53</b>                   |
| <b>Pastagens Plantadas</b> | <b>65.874.145</b> |                                |
| <b>Agricultura</b>         |                   |                                |
| <b>Florestas Plantadas</b> |                   |                                |
| <b>Área Urbana</b>         |                   |                                |

<sup>1</sup> Hotspots: Os hotspots são áreas de elevada riqueza natural em termos de biodiversidade e que carecem de uma urgente conservação.

<sup>2</sup> Espécies endêmicas: espécie animal ou vegetal que ocorre somente em uma determinada área ou região geográfica.

**RIQUEZA DE ESPÉCIES**

A biodiversidade do Cerrado é elevada, porém geralmente menosprezada. O número de plantas vasculares é superior àquele encontrado na maioria das regiões do mundo: plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas e cipós somam mais de 7.000 espécies (Mendonça *et al.*, 1998). Quarenta e quatro por cento da flora é endêmica

do bioma (Aguilar 2000, Marinho-Filho *et al.*, 2002), a riqueza do grupo ainda é relativamente pequena. Os mamíferos estão principalmente associados ou restritos aos fragmentos florestais ou matas de galeria (Redford & Fonseca, 1986). A avifauna é rica (> 830 espécies), mas o nível de endemismo é baixo (3,4%). Os números de peixes, répteis e anfíbios são elevados. Apesar do número de peixes endêmicos não ser conhecido, a diversidade de formas endêmicas da herpetofauna é numericamente muito superior à das aves (Tabela 2). Os

**TABELA 1** – Principais usos da terra no Cerrado<sup>a</sup>.

| USO DA TERRA               | ÁREA (ha)   | % ÁREA CENTRAL DO BIOMA |
|----------------------------|-------------|-------------------------|
| Áreas nativas <sup>b</sup> | 70.581.162  | 44,53                   |
| Pastagens plantadas        | 65.874.145  | 41,56                   |
| Agricultura                | 17.984.719  | 11,35                   |
| Florestas plantadas        | 116.760     | 0,07                    |
| Áreas urbanas              | 3.006.830   | 1,90                    |
| Outros                     | 930.304     | 0,59                    |
| Total                      | 158.493.921 |                         |

<sup>a</sup> Categorias classificadas de acordo com o tipo de cobertura do solo (Machado *et al.*, 2004a).  
<sup>b</sup> Estimativas sem aferição em campo e incluindo áreas nativas em qualquer estado de conservação.

**TABELA 2** – Número de espécies de vertebrados e plantas que ocorrem no Cerrado, porcentagem de endemismos do bioma e proporção da riqueza de espécies do bioma em relação à riqueza de espécies no Brasil.\*

|           | NÚMERO DE ESPÉCIES | % ENDEMISMOS DO CERRADO | % ESPÉCIES EM RELAÇÃO AO BRASIL |
|-----------|--------------------|-------------------------|---------------------------------|
| Plantas   | 7.000              | 44                      | 12                              |
| Mamíferos | 199                | 9,5                     | 37                              |
| Aves      | 837                | 3,4                     | 49                              |
| Répteis   | 180                | 17                      | 50                              |
| Anfíbios  | 150                | 28                      | 20                              |
| Peixes    | 1.200              | ?                       | 40                              |

\* Fontes: Fonseca *et al.* (1996); Fundação Pro-Natureza *et al.* (1999); Aguiar (2000); Collí *et al.* (2002); Marinho-Filho *et al.* (2002); Oliveira & Marquis (2002); Aguiar *et al.* (2004).

É característico do Cerrado que aconteçam queimadas naturais, responsáveis pela manutenção da vida e da biodiversidade. Sua zona de ocorrência é em locais onde o clima seja quente e seco, o que favorece a ocorrência das mesmas, sejam de origem natural ou causadas pelo ser humano, com um cenário onde há o acúmulo de biomassa seca no solo, baixa umidade e alta temperatura, fazem com que o surgimento do fogo seja inevitável. Quando ocorrem queimadas, as temperaturas sobem rapidamente para mais de 800° C, mas apesar da alta temperatura, no solo é momentâneo, já que o fogo cessa rapidamente, além de alcançar uma profundidade máxima de 5 centímetros, o que impede de chegar às raízes mais profundas. Já os incêndios subterrâneos geram uma enorme quantidade de calor, queimam de forma muito lenta e dificultam a localização do foco.

A fisionomia das plantas que ocorrem neste bioma também são preparadas para receberem esse cenário, uma vez que as árvores possuem cascas grossas para se proteger, a germinação é

facilitada uma vez que a maioria das sementes do Cerrado são impermeáveis. As queimadas também trazem com as cinzas da palha seca nutrientes que estavam indisponíveis no solo (MARTIN, 2005).

Embora no Cerrado seja normal o acontecimento de queimadas, o bioma vêm sofrendo uma pressão enorme todos os anos por queimadas antrópicas, a fim de abrir pastos, da falta de informação para as famílias de baixa renda, que queimam lixo no quintal e o fogo sai do controle, a queima para replantio de cultivo, entre outros motivos. Essas queimadas induzidas aumentam a frequência de acontecimentos, e com isso o bioma vem sendo devastado aos poucos, não conseguindo ter seu ciclo de recuperação de forma adequada.

### 3.1.2. Mata Atlântica

A Mata Atlântica por sua vez é composta por formações florestais nativas como florestas ombrófilas, florestas estacionais, assim como ecossistemas associados, como manguezais, restingas, campos de altitude, brejos, entre outros. Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente (2022b), em extensão, a Mata Atlântica possui cerca de 1,3 milhão de km<sup>2</sup>, ocupando cerca de 13% do território brasileiro, e está presente em 17 estados, principalmente nos costeiros. As florestas e demais ecossistemas que a compõem são responsáveis pela produção, regulação e abastecimento de água; regulação e equilíbrio climáticos; proteção de encostas e atenuação de desastres; fertilidade e proteção do solo; produção de alimentos, madeira, fibras, óleos e remédios; abrigar diversas espécies vegetais, incluindo algumas endêmicas e ameaçadas de extinção; além de proporcionar paisagens cênicas e preservar um patrimônio histórico e cultural imenso. Porém, além de sua grande diversidade, devido à ocupação e atividades humanas, restam apenas cerca de 29% de sua cobertura original (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022b).

Sua vegetação é densa e permanentemente verde, com um elevado índice pluviométrico na região. As árvores possuem folhas grandes e lisas. São características desse bioma as samambaias, cipós, bromélias, orquídeas e líquens. A fauna possui uma grande variedade de mamíferos, aves, répteis, anfíbios e invertebrados (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2022c).

A Mata Atlântica é considerada um dos *hotspots* mais ricos em biodiversidade do planeta juntamente com o Cerrado, composta por um conjunto de ecossistemas. Por sua grande extensão, o bioma possui diversas características dependendo da altitude e do solo que se

encontra. Variações longitudinais também são marcantes, sendo determinantes para o índice pluviométrico local (TABARELLI *et al.*, 2005).

A Mata Atlântica, atualmente presente em menos de 8% de sua área original, possui um grau de desmatamento acelerado, tanto por questões habitacionais por abrigar os maiores centros urbanos e industriais do país, quanto de exploração desordenada de recursos naturais advindos de diferentes ciclos de exploração. Entre 2020 e 2021 aumento de 66% em relação a 2019-2020 e 90% superior a 2017-2018 (OECD, 2022).

A maioria de sua área remanescente encontra-se em Unidades de Conservação de Proteção Integral, porém com exemplares muitas vezes com área menor a 100 hectares, e ocupando menos de 2% do bioma (PINTO *et al.*, 2006).

Tendo em vista a importância do bioma, e o fato de concentrar cerca de 72% da população, e 70% do Produto Interno Bruto (PIB) do país, além de ser o bioma brasileiro mais ameaçado, torna-se imprescindível a criação de lei para defesa da mesma. Assim, em 2006 foi instituída a Lei da Mata Atlântica (11.428/2006), que regulamenta a proteção e os usos da sua biodiversidade e dos recursos ambientais. Seu objetivo principal é assegurar os direitos e deveres dos cidadãos e dos órgãos públicos relacionados à exploração consciente dos recursos considerando critérios de sustentabilidade, para não prejudicar os ecossistemas presentes no bioma (SOS Mata Atlântica, 2021).

Porém, como já mencionado anteriormente, esta proteção é dificultada uma vez que esse bioma conta com diversos materiais que são matéria prima para remédios, e outras atividades humanas, além de estar presente nas principais áreas de crescimento urbano do Brasil, sofrendo então com esse crescente interesse pelas áreas que ainda restam remanescentes de vegetação nativa.

### **3.2. Preservação Ambiental no Brasil**

A preservação ambiental e sua importância já é vista pela ciência há séculos, e foi no século XX que surgiram os primeiros movimentos em busca da importância ambiental e de discussões sobre formas de preservação, com encontros realizados pelas Nações Unidas onde, pela Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente, conhecida como Estocolmo-72, ao qual trouxe à tona a questão de forma globalizada, envolvendo a presença de 172 países e 180 Chefes de Estado ou Governo.

Logo após, em 1992, ocorreu a segunda conferência, conhecida como Rio-92, e em 2002 ocorreu a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável em Johannesburgo, na África do Sul (LAGO, 2006).

Tendo em vista os eventos mencionados, têm-se a preservação do meio ambiente como um importante assunto a ser debatido de forma global, e um pensamento mais maduro sobre a importância de se haver um ambiente equilibrado para garantir o bem-estar de populações futuras. Bem como torna-se sabido as dificuldades de se aliar desenvolvimento econômico, crescimento populacional e avanço tecnológico à preservação do meio ambiente.

No Brasil, o primeiro documento que regulamenta o uso dos recursos e a proteção ambiental é a Política Nacional do Meio Ambiente, criada em 1981, ao qual contava com uma proteção difusa entre o Código das Águas, o Código Florestal e o Código de Pesca, sem uma visão de integralidade, mas colocando o meio ambiente como objeto específico de proteção. Em 1988 é então promulgada a Constituição Federal, que dispõe de um capítulo inteiro sobre a preservação do meio ambiente, apresentado a seguir o art. 225 do Texto Constitucional:

Art. 225. Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

O art. 225 estabelece quatro concepções fundamentais no âmbito do direito ambiental: a) de que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado; b) de que o direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado diz respeito à existência de um bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, criando em nosso ordenamento o bem ambiental; c) de que a Carta Maior determina tanto ao Poder Público como à coletividade o dever de defender o bem ambiental, assim como o dever de preservá-lo; d) de que a defesa e a preservação do bem ambiental estão vinculadas não só às presentes como também às futuras gerações (BRASIL, 1988).

No ano de 2000, foi criado o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, na forma da Lei 9.985 de 18 de julho, conhecida como SNUC. Foi neste texto que surgiram os primeiros conceitos de conservação da natureza, recursos ambientais, preservação e conservação, unidades de conservação, entre outros. Além de proporcionar meios e incentivos para atividades como pesquisa científica, estudos e monitoramentos ambientais de áreas com relevante interesse ambiental, possibilitando um ambiente controlado e com medidas de proteção mais rígidas (MACHADO, 2017).

O atual Código Florestal, datado do ano de 2012, foi criado inicialmente em 1934 pelo governo de Getúlio Vargas, para garantir o desenvolvimento sustentável e a proteção de remanescentes de florestas nativas. O Código traz em seu texto alguns temas de suma

importância, como Área de Preservação Permanente, Reserva Legal, e áreas verdes urbanas, além de trazer consigo criação de áreas de usos restritos (SANTOS FILHO *et al.*, 2015). Mesmo com um cenário onde existam leis que realizam a criação de unidades de conservação, como pode-se ver na Tabela 3.2, as mesmas contemplam pequena parte dos biomas que precisam ser preservados. Pode-se perceber nos dados, onde mostra a porcentagem de cada bioma que está protegido, sendo os de estudo neste trabalho, um total de 4,1% das áreas do Cerrado estão em regime especial de proteção das Unidades de Conservação, e 4,1% em Terras Indígenas, também com regime especial de proteção. Por sua vez, apenas 2,01% da Mata Atlântica está sob regime de proteção de Unidades de Conservação, e apenas 0,15% está sob regime de proteção de Terras Indígenas.

| BIOMA                                    | ÁREA (KM <sup>2</sup> ) | ÁREA TOTAL EM UC ATÉ 1999 (KM <sup>2</sup> ) | % EM UC ATÉ 1999 | ÁREA TOTAL EM UC ATÉ 2009 (KM <sup>2</sup> ) | % TOTAL EM UC ATÉ 2009 |
|--|-------------------------|--|------------------|--|------------------------|
| Amazônia                                 | 4.196.943               | 487.228                                      | 11,6%            | 1.152.900                                    | 27,5%                  |
| Caatinga                                 | 844.453                 | 56.375                                       | 6,7%             | 86.091                                       | 10 %                   |
| Cerrado                                  | 2.036.448               | 105.032                                      | 5,1%             | 185.737                                      | 9,1%                   |
| Mata Atlântica                           | 1.110.182               | 104.480                                      | 9,4%             | 118.478                                      | 10,7%                  |
| Pampas                                   | 176.496                 | 4.577  | 2,6%             | 5.932  | 3,4%                   |
| Pantanal                                 | 150.355                 | 3.838  | 2,6%             | 7.531  | 5%                     |
| Marinho (ZEE - Zona Econômica Exclusiva) | 3.589.962               | 7.264  | 0,2%             | 28.335                                       | 0,8%                   |

As UCs são divididas em duas categorias principais, de acordo com os usos que lhes são permitidos: as de proteção integral e as de uso sustentável. As unidades de proteção integral têm como objetivo primordial preservar a Natureza e Refúgio de Vida Silvestre. Sete categorias compõem o grupo de uso sustentável: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Desenvolvimento

das não só pela União, mas também pelos estados e municípios ao criarem seus espaços protegidos. Esse sistema permitiu que as UCs brasileiras se enquadrassem nos critérios adotados internacionalmente pela União Interna-

de preservação e desenvolvimento sustentável existentes no país, a taxa de desmatamento vem aumentando de forma preocupante ao longo dos anos. Nas Unidades de Conservação, em 2021 o desmatamento aumentou em 10% em relação ao ano de 2020. Tendo isso em vista, torna-se necessários estudos aprofundados sobre a real situação das nossas matas nativas, a fim de quantificá-las e entender se estão de fato protegidas por alguma lei.

### 3.3. Órgãos Ambientais

#### 3.3.1. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

O Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, ICMBio, é uma autarquia em regime especial, teve sua criação no ano de 2007 com a missão de “proteger o patrimônio natural e promover o desenvolvimento socioambiental”.

O órgão é uma autarquia vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, integrado ao Sistema Nacional do Meio Ambiente, o Sisnama. Sua competência em geral é fazer valer as regras listadas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação, SNUC, bem como gerir, propor criação, regulamentação fundiária, apresentar e editar normas e padrões de gestão de Unidades de Conservação federais.

Deve também contribuir para recuperação de áreas degradadas, monitorar o uso público das Unidades de Conservação e a exploração de recursos naturais, contribuir para pesquisas científicas, além de criar e promover programas de educação ambiental (ICMBio, 2022b).

Cabe ao Poder Executivo o exercício do controle das atividades potencialmente poluidoras, a exigência do estudo de impacto ambiental, para posterior licenciamento ambiental, e a fiscalização das obras, empreendimentos e atividades que de alguma forma gerem impactos ambientais.

Sendo órgão executivo do SISNAMA junto ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais, IBAMA, “são encarregados de formular, coordenar, fiscalizar, controlar, fomentar e executar a Política Nacional do Meio Ambiente e diretrizes governamentais definidas para o meio ambiente”.

Além disso, o ICMBio é responsável por contribuir para recuperação de áreas degradadas nas Unidades de Conservação, fiscaliza e aplica penalidades administrativas ambientais ou compensatórias aos responsáveis pelo não cumprimento da lei ou correção às atividades de degradação ambiental. Monitora o uso público e exploração econômica dos recursos naturais nas UC's que forem permitidas, contribui para a geração e disseminação de informações e conhecimentos relativos à gestão de UC, da conservação da biodiversidade e o uso dos recursos faunísticos, pesqueiros e florestais, metodologias e tecnologias de gestão ambiental e de proteção e manejo de ecossistemas, além de promover programas de educação ambiental e contribui para a implementação do Sistema Nacional de Informações sobre Meio Ambiente, Sinima, e propor e editar normas de fiscalização e controle do uso de patrimônios espeleológico (cavernas) bem como fomentar estudos que possam ampliar o conhecimento sobre as cavidades naturais existentes no território nacional (ICMBio, 2022c).

### 3.4. Unidades de Conservação

Pela Lei, entende-se como unidade de conservação, um espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção (BRASIL, 2000).

As UCs instituídas pela União são geridas pelo ICMBio e são divididas em dois grupos de acordo com os usos que são permitidos em seu território, sendo eles Unidades de Proteção Integral, e Unidades de Uso Sustentável. As Unidades de Proteção Integral são caracterizadas por permitir apenas usos indiretos dos recursos naturais, e tem como objetivo principal preservar a natureza. Por outro lado, as de Uso Sustentável são caracterizadas por compatibilizar o uso dos recursos naturais com a conservação da natureza ( FONSECA *et al.*, 2010).

Em seu texto, o SNUC cria 12 tipos de Unidades, sendo 5 de proteção integral: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre, e 7 de uso sustentável: Área de Proteção Ambiental, Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Desenvolvimento Sustentável, Reserva de Fauna e Reserva Particular do Patrimônio Natural.

Segundo dados do ICMBio (2022), existem em vigor atualmente 334 Unidades de Conservação Federais em território brasileiro, que são gerenciadas pelo órgão. Em relação às Unidades de Conservação estaduais e municipais, existem em média mais de 2.300. Embora o número de UCs seja alto, em comparação com a extensão territorial do país, a área protegida torna-se irrisória.

De acordo com Ane Alencar, diretora de Ciência do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, a criação e a consolidação de unidades de conservação são uma estratégia importante para a manutenção da biodiversidade e dos serviços que aquele ecossistema fornece, como regulação climática e recarga hídrica, além de barrar a expansão de atividades que colocam em risco esses itens.

#### 3.4.1. Área de Proteção Ambiental Carste de Lagoa Santa

A Área de Proteção Ambiental Carste de Lagoa Santa foi criada no dia 25 de Janeiro de 1990, pelo Decreto N° 98.881. A APA encontra-se situada nos municípios de Lagoa Santa, Confins,

Pedro Leopoldo, Matozinhos e Funilândia, possui uma área total de 37.735,58 hectares, e tem como objetivo, segundo o Art 2º do referido decreto,

Além de garantir a conservação do conjunto paisagístico e da cultura regional, tem por objetivo proteger e preservar as cavernas e demais formações cársticas, sítios arqueo-paleontológicos, a cobertura vegetal e a fauna silvestre, cuja preservação é de fundamental importância para o ecossistema da região (BRASIL, 1990).

Gerida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, faz parte do grupo de Unidades de Conservação de Uso Sustentável, e possui dentro do seu território importantes agentes da economia brasileira, como pode-se citar atividades minerárias e o Aeroporto Internacional de Confins. A APA Carste de Lagoa Santa situa-se na Região Metropolitana de Belo Horizonte, estando a 35 Km da capital, e encontra-se em uma região de transição entre o Cerrado e a Mata Atlântica, onde são encontradas, segundo mapas elaborados pela CPRM (1994), espécies de vegetação do cerrado, campo cerrado, campo, mata seca, mata seca sobre rochas calcárias, mata pluvial, matas ciliares, pasto, pasto sujo e área cultivada.

Tem como característica principal ser composta por paisagens cársticas carbonáticas, e tendo importância mundial por suas feições e sítios arqueológicos, de acordo com o Plano de Manejo da APA.

Seus maciços calcários, paredões, torres, dolinas, sumidouros e ressurgências propiciam que a área seja um dos mais importantes sítios espeleológicos do país, contando com uma riqueza científica e cultural imensurável, além da grande beleza cênica e capacidade turística.

Devido à urbanização, atividades como mineração e indústrias em geral, a expansão urbana, a ocupação desordenada do solo, a expansão da agricultura e da pecuária, bem como visitação sem controle nas áreas onde há turismo de escalada entre outros, tem significado um grande impacto na região, sendo ações que prejudicam o meio ambiente cárstico, a biodiversidade e propicia a perda da vegetação nativa dos biomas presentes.

### **3.5. Código Florestal (Lei 12.651/2012)**

Em 25 de maio de 2012 passou a vigorar a Lei 12.651/2012, chamada Lei de Proteção da Vegetação Nativa, também conhecida como Novo Código Florestal. Ao qual estabelece normas sobre a Proteção de Vegetação Nativa, alvo deste estudo, e dispõe como um de seus princípios o compromisso soberano do Brasil com a preservação das suas florestas e demais formas de vegetação nativa. Garante que seja estabelecido em lei o uso sustentável dos

recursos naturais, áreas de proteção como as Áreas de Preservação Permanente, a Reserva Legal e Cadastro Ambiental Rural.

O primeiro código a tratar do tema foi criado no ano de 1934 pelo presidente Getúlio Vargas, e sofreu alterações nos anos seguintes. Em 1965 o presidente Castello Branco sancionou o Código Florestal Brasileiro que serviu de base até o ano de 2012.

### 3.5.1. Área de Preservação Permanente (APP)

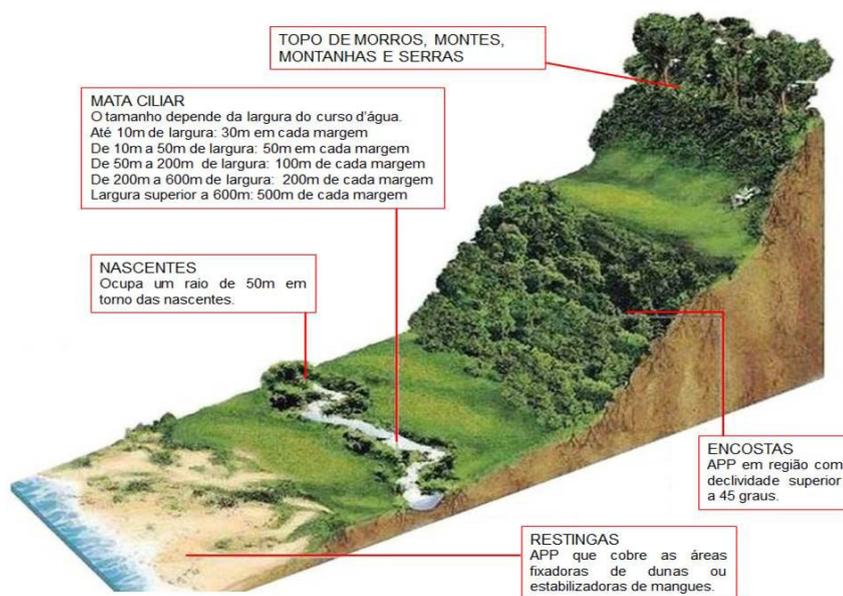
As Áreas de Preservação Permanente, APP's, foram criadas a partir do Código Florestal de 1965. Trata-se de espaços cobertos ou não de vegetação nativa, com a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar da população humana (BRASIL, 2012).

As APPs são áreas protegidas em plenitude, vetando qualquer uso e intervenção de atividades humanas que possam ocorrer, e são delimitadas da seguinte maneira pelo Art. 4º do Código Florestal de 2012:

- I – as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: a) 30 (trinta) metros, para cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura; b) 50 (cinquenta) metros, para cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura; c) 100 (cem) metros, para cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura; d) 200 (duzentos) metros, para cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura; e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;
  - II – as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima: a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja taxa marginal será de 50 (cinquenta) metros; b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;
  - III – as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento [...]
- (BRASIL, 2012).

Estas áreas representam atualmente cerca de 20% do território brasileiro, e os parâmetros para definição dos limites estabelecidos para a área em questão são definidos pelo Novo Código Florestal, bem como legislações estaduais e municipais específicas de cada estado ou município. Na Figura 3.2 é ilustrado de forma nítida os diferentes tipos de APPs que existem, sendo eles encostas de morros com declividade acima de 45°, topos de morro com altura superior a 100 metros e com inclinação média de 25°, toda a extensão de restingas, nascentes de rios e córregos, e matas ciliares de acordo com o tamanho do corpo hídrico.

**Figura 3.2 - Tipos de APP's - Áreas de Preservação Permanente**  
**Tipos de APP's - Áreas de Preservação Permanente**



Fonte: FlorestaAtiva, Soluções Ambientais (2022).

Embora tenha permanecido protegida, no Novo Código Florestal houveram mudanças na área que se destina a preservação de margens de rios. Anteriormente, a largura do corpo d'água era medida a partir do seu leito maior alcançado por ocasião de cheias sazonais, devido ao regime de cheias e secas do rio. Após o ano de 2012, a largura do corpo d'água passou a ser medida a partir da calha regular, ou seja, o canal por onde correm regularmente durante o ano. Significando assim uma redução dos limites de APPs relacionadas a cursos d'água, uma vez que a medida ignora os períodos de maiores cheias do rio.

Além das áreas já descritas, fica a cargo de diferentes poderes definir áreas onde necessitará de proteção especial, como o caso de contenção de erosão do solo e mitigação dos riscos de enchentes e deslizamentos, bem como outras áreas de interesse social.

Apesar de definida por lei, as atividades humanas, o crescimento desordenado de cidades, despejos de resíduos, falta de corpo de fiscalização e o crescimento econômico aumentam as pressões nestes locais, degradando-os. Dessa forma, pode-se notar eventos anormais acontecendo, como nascentes secando, cursos d'água que antes eram perenes<sup>3</sup> se tornando intermitentes<sup>4</sup>, intensificação dos processos erosivos, entre outros.

<sup>3</sup> Perenes: cursos d'água que contém água ao longo de todo o ano.

<sup>4</sup> Intermitentes: cursos d'água que secam ou congelam durante um período do ano.

### 3.5.2. Reserva Florestal Legal

A Reserva Florestal Legal também foi criada a partir do Código Florestal, sendo uma parte da vegetação de uma propriedade particular a ser preservada, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e reabilitação dos processos ecológicos, e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa (SANTOS FILHO *et al.*, 2015). Sua definição, de acordo com o Código Florestal Brasileiro de 2012:

III - Reserva Legal: área localizada no interior de uma propriedade ou posse rural, delimitada nos termos do art. 12, com a função de assegurar o uso econômico de modo sustentável dos recursos naturais do imóvel rural, auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, bem como o abrigo e a proteção de fauna silvestre e da flora nativa; (BRASIL,2012).

A Reserva Legal é uma área do imóvel rural, coberta por vegetação nativa, o qual pode ser explorada com manejo sustentável, com limites estabelecidos para cada bioma brasileiro. Se torna necessária para a manutenção da biodiversidade uma vez que abriga parcela representativa do ambiente natural onde está inserida (OECD, 2013).

As pequenas propriedades e aos produtores rurais que possuem áreas de reserva legal já consolidadas até julho de 2008, nos casos em que seja necessário a recomposição da Reserva Legal, é garantido a possibilidade de se implementar um projeto para o plantio intercalado de vegetação nativa com vegetação exótica ou frutífera, em sistema agroflorestal.

Contudo, a recomposição por meio plantio intercalado de espécies nativas com exóticas, não poderá exceder o limite de 50% da área total a ser recomposta, ao passo que, com espécies frutíferas poderá ser intercalado em toda a área a ser recomposta.

Todo imóvel rural deve manter essa área preservada, a título de Reserva Florestal Legal, com exceção da área delimitada como APP, sem interferência de atividades humanas, observando os seguintes percentuais, delimitados no artigo 12 do Código Florestal:

I – Localizado na Amazônia Legal: 80% (oitenta por cento), no imóvel situado em área de florestas; b) 35% (trinta e cinco por cento), imóvel em área de cerrado; c) 20% (vinte por cento), no imóvel situado em área de campo gerais; II – Localizado nas demais regiões do país: 20% (vinte por cento);  
II - localizado nas demais regiões do País: 20% (vinte por cento); (BRASIL, 2012).

Seu primeiro conceito foi criado em 1934 no primeiro Código Florestal, atualizado em 1965, ano em que foi atualizado pela primeira vez. Neste, as áreas destinadas à Reserva Legal se dividiam de acordo com as regiões do país, e não pelo bioma, como no Código atual, onde o conceito se torna mais restritivo com o objetivo de garantir a preservação da biodiversidade local e uma tentativa de conter os avanços dos desmatamentos e a pressão agropecuária.

Na área de Reserva Legal, não são permitidos o corte raso e a alteração do uso do solo. Nos imóveis rurais que, em 22 de julho de 2008, possuíam área de até quatro módulos fiscais, a Reserva Legal será registrada com o tamanho da área de vegetação nativa existente naquela data, ficando proibido o desmatamento de novas áreas para qualquer uso.

Fica permitido o uso de APP como Reserva Legal, desde que a sobreposição não libere novas áreas para o uso alternativo do solo; • a área de APP a ser sobreposta esteja conservada ou em recuperação; • o produtor tenha requerido inscrição do imóvel no CAR.

A consolidação da Reserva Legal será feita através da inscrição das propriedades rurais no Cadastro Ambiental Rural (CAR).

### 3.5.3. Cadastro Ambiental Rural (CAR)

Segundo o Art. 29 e Art. 30 do Código Florestal Brasileiro, o Cadastro Ambiental Rural (CAR) visa integrar as informações ambientais de uma propriedade e posses rurais, compondo base de dados para controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico e combate ao desmatamento (BRASIL, 2012).

Com o propósito de controle, monitoramento, planejamento ambiental e econômico, combate ao desmatamento, e a recuperação de áreas degradadas, no CAR é onde proprietários de imóveis rurais obrigatoriamente realizam o registro eletrônico do mesmo no Sistema Nacional de Informação sobre o Meio Ambiente, SINIMA, contendo informações como perímetro do imóvel, localização dos remanescentes de vegetação nativa, as áreas de preservação permanente, as áreas de uso restrito, das áreas consolidadas, e também a localização da reserva legal.

Por intermédio do sistema, todas as informações referentes à situação ambiental dessas formas de preservação serão disponibilizadas, juntamente com fotos de satélites, e disponibilizadas a toda a população. Anteriormente, bastava as Reservas Legais serem averbadas em cartório, ato em que propiciava a futura degradação da área, uma vez que estava registrada mas não se tinha um controle sobre a real situação do local (LAUDARES *et al.*, 2014).

### 3.6. Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto

De acordo com o crescimento e as necessidades da sociedade, as tecnologias acompanham as tendências a fim de auxiliar nas demandas necessárias, uma vez que facilita e otimiza processos que anteriormente eram complexos. Na área ambiental, é evidente que as possibilidades crescem e as necessidades aumentam devido aos intensos estudos e trabalhos que visam aliar a tecnologia com a conservação dos recursos naturais.

Segundo Pinheiro (2009), as geotecnologias compreendem as técnicas de geoprocessamento, sensoriamento remoto e sistemas de posicionamento global, e representam ainda ferramentas com alta capacidade para o tratamento e análise de dados. Neste trabalho em questão serão utilizados sensoriamento remoto e processamento digital de imagens para coletar dados e informações sobre vegetação nativa.

Sensoriamento Remoto é definido como a obtenção de informações sobre um objeto sem entrar em contato físico com ele, e determina ainda as formas de obtenção dessas informações, que são a partir da detecção e mensuração das mudanças do objeto observado com aos campos de força a sua volta, campos eletromagnéticos, acústicos ou potenciais (ELACHI, 1987).

Existem diversas formas para obter informações por Sensoriamento Remoto, sejam elas por fotografias aéreas, radares, sensores terrestres e sensores orbitais, ou seja, aqueles instalados em satélites artificiais que ficam em órbita terrestre e são capazes de imagear a superfície terrestre. As informações podem ser obtidas através de radiação eletromagnética, sensores passivos, que são geradas pela reflectância de fontes naturais como o Sol, ou sensores ativos, que são geradas por fontes artificiais como o radar. Os satélites girando em órbita possuem um sensor capaz de emitir e/ou receber a energia refletida da Terra (IBGE, 2022).

Utilizando a radiação solar refletida pela superfície da Terra que é captada pelo sensor dos satélites, os mesmos detectam as radiações em diferentes comprimento de onda, muitas delas invisíveis a olho nu. Após detectadas, são convertidas em cores visíveis e transmitidas para uma central que coleta, organiza e guarda as informações, como o Sistema de Informações Geográficas, SIG. No Brasil, esses dados são amplamente utilizados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, e pelo Instituto Nacional de Meteorologia, INMET.

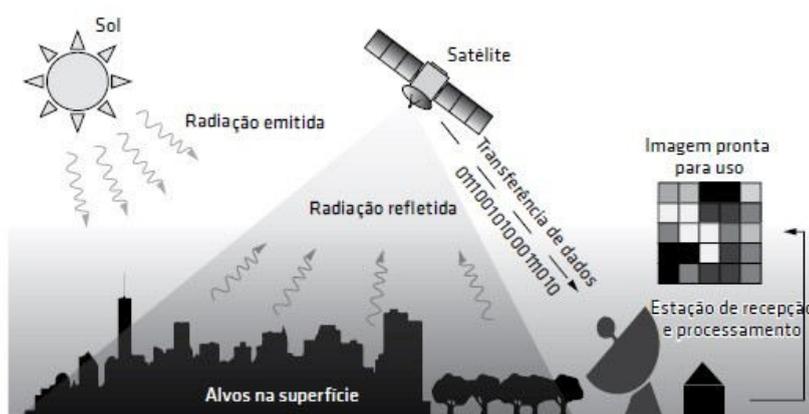
Atualmente, há uma certa quantidade de sensores em órbita, acoplados em diversos satélites. As diferenças entre cada um estão ligadas às suas características ou qualidade de imagem. Esta qualidade de imagem irá depender principalmente da resolução espacial do satélite, que

pode ser entendida como a menor feição passível de detecção pelo instrumento, e depende de fatores como campo de visada, altura do sensor e poder de resolução, entre outros.

Cada alvo que os sensores registram se comportam de uma forma diferente, e esse comportamento varia de acordo com a faixa do espectro eletromagnético que o sensor está configurado e com a forma com que os alvos reagem à radiação eletromagnética. Ou seja, de acordo com os comprimentos de onda que o objeto emite, é capaz de diferenciá-lo como atividades clorofiláticas, presença de superfícies aquáticas, atividade humana, entre outros (MACHADO, 2017).

Na Figura 3.3 pode-se entender como funcionam os sensores acoplados aos satélites e como recebem a informação em ondas eletromagnéticas refletidas pelos objetos na superfície.

**Figura 3.3 - Como funcionam os sensores**



Fonte: Livro Processamento de Imagens de Satélite - Zanotta *et al.*, (2019).

O mapeamento de áreas que ainda contenham remanescentes de vegetação nativa torna-se de suma importância, a fim de proteger e preservar. Diante disso, o uso de geotecnologias como sensoriamento remoto pode auxiliar o planejamento, implantação e monitoramento dessas áreas, amparando e aumentando a eficiência da gestão territorial.

A facilidade de acesso a informações provenientes de imagens orbitais, com custo reduzido e informações disponíveis para todo público por meio da interface EarthExplorer, criada pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos, USGS, onde disponibiliza imagens de diversos satélites em órbita.

Um dos satélites utilizados para observação da Terra, com aplicações para o monitoramento da agricultura, florestas, zonas costeiras, águas interiores, desastres naturais e uso e ocupação das terras é o Sentinel-2, missão do Programa GMES (Global Monitoring for Environment

and Security), administrada pela Comunidade Europeia juntamente com a ESA (United Space in Europe), em atuação desde junho de 2015.

O Sentinel-2 possui período de revisita de 5 dias, e leva a bordo o sensor multiespectral MSI com 13 bandas espectrais, variando de 443 a 2190 nm, com resolução espacial de 10m para as bandas do visível, 20m para o infravermelho e 60m para as bandas de correção atmosférica (EMBRAPA, 2022).

### 3.7. NDVI

A fim de se obter informações de imagens, o sensoriamento remoto possibilita o que é chamado de Processamento Digital de Imagens (PDI), ao qual, segundo Meneses (2012), é um conjunto de algoritmos matemáticos que possibilitam diversas técnicas de processamentos para o usuário. Essas técnicas são utilizadas com o intuito de melhorar a qualidade da informação a ser extraída da imagem.

O PDI foi criado para obter informações através de imagens, e também reduzir erros que podem ocorrer na captura pelos sensores, como efeitos atmosféricos, o que facilita a interpretação dos dados obtidos. Existem então uma série de operações matemáticas relacionadas aos números digitais das imagens, como índices de vegetação. Nos casos deste, os pesquisadores buscaram evidenciar a presença de atividade clorofilática nos alvos, o que irá representar um padrão de maturidade da vegetação (MACHADO, 2017).

Uma alternativa para análise das áreas de vegetação nativas remanescentes fazendo uso do processamento de imagens de satélites é o emprego de índices de vegetação que permitem monitorar e quantificar sua disposição espacial. O Índice de Vegetação com Diferença Normalizada (NDVI) é um dos mais importantes indicadores para a análise da cobertura vegetal em diferentes períodos. O objetivo deste índice é observar mudanças na cobertura do solo causadas por atividades antrópicas ou não, assim como seu desenvolvimento (NATH, 2014).

O NDVI utiliza de duas bandas espectrais das imagens de satélite, especificamente as bandas do vermelho e do infravermelho próximo, a principal banda de absorção está centrada em 650 nm, região visível da luz vermelha, situada entre 630 nm a 690 nm, e a região de maior refletância é no infravermelho próximo, nos comprimentos de onda de 760 nm a 900 nm (MENESES, 2012).

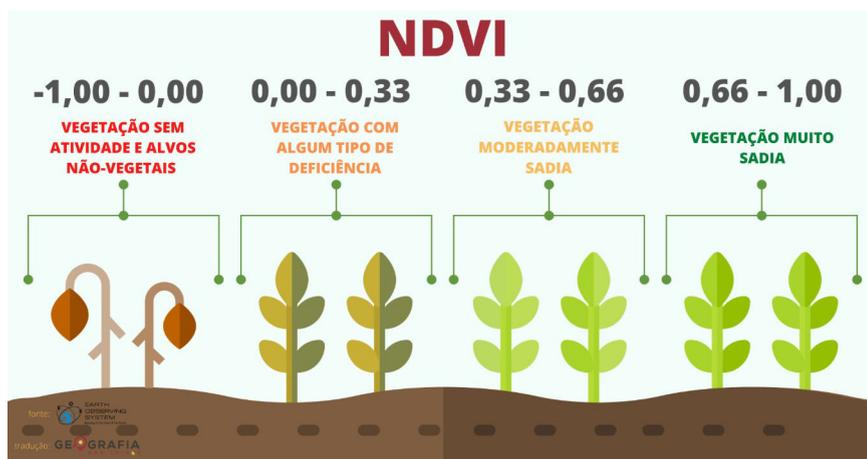
Esse índice foi desenvolvido por Rouse *et al.* em 1973, e pode ser calculado através da Equação 1:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Infravermelho} - \text{Vermelho}}{\text{Infravermelho} + \text{Vermelho}} \quad (1)$$

Ao realizar a fórmula em questão em cada pixel da imagem, o processamento atribui um valor a cada um, onde irá corresponder à atividade clorofilática no local. Os valores resultantes do NDVI encontram-se entre -1 e 1, sendo eles mais próximos de -1 os valores com menos atividade clorofilática, portanto locais que não possuem vegetação, e os mais próximos de 1 os locais que possuem maior atividade clorofilática, onde há presença de algum tipo de vegetação.

Como pode-se visualizar na Figura 3.4, vegetações saudias irão resultar em um número de NDVI alto, pois são vegetações que irão absorver muita radiação na onda do vermelho, e refletir muita radiação na onda do infravermelho.

**Figura 3.4 - Relação entre saúde das plantas e valores de NDVI**



Fonte: EOS – Earth Observing System (2019).

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Caracterização da Área de Estudo

O local em estudo desta monografia é a APA Carste de Lagoa Santa, com área total de 37.735,58 hectares, ao qual abrange parcialmente os municípios de Lagoa Santa, Confins, Pedro Leopoldo, Matozinhos e Funilândia, como pode-se verificar na Figura 4.1 e na Tabela 4.1. Optou-se por essa unidade de conservação por ser um local de grande interesse social e econômico, uma vez que se encontra na porção norte da Região Metropolitana de Belo Horizonte, onde há grande especulação de crescimento. Em seu relevo, conta com uma área cárstica onde há ocorrência de feições como cavernas, aquíferos, sítios arqueológicos, além de estar situada na Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas. Sendo assim, torna-se de suma importância a proteção das vegetações nativas a fim de efetivar a preservação dos recursos naturais.

**Figura 4.1 - Localização da Área de Proteção Ambiental Carste de Lagoa Santa**



Fonte: Adaptado de IBGE (2022).

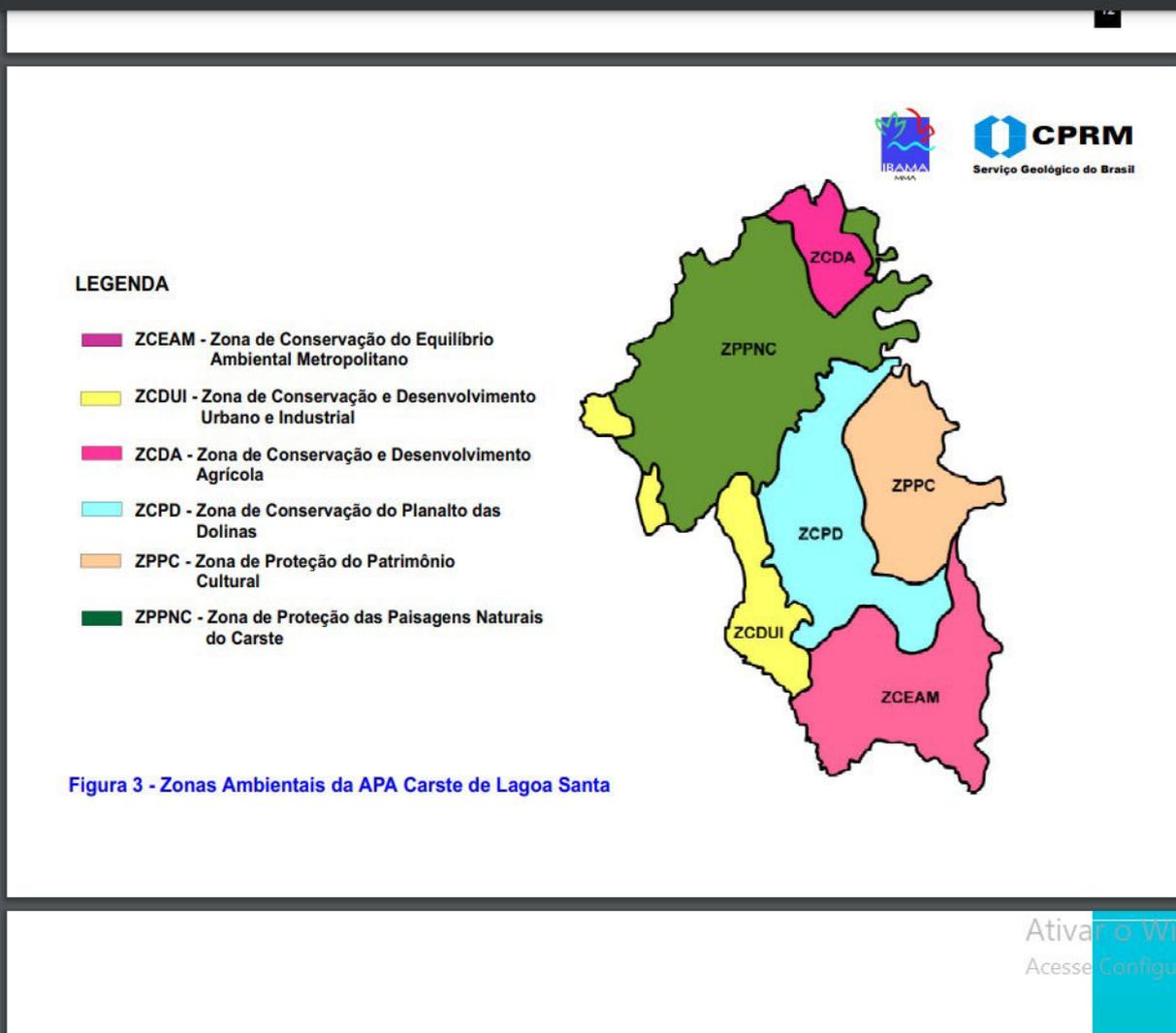
**Tabela 4.1 - Relação de cidades que pertencem à APA Carste de Lagoa Santa**

| <b>Cidade</b>  | <b>Área Total (ha)</b> | <b>Área no Interior da APA (ha)</b> | <b>%</b> |
|----------------|------------------------|-------------------------------------|----------|
| Lagoa Santa    | 22.940,90              | 7.282,70                            | 31,74    |
| Confins        | 4.235,50               | 4.230,20                            | 99,87    |
| Pedro Leopoldo | 29.283,10              | 7.891,90                            | 26,95    |
| Matozinhos     | 25.245,30              | 16.883,40                           | 66,87    |
| Funilândia     | 19.979,70              | 1.447,50                            | 7,24     |

Fonte: Autora (2022).

A área está dividida em quatro zonas de conservação e duas zonas de proteção, disposto na Figura 4.2, com regramentos específicos de acordo com os principais usos realizados em seu interior, sendo elas:

- Zona de Conservação do Equilíbrio Ambiental Metropolitano (ZCEAM): Propiciar equilíbrio entre o sistema cárstico e o vetor de expansão norte da Região Metropolitana de Belo Horizonte, ou seja, garantir a interface entre o processo de metropolização e as características sócio-ambientais locais.
- Zona de Conservação e Desenvolvimento Urbano e Industrial (ZCDUI): Controlar e disciplinar atividades humanas ao longo do corredor de urbanização e industrialização, incluindo atividades como extração e beneficiamento do calcário, controlar e reduzir impactos ambientais destas atividades, como poluição do ar e poluição hídrica, e regulamentar o transporte de cargas no corredor da MG 424.
- Zona de Conservação e Desenvolvimento Agrícola (ZCDA): Consolidação de novas tecnologias para produção agropecuária intensiva, objetivando a proteção dos recursos ambientais da APA.
- Zona de Conservação do Planalto das Dolinas (ZCPD): Disciplinar atividades industriais como extração mineral no planalto das dolinas.
- Zona de Proteção do Patrimônio Cultural (ZPPC): Proteger e promover recursos paisagísticos e culturais, representados por sítios arqueológicos incluindo áreas como Sumidouro, Lapinha, e Fidalgo.
- Zona de Proteção das Paisagens Naturais do Carste (ZPPNC): Proteger recursos naturais e a biodiversidade para garantir a integridade dos ecossistemas e biota associadas à mata decíduais na APA.



Ativar o Windows  
Acesse Configurações para ativa

Em sua geologia, a área cárstica apresenta calcários do grupo Bambuí, sendo reconhecidas dolinas, janelas, aquíferos, grutas e paredões, incluindo também fósseis de grande importância paleontológica, como Luzia, o fóssil mais antigo achado na América do Sul (PROUS, 1978).

A região possui inúmeras lagoas, que periodicamente secam em função do nível da água que se encontra o aquífero cárstico. Seus córregos e riachos fazem parte da bacia do Rio das Velhas, ao qual delimita a área da APA em seu extremo leste. Se encontra em uma área com bioma Cerrado, composto por árvores com troncos tortuosos e cascas grossas, e áreas com zona de transição mata/cerrado, onde há mata atlântica, mata seca, cerrado e mata pluvial. (HERRMANN *et al.* 1998).

#### 4.1.1. Área Rural da APA Carste de Lagoa Santa

A fim de caracterizar os diversos usos da terra da área em estudo, foi necessário quantificar e localizar a área rural da APA Carste. Os mapas da CPRM do ano de 1997 utilizados no estudo

possuem as manchas de áreas urbanizadas que haviam no ano em questão, então foi feito o georreferenciamento do mapa, e criado uma camada vetorial à mão com os contornos das áreas urbanas. Por entender que ao longo dos 25 anos as áreas urbanizadas expandiram, foi necessário baixar dados do IBGE sobre as áreas urbanas no estado de Minas Gerais do ano de 2012, e selecionar as áreas dentro da APA Carste de Lagoa Santa. Para ter um dado mais fidedigno, juntou-se os dados do IBGE com os dados da CPRM de 1997, por meio da ferramenta “Mesclar” vetorial. Dessa forma, ao obter as áreas urbanizadas, todo o restante da área total da APA Carste foi considerada como área rural.

## 4.2. Mapeamento da Vegetação

Para realizar o mapeamento da vegetação, inicialmente foi necessário definir o satélite a ser utilizado, a data da imagem do satélite, e onde as imagens seriam processadas, a fim de gerar o NDVI. Para, depois de gerado o índice de vegetação, realizar as análises propostas neste estudo.

### 4.2.1. Escolha do satélite, datas a serem utilizadas e software de processamento

As imagens de satélite utilizadas no estudo foram obtidas gratuitamente na página online Earth Explorer, do United States Geological Survey (USGS). Foram selecionadas imagens do satélite Sentinel-2, por características como qualidade, resolução de 10 metros e revisita de 5 dias.

O satélite Sentinel 2 é composto por 13 bandas espectrais, como pode-se verificar na Figura 4.3, sendo que, para o estudo, foram necessárias apenas as bandas do vermelho e infravermelho, sendo de número 4 e 8 respectivamente, para realização do NDVI.

**Figura 4.3 - Bandas Satélite Sentinel-2**

| Resolução | Nr da Banda | Nome da Banda               | Comprimento de Onda Central (nanômetro) | Combinações de Bandas   |
|-----------|-------------|-----------------------------|---|---|
| 10 m      | B02         | Blue (Azul)                 | 490                                     | Cor Verdadeira<br>RGB 04/03/02<br>Falsa Cor 1 e 2<br>RGB 08/04/03 e<br>04/08/03 |
|           | B03         | Green (Verde)               | 560                                     |   |
|           | B04         | Red (Vermelho)              | 665                                     |   |
|           | B08         | NIR (Infravermelho Próximo) | 842                                     |   |
| 20 m      | B05         | Red Edge 1                  | 705                                     | SWIR 1<br>RGB 12/11/8A  |
|           | B06         | Red Edge 2                  | 740                                     |   |
|           | B07         | Red Edge 3                  | 783                                     |   |
|           | B08A        | Red Edge 4                  | 865                                     |   |
|           | B11         | SWIR 1                      | 1610                                    |   |

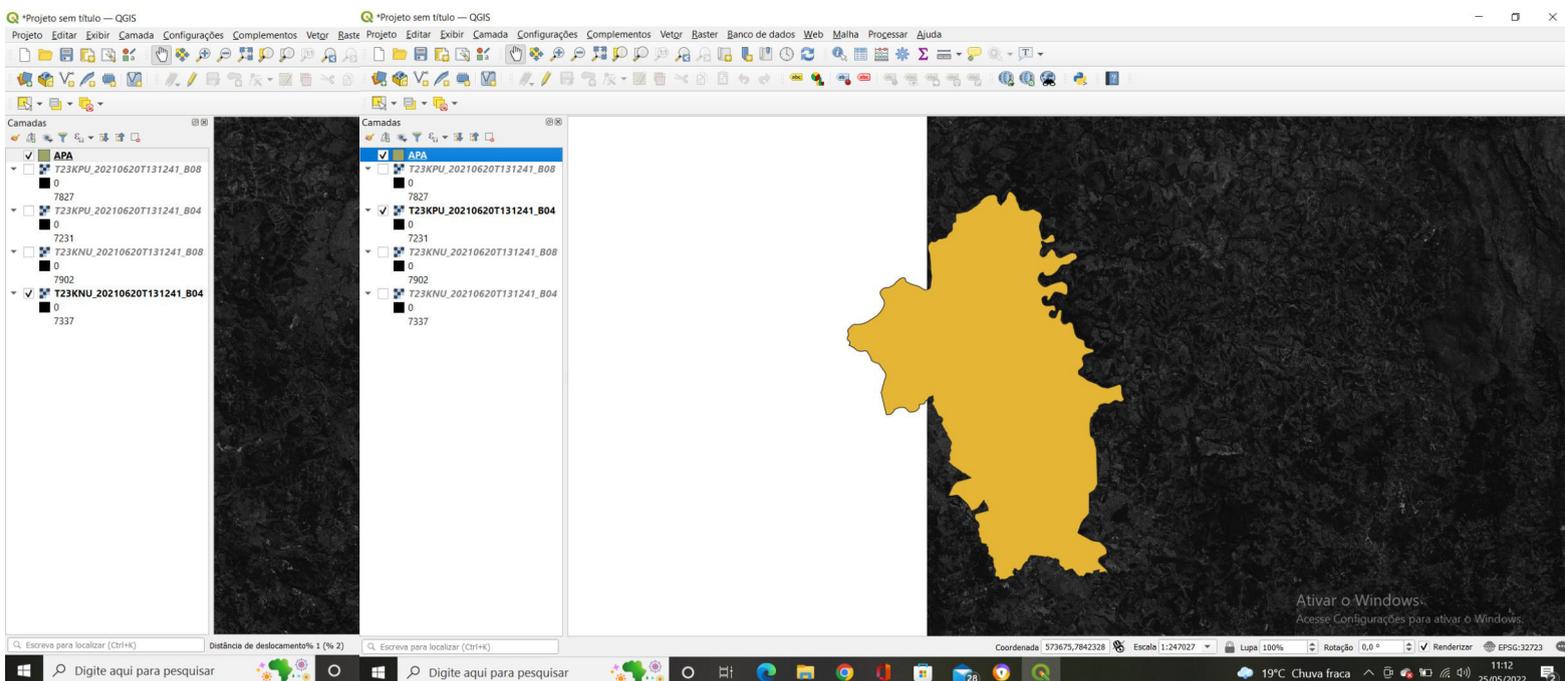
Fonte: ENGESAT (2015)

As imagens utilizadas foram referentes às datas após o período de chuva, uma vez que as matas nativas estão com aspecto vivo, com alta atividade de fotossíntese, e as imagens sem tanta interferência de nuvens. Foram feitas então análises das imagens do dia 20 de junho de 2021.

Para o processamento, foi utilizado o programa QGIS 3.14.16, desenvolvido por Gary Sherman e lançado em 2009, um software livre, com ótima multiplataforma de sistema de informações geográficas para tratamento das imagens e modelagem das mesmas. Permite em sua plataforma a análise de imagens de satélites, criação de mapas, entre outras funcionalidades.

#### 4.2.2. *Processamento das imagens*

A fim de realizar o índice de vegetação para o mapeamento das áreas de vegetação nativa, foi necessário utilizar duas cenas diferentes do satélite tiradas no mesmo dia, pois uma só não contemplava a área toda em estudo, como pode-se perceber na Figura 4.4. Logo, foram utilizadas duas cenas do mesmo dia, e utilizado a ferramenta “Mesclar” para juntar os dados das bandas vermelho e infravermelho das cenas selecionadas.



Com as bandas vermelha e infravermelha mescladas, foi utilizada a opção “recortar raster pela camada de máscara”, a fim de recortar da banda raster apenas a área em estudo com a camada shape da APA disponível no site federal da unidade.

Com as bandas já mescladas e cortadas, foi possível realizar o cálculo do NDVI, proposto por (ROUSE *et al.*, 1973, p.309), através da calculadora raster, a partir da Equação 1.

No programa, a fórmula da equação é realizada em cada pixel, atribuindo a cada um deles o valor final entre -1 e 1. Quanto mais próximo de 1, maior é a atividade vegetativa no local representado pelo pixel. Sendo que os valores negativos ou mais próximos de 0, indicam áreas de água, edificações, solo exposto, ou seja, onde há pouca ou nenhuma atividade clorofiliana. Logo, os locais que contêm vegetação nativa ficarão evidenciados por valores mais próximos de 1, permitindo assim a localização das áreas com remanescentes vegetais.

Ao fazer o NDVI, a imagem raster foi manipulada em suas propriedades, para que a escala de cinza a preto que é formada pelo algoritmo, se tornasse de verde a vermelho, onde o verde significa valores mais próximos de 1 e vermelho valores próximos de 0 ou negativos.

Com o NDVI, foi realizada uma análise da classificação dos pixels entre -1 e 1, observando-se então em qual intervalo se encontraria a vegetação de matas nativas. Utilizando-se o complemento Google Satellite (HCMGIS) para observação, foi perceptível que os valores a partir da faixa do 0.4 selecionavam de maneira satisfatória a área representada por vegetação no ano de 2021.

A imagem raster foi salva novamente, porém selecionando os pixels que interessam (acima de 0.4) utilizando a ferramenta disponível na aba de salvar chamada “Nenhum valor de dados”, ao qual você define o intervalo que você não quer que seja salvo, ou seja, do menor valor do NDVI, até o valor mínimo que você precisa. E o resultado foi uma imagem raster apenas com os pixels selecionados.

Com os pixels selecionados, a imagem raster foi então transformada em uma vetorial utilizando-se o plugin “Raster para vetor (poligonizar)”, pois a camada vetorial possibilita que sejam feitas mais análises do que a camada raster.

Após a vetorização da imagem, foram adicionados o campo “Área”, pela calculadora de campo na sua tabela de atributos, para obter a área de cada forma vetorial. Foram excluídos os pixels que continham áreas menores que 800m<sup>2</sup> para evitar que ocorram erros, pois, pela área não ser tão significativa em vista das outras, provavelmente representavam espaços que não seriam significativos para o cálculo da área de vegetação nativa, de acordo com observação no Google Earth.

#### *4.2.3. Seleção do que não é vegetação nativa*

Como os valores mais próximos de 1 no cálculo do NDVI apresentam forte atividade clorofilática, incluem também a presença de vegetação não nativa, como plantações de insumos e eucaliptos. Visto o fato, foi feito à mão as áreas que representam plantações e

florestas de eucalipto no ano de 2021, pelo Google Earth Pro, e salvo o shape dos polígonos, para exportação e análise no QGIS.

Com os shapes das áreas de plantações, foi excluído dos pixels que indicavam mata nativa no NDVI, por meio da ferramenta “Diferença”.

Neste momento, tanto o arquivo shape da vegetação nativa, quanto das plantações deram erros em geometrias, então foi utilizado a ferramenta “Corrigir Geometrias” em ambas, para mitigar esse erro. E logo após, realizado novamente a ferramenta “Diferença”.

#### 4.2.4. Validação do método NDVI

A fim de realizar a validação dos dados do método NDVI para saber a sua precisão, foi selecionado duas amostras de forma aleatória, de tamanho definido pelo Teorema Central do Limite, Equação 2, das feições criadas pelo NDVI como vegetação nativa, por meio da ferramenta vetorial “Seleção Aleatória” disponível no QGIS, e analisado com imagens de satélite se realmente eram locais onde há vegetação.

$$n = N \frac{Z^2 p (1-p)}{e^2} + Z^2 p (1-p) \quad \text{Equação 02}$$

Onde,

$n$  = é o tamanho da amostra que queremos calcular (amostragem);

$N$  = é o tamanho do universo (população);

$Z$  = desvio do valor médio que é aceito para alcançar o nível de confiança;

$e$  = margem de erro máxima que se admite;

$p$  = proporção que se espera encontrar;

Com o resultado foi possível verificar e validar os dados gerados. Como foi feito em duplicata, foi possível saber se a amostragem foi um tamanho satisfatório para representar toda população, uma vez que os resultados não sejam discrepantes de uma amostra para a outra.

### **4.3. Análises temporais dos mapas gerados**

#### *4.3.1. Comparação com mapas da CPRM*

Foram digitalizados dois mapas realizados pela CPRM em 1997, Anexo A, presente nos estudos anteriores à criação do Plano de Manejo da APA, e georreferenciados no QGIS, com o propósito de fazer, também à mão, uma camada vetorial dos contornos de áreas de interesse para o estudo, como por exemplo as áreas com vegetação nativa da época, áreas onde havia atividades de plantios de eucaliptos e plantação de insumos, e as manchas de áreas urbanizadas, a fim de realizar a comparação quantitativa da área estabelecida pelo método NDVI como vegetação nativa e a área estabelecida pelos estudos da CPRM, para definir se os recursos naturais sofreram grande impacto ao longo dos anos, bem como a eficiência dos dispositivos de proteção criados para a APA, e a efetividade do corpo de fiscalização do órgão na proteção dos recursos naturais presentes em seu território.

Com os dados vetorizados do zoneamento, foi possível realizar diversas análises temporais e entender a dinâmica do uso da terra da APA Carste de Lagoa Santa ao longo dos anos.

### **4.4. Comparação com Dispositivos de Proteção**

A fim de realizar a comparação da área de vegetação nativa encontrada pelo método NDVI com dispositivos de proteção ambiental, para entender qual fração das áreas estão sob proteção de leis específicas, foi utilizado a ferramenta de registro público eletrônico, o Cadastro Ambiental Rural, por meio do Sistema Nacional de Cadastro Ambiental Rural (SICAR), onde todos os registros ficam disponíveis para consulta do público em geral.

Na plataforma do SICAR, foi possível obter os dados na base de downloads disponíveis por cidades, e baixado o compilado de shapes de cada cidade dentro da APA Carste. Como os dados são da cidade em completo, e a APA abrange apenas parte dos municípios, foi aberto os shapes no QGIS que correspondem a APP, Reserva Legal, Vegetação Nativa e área total dos imóveis de cada município e recortados com a camada de máscara da APA, para selecionar apenas os dados que estavam dentro da área de estudo.

Após obter os shapes de Áreas de Preservação Permanente, Reserva Legal e Vegetação Nativa do CAR, de cada município que se encontravam dentro dos limites em estudo, foi feita uma camada vetorial para cada dispositivo de proteção (APP, Reserva Legal, Vegetação Nativa) contendo todas as áreas de todos os municípios juntos, por meio da ferramenta “Mesclar”.

Com as três camadas criadas, foi adicionado o campo “Área” na tabela de atributos de cada dispositivo para quantificar a área total de cada dispositivo.

Foi possível entender quanto da área encontrada de vegetação nativa pelo método NDVI está protegida pelo Código Florestal, quanto de área definida como APP, Vegetação Nativa e Reserva Legal no CAR não foi definida pelo método utilizado em estudo, e se a ferramenta CAR é realmente efetiva. Para realizar esta análise, e todas as análises que envolvam áreas, foi utilizado a ferramenta “Diferença”.

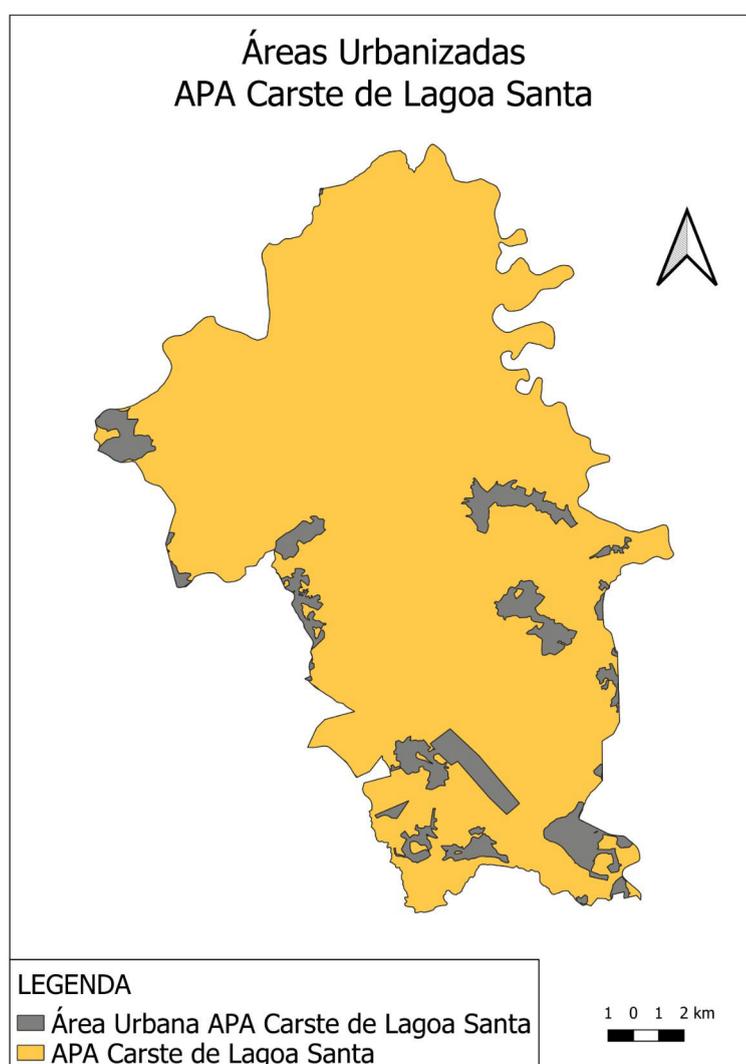
## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1. Caracterizações Gerais

#### 5.1.1. Áreas urbanas e Rurais

Após definição da área urbanizada da APA Carste de Lagoa Santa, Figura 5.1, foi possível quantificar também a área rural, obtendo então um total de 2.967,21 hectares de área urbana (7,86% da área total da APA) e 34.767,79 hectares de área rural (92,14% da área total da APA), como pode ser observado no Gráfico 5.1.

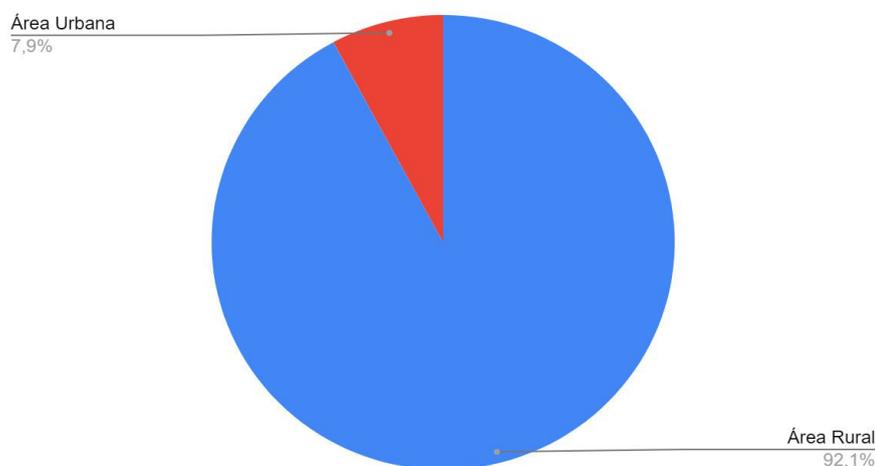
**Figura 5.1 - Área Urbana APA Carste de Lagoa Santa**



Fonte: Autora (2022).

### Gráfico 5.1 - Caracterização da área da APA Carste de Lagoa Santa

Caracterização da urbanização da APA Carste de Lagoa Santa



Fonte: Autora (2022)

Percebe-se que a área é significativamente ocupada por imóveis rurais, aos quais incidem regras diferentes de uso e ocupação do solo dos imóveis localizados em áreas urbanas. Nas zonas rurais, a função social dos imóveis está constitucionalmente atrelada à preservação do meio ambiente, e muitas vezes são utilizados para fins produtivos e de criação de animais.

Na APA Carste de Lagoa Santa, as áreas rurais são caracterizadas expressivamente por campos de produção agrícola, dando ênfase para atividades primárias, como a agricultura, pecuária, extrativismo, pesca, entre outras atividades que buscam a subsistência da população. A sua interface com a área urbana é substancial, tendo uma relação clara de interdependência. É importante frisar neste estudo que as áreas rurais possuem um importante papel para a APA Carste de Lagoa Santa, pois são os locais onde são produzidos os alimentos que são vendidos nas cidades, além de possuírem centros onde carregam toda a história e cultura do povo originário. Por fim, são locais onde encontram-se recursos naturais importantes para a manutenção da vida e para a história local, como cavernas, cursos d'água, remanescentes de vegetação, entre outros.

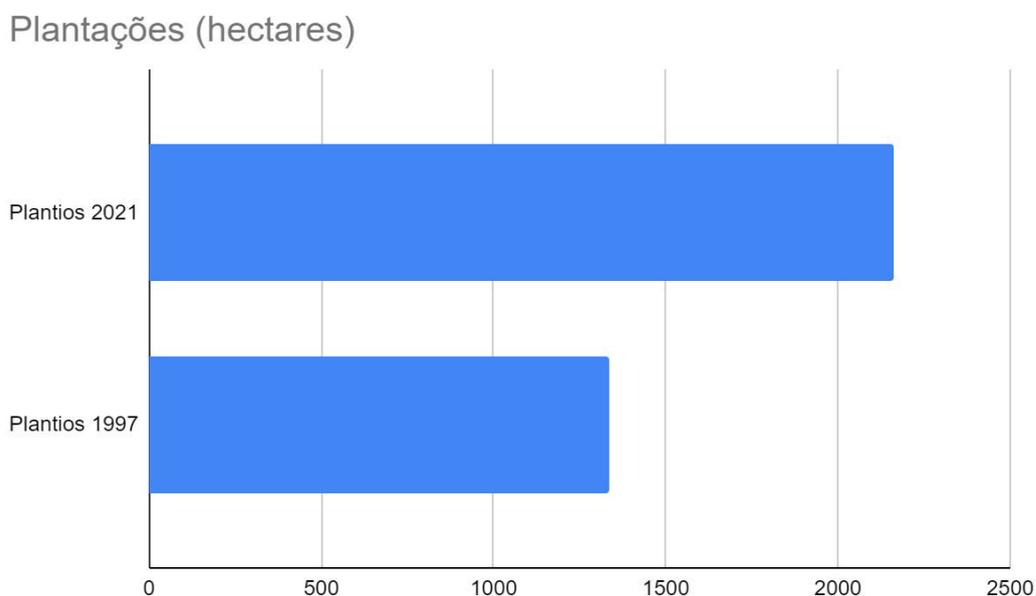
Por sua vez, as áreas urbanas também desempenham um papel muito importante na APA, uma vez que se encontram diversas atividades que fazem parte expressiva da economia do estado, como o Aeroporto Internacional de Confins, que atrai diversas pessoas por dia de variadas localidades do país e do mundo, e as indústrias que influenciam no capital das cidades e do estado.

### 5.1.2. Áreas de Plantio

Através do mapeamento das áreas de plantio localizadas dentro dos limites da APA Carste de Lagoa Santa, Figura 5.2, foi possível quantificar a área total de plantios, sendo eles: floresta plantada de eucaliptos, e o plantio em agricultura. A área total dos plantios em 2021 é de aproximadamente 2.161,55 hectares, ressaltando que por imagens do Google Earth não é possível quantificar as áreas onde há plantios de vegetação rasteira, como feno e pasto para gado.

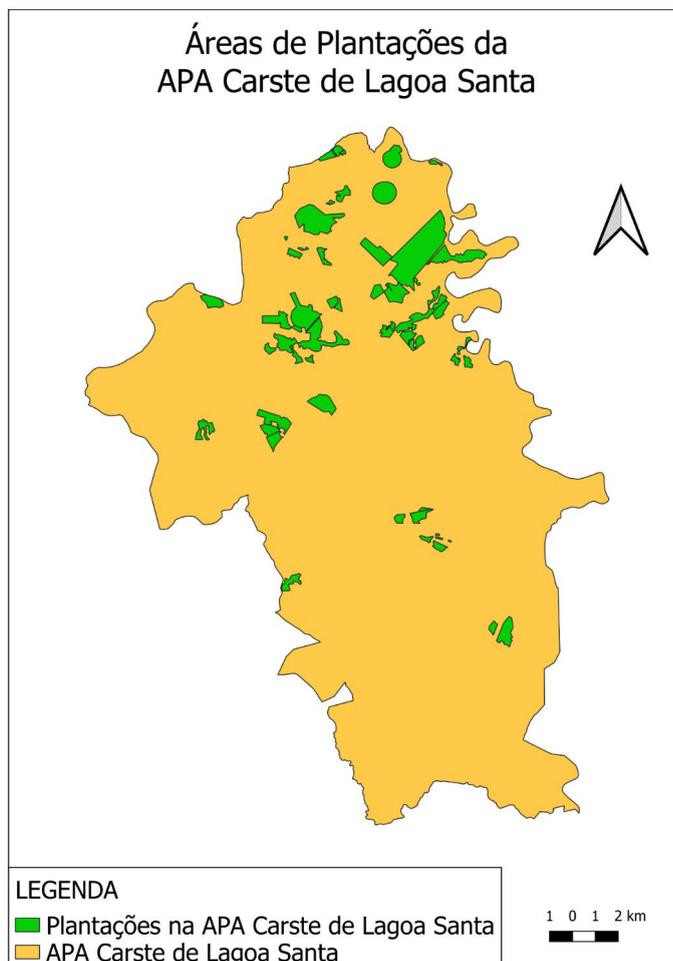
Como pode-se perceber no Gráfico 5.2, a área de plantios em 1997 de acordo com Anexo 2, era de 1.335,98 hectares, havendo um aumento de 61% (825,57 hectares) em 25 anos.

**Gráfico 5.2 - Plantações APA Carste de Lagoa Santa**



Fonte: Autora (2022).

Percebe-se que a maior parte da área com plantações encontra-se na porção norte da APA, pertencentes às zonas de conservação e desenvolvimento agrícola (ZCDA) cujo objetivo é a consolidação de novas tecnologias para produção agropecuária intensiva a fim de realizar a proteção dos recursos ambientais da APA, e na zona de proteção das paisagens naturais do Carste (ZPPNC), cujo objetivo é proteger os recursos naturais e a biodiversidade para garantir a integridade dos ecossistemas e biota associadas à mata decíduas na APA.

**Figura 5.2 - Plantações Dispostas na APA Carste de Lagoa Santa em 2021**

Fonte: Autora (2022)

Conclui-se que há contradições entre a função das zonas e o uso que está sendo feito da terra, uma delas é a existência de cinco imóveis que possuem plantações às quais fazem uso do método de plantação com pivôs centrais. Uma vez que as principais diretrizes da APA é a conservação dos recursos naturais, esse método de plantio não se enquadra nesta diretriz, pois há um alto consumo de recursos hídricos na irrigação. Outra contradição percebida é que a ZPPC é a área da APA que é mais sensível a poluição dos recursos hídricos subterrâneos, pois se trata de uma zona de recarga dos aquíferos cársticos uma área de solos com alta taxa de permeabilidade, drenagens superficiais e subterrâneas, contendo surgências, sumidouros e recargas locais. Ou seja, há ativa interface entre as atividades realizadas localmente e as águas do aquífero, logo, a alta taxa de plantações nesta zona pode ser uma atividade que coloca em risco as águas subterrâneas com uso de inseticidas e agrotóxicos.

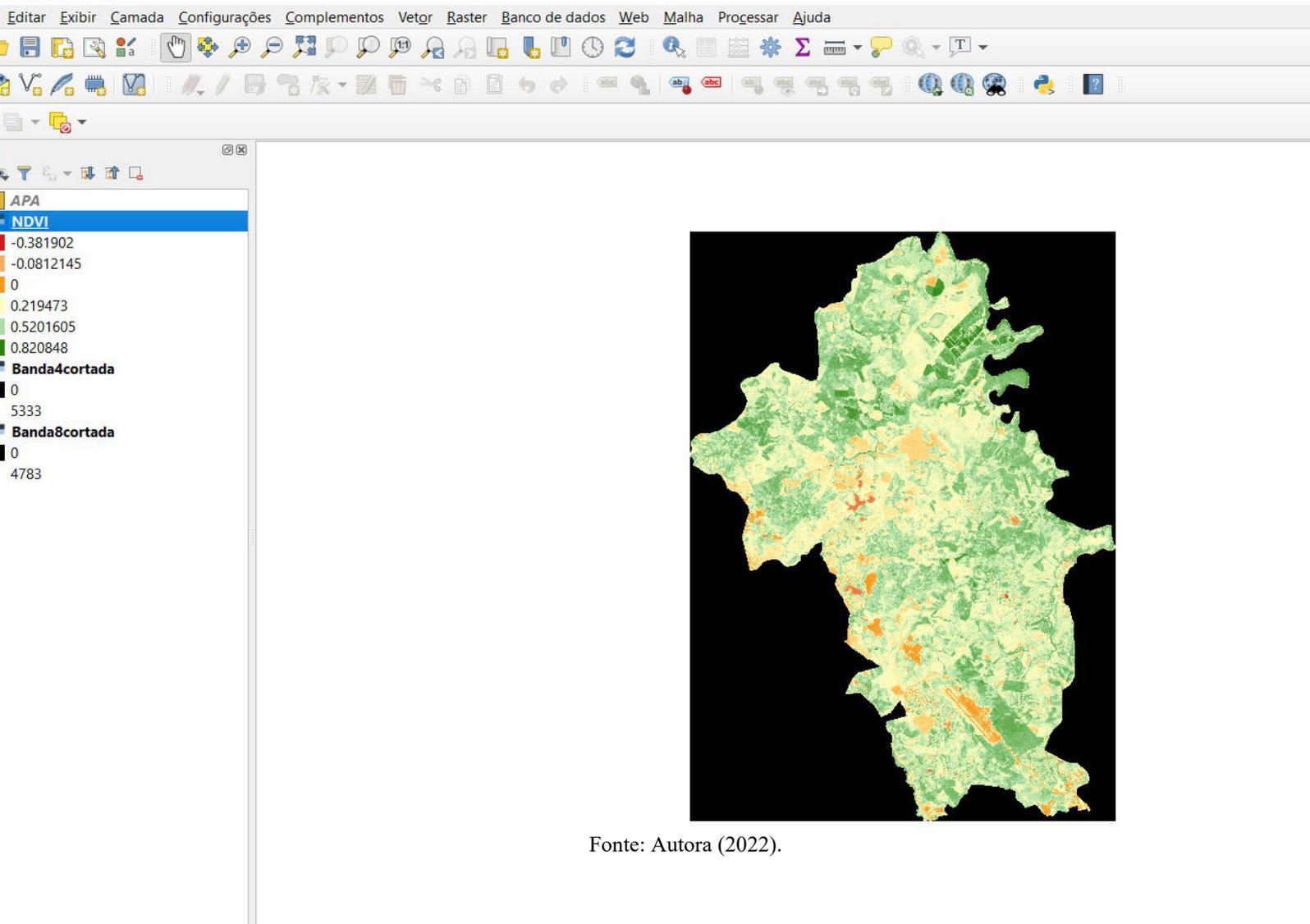
## 5.2. Mapas de Vegetação

Os mapas de vegetação nativa criados pelo método NDVI mostraram-se uma maneira simples e rápida para mapear a vegetação em locais com área extensa. O NDVI criado permitiu quantificar a área com vegetação nativa total da APA Carste de Lagoa Santa, e fazer todo comparativo entre a situação atual e a situação quando da criação da APA.

Apesar de ser muito utilizado para fins de análise da condição vegetativa em áreas com agricultura, se mostrou muito eficiente também para vegetação nativa. Embora haja dificuldades onde há alta atividade vegetativa em solos onde não contém vegetação de porte alto, bem como em áreas onde a vegetação com características de cerrado e mata seca o índice não foi 100% efetivo.

O resultado do NDVI pode-se verificar na Figura 5.3, junto à imagem manipulada com paleta de cores de vermelho a verde, onde é possível enxergar as áreas urbanas, corpos d'água, solos expostos, atividades minerárias, o aeroporto internacional de confins, entre outras atividades

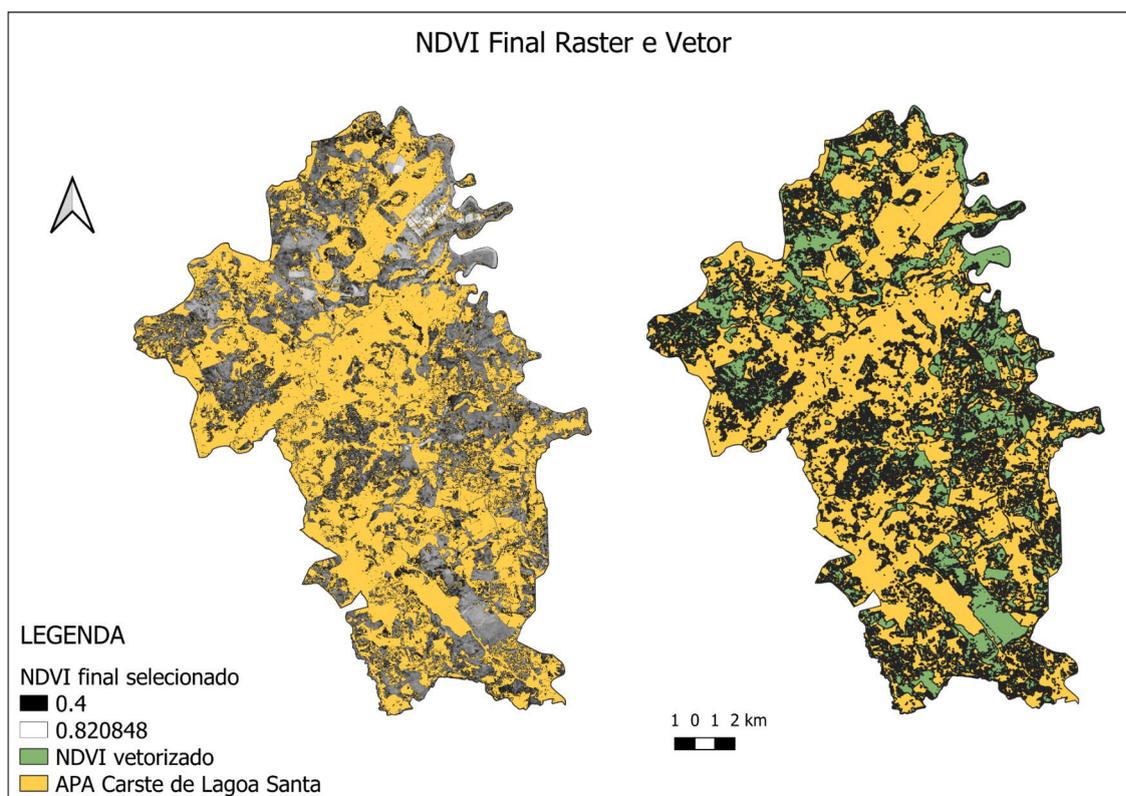
to sem título — QGIS



Fonte: Autora (2022).

Como resultado do NDVI selecionado com os pixels de interesse (acima de 0.4), esquerda da Figura 5.4, pode-se evidenciar as áreas com maior atividade clorofilática, as quais foram separadas das demais para obter uma camada raster onde continham apenas locais com vegetação nativa. À direita da Figura 5.4, pode-se perceber os dados raster selecionados já transformados em dados vetoriais, e excluídos os dados que indicam plantações a fim de quantificar apenas as áreas de vegetação nativa.

**Figura 5.4 - Imagens Raster e Vetorial com Pixels selecionados**



Fonte: Autora (2022).

Visualmente, o método NDVI teve um bom resultado, demarcando com fidelidade áreas onde possuem vegetação arbórea de grande porte, porém, como os pixels selecionados foram acima de 0.4, não contaram com os locais que possuem vegetação de mata seca, ou vegetação mais espaçada, bem como vegetação de campos rupestres, que se localizam em topo de afloramentos rochosos.

A área total de vegetação nativa nos limites da APA Carste de Lagoa Santa delimitadas pelo método NDVI foi de 14.430,96 hectares, correspondendo a 38,2% da área total da APA.

Para realizar o método de validação dos dados do NDVI para entender a confiabilidade dos resultados, foi definido o universo de dados amostral de acordo com o Teorema do Valor

Central (Equação 02) e foi calculado, em duplicata, 149 feições vetoriais como amostra para representar o todo, tendo como dados, 14.157 feições o tamanho da população, 95% de grau de confiabilidade e 8% de margem de erro.

Das 149 primeiras feições selecionadas de forma aleatória, obteve-se por meio de observação 35 feições em que selecionou de forma errada a vegetação, concluindo-se assim que o NDVI possui uma confiabilidade de 76,5%. De forma que, os pixels que possuíam apenas metade de vegetação foram quantificados como corretos, uma vez que levou-se em conta a resolução do satélite utilizado. E das 149 feições da segunda seleção aleatória, obteve-se um total de 32 feições selecionadas de forma errada como vegetação, tendo assim uma confiabilidade de 78,5%, confirmando o resultado anterior.

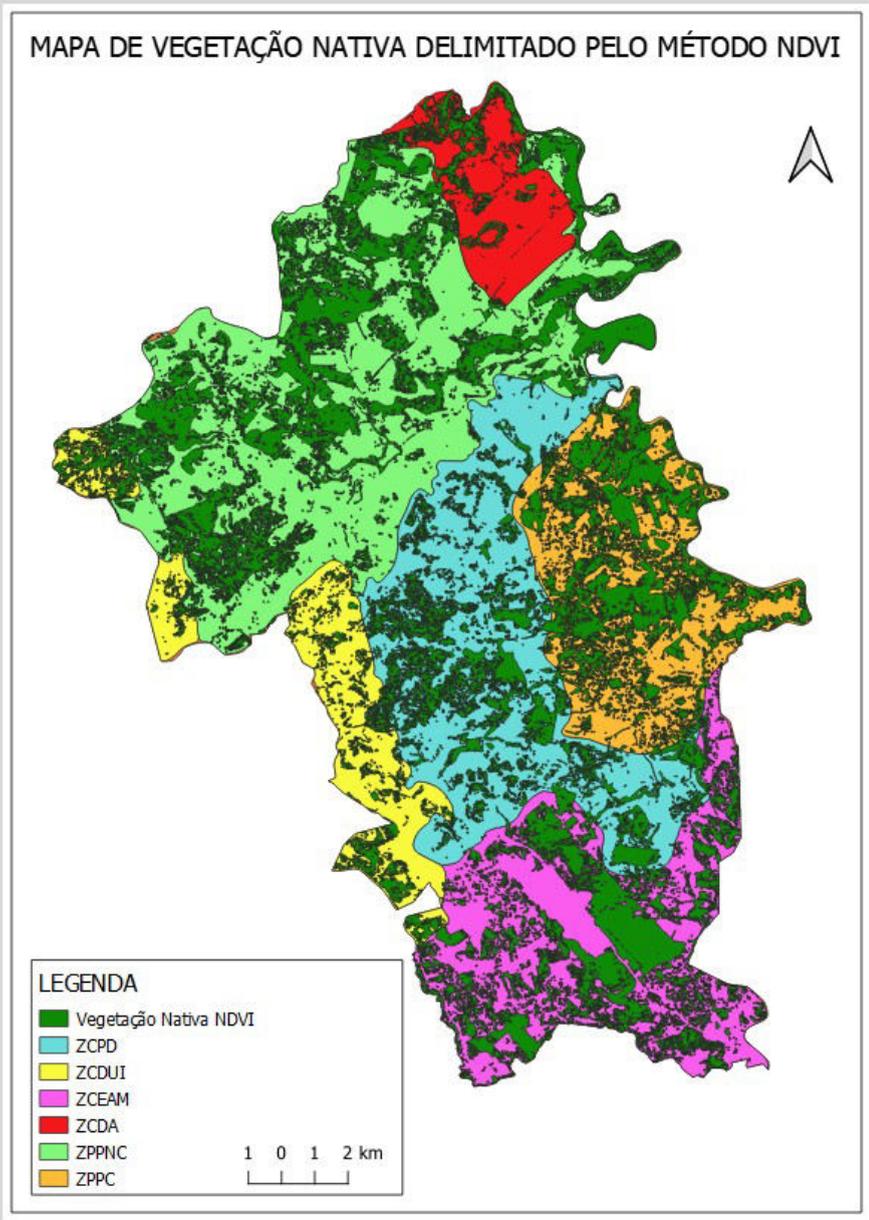
Tendo então como média entre as duas amostras uma confiabilidade de 77,5%, o total da área de vegetação nativa seria  $14.430,96 \times 0,775 = 11.183,99$  hectares, porém, para as análises a seguir foi utilizado o total de 14.430,96 hectares, a fim de abranger o máximo possível de pixels selecionados, uma vez que não é possível selecionar apenas os 77,5% que estão corretos.

Foi quantificado também a zona que possui mais áreas com vegetação nativa, a fim de fazer o comparativo de qual área possui maior porcentagem em relação à área total da zona, e conclui-se que trata-se da Zona de Proteção das Paisagens do Carste.

**Tabela 5.1 - Comparativo de área vegetativa**

| Zona  | Área Total (ha) | Área com Vegetação (NDVI) (ha) | % em área |
|-------|-----------------|--------------------------------|-----------|
| ZCDA  | 2025,7          | 445,9                          | 22        |
| ZPPNC | 12877           | 5224,1                         | 40,4      |
| ZCPD  | 7548,6          | 2340,7                         | 31        |
| ZCDUI | 3053,3          | 762,7                          | 25        |
| ZPPC  | 5524,5          | 2711,2                         | 49,1      |
| ZCEAM | 6636,1          | 2905,5                         | 43,8      |

Fonte: Autora (2022)

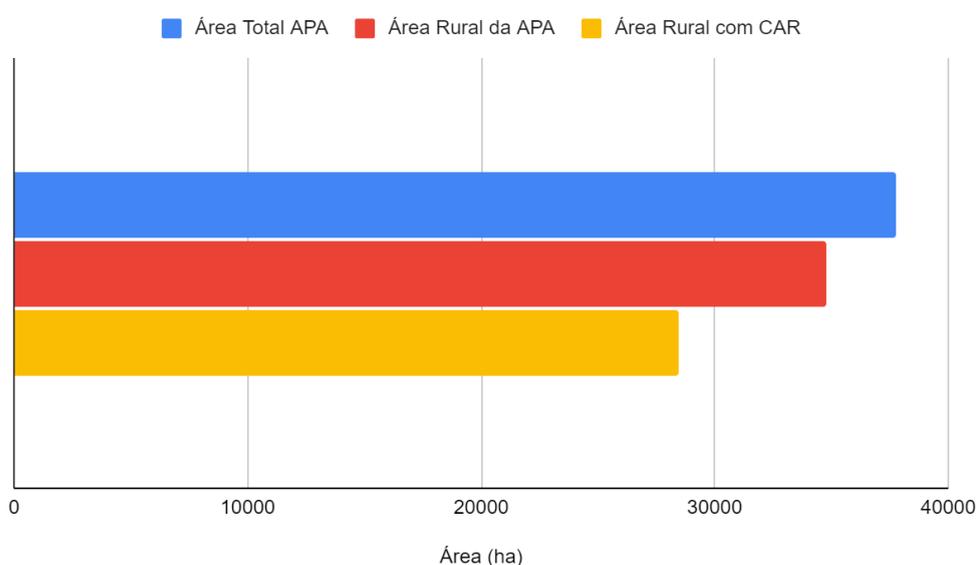


É importante destacar que a ZPPC se trata da zona onde localiza-se importantes centros de proteção além da APA, como o Parque Estadual do Sumidouro, ao qual possui uma área de 2.004,0 hectares, caracterizado como uma unidade de proteção integral com objetivo de promover a proteção dos recursos ambientais e culturais, o Sítio arqueológico da Lapinha, e o patrimônio histórico de Fidalgo, o que propicia ainda mais a preservação das matas nativas, uma vez que são áreas com uso mais restritivo.

### 5.3. Comparação com Dispositivos Legais de Proteção

A área rural total encontrada pelo método empregado foi de 34.767,79 hectares, correspondendo a cerca de 92% da área total da APA Carste de Lagoa Santa. Deste total da área rural encontrada, 28.490,34 hectares possuem cadastro no sistema do CAR no ano de 2022, ou seja, 81,94% da área rural da APA Carste de Lagoa Santa, dados ilustrados no Gráfico 5.3.

**Gráfico 5.3 - Cenário da Área Rural da APA Carste de Lagoa Santa**



Fonte: Autora (2022).

Na Tabela 5.2 é possível perceber a relação entre as áreas totais das zonas e a quantidade em porcentagem de área cadastrada no CAR. Tal relação é importante para entender qual zona possui maior área de imóveis ambientalmente regulares.

**Tabela 5.2 - Relação das zonas da APA e as áreas cadastradas no CAR**

| Zona  | Área total | Área cadastrada no CAR (ha) | %     |
|-------|------------|-----------------------------|-------|
| ZCDA  | 2025,7     | 1774,6                      | 87,6  |
| ZPPNC | 12947      | 11312,2                     | 87,37 |
| ZCPD  | 7548,6     | 6378,5                      | 84,49 |
| ZCDUI | 3053,3     | 2437,6                      | 79,83 |
| ZPPC  | 5524,5     | 2909,1                      | 52,65 |
| ZCEAM | 6636,1     | 4191,8                      | 63,16 |

Fonte: Autora (2022).

O CAR é uma importante ferramenta para a regularização ambiental das propriedades rurais, garantindo assim o cumprimento da legislação ambiental, além de possibilitar ao proprietário um correto planejamento econômico e ambiental do uso e ocupação do imóvel, além de possibilitar créditos agrícolas, além de garantir isenção de impostos para compra de insumos destinados à manutenção das Áreas de Preservação Permanente, e à Reserva Legal.

Tendo em vista estes pontos positivos, e a obrigatoriedade do cadastro, o melhor cenário para a APA Carste de Lagoa Santa é a totalidade dos imóveis rurais cadastrados no CAR, a fim de controlar a proteção de áreas de vegetação nativa, bem como monitorar se as leis estão sendo cumpridas por meio deste dispositivo.

Torna-se assim de suma importância o incentivo ao cadastramento de todos os imóveis rurais, em uma ação conjunta com as prefeituras de todas as cidades pertencentes à APA Carste, bem como realizar o acompanhamento por imagens de satélite das áreas cadastradas a fim de monitorar se os limites estabelecidos pelo proprietário estão sendo cumpridos.

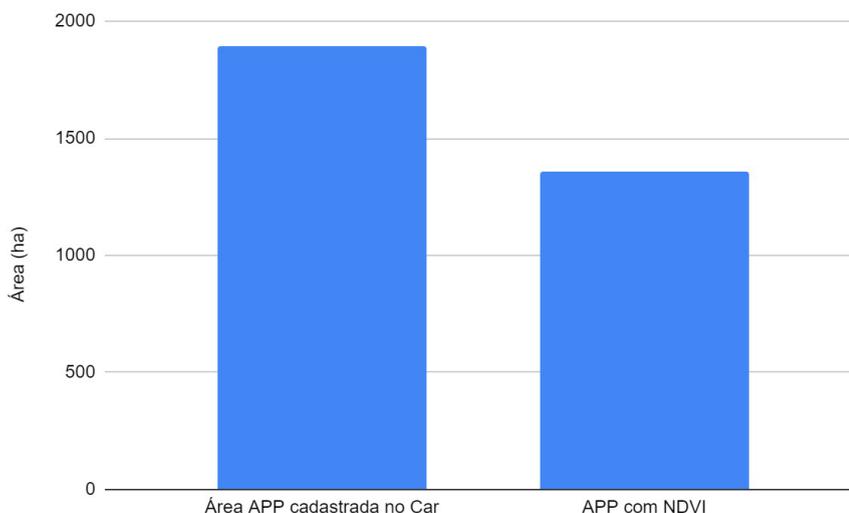
É importante salientar também que o cadastro no site pode ser feito por qualquer pessoa, instruída ou não ao cadastramento, o que pode levar a possíveis erros de delimitação de área.

### *5.3.1. Área de Preservação Permanente*

No shape ao qual indica as áreas de preservação permanente cadastradas no CAR, criado neste estudo, foi possível fazer análises que englobam proteção de áreas onde há necessidade de proteção de determinados recursos ambientais, como hídricos, solo, entre outros.

As únicas análises realizadas com este dispositivo de proteção foi o quantitativo da área total cadastrada no CAR e o quantitativo de vegetação nativa mapeado pelo NDVI que está protegido por meio deste dispositivo. Pois assim foi possível perceber que as áreas delimitadas como APP no CAR estão relacionadas a corpos hídricos superficiais, e uma vez que estes recursos naturais não são predominantes na APA, não houve um quantitativo significativo para realizar mais análises, o que não afetou significativamente o estudo, uma vez que, por lei, na APP não precisa necessariamente estar coberta com vegetação nativa.

Sendo assim, a área total de APP dentro dos limites da APA Carste de Lagoa Santa cadastrada no CAR no presente ano é de aproximadamente 1.893,8 hectares, correspondendo a 5% da área total da APA. E 1.357,39 hectares do total de mata nativa delimitados pelo NDVI (14.430,96 hectares) estão sob proteção deste dispositivo, ou seja, 9,4%, como pode-se perceber no Gráfico 5.4.

**Gráfico 5.4 - Configuração da APP cadastrada no CAR**

Fonte: Autora (2022).

### 5.3.2. *Vegetação Nativa*

As análises realizadas com o shape criado neste estudo que contém os dados de vegetação nativa cadastrados no CAR, tiveram como objetivo quantificar a área total de vegetação nativa cadastrada no sistema, quantificar a fração do NDVI que está cadastrado como vegetação nativa no CAR, verificar se há áreas de plantação sobrepostas a áreas de vegetação nativa e verificar se há outras atividades colocando essas áreas em risco.

A área total de vegetação nativa cadastrada no CAR dentro dos limites da APA, no presente ano, é de aproximadamente 7.405,6 hectares, correspondendo a 19,6% da área total da APA. Está disposta nas diferentes zonas da APA de acordo com a Tabela 5.3 a seguir, à qual pode-se perceber que, além da ZPPNC ser a maior zona dentro da APA, também é a que possui maior percentual de vegetação nativa cadastrada no CAR.

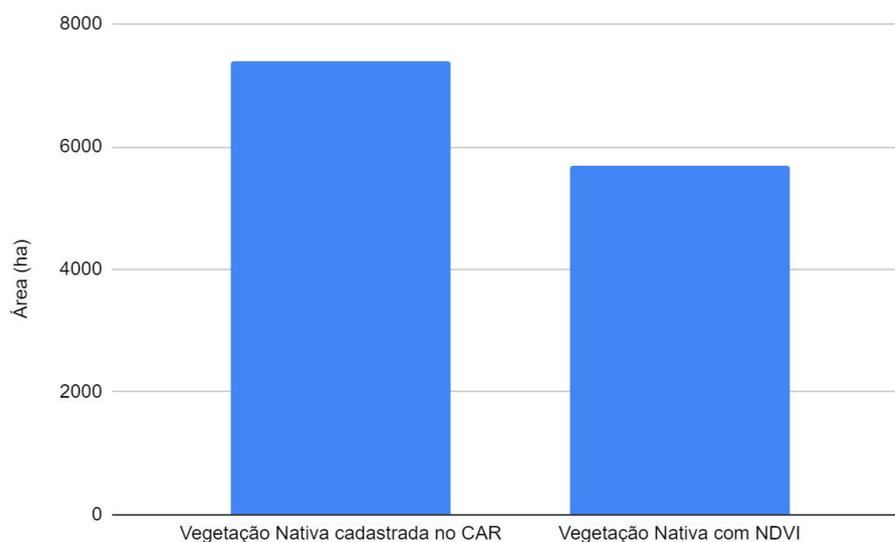
**Tabela 5.3 - Comparativo de Vegetação Nativa CAR e as zonas da APA**

| Zona  | Área Total (ha) | Vegetação Nativa cadastrada no CAR (ha) | % em área |
|-------|-----------------|---|-----------|
| ZCDA  | 2.025,70        | 136,7                                   | 6,75      |
| ZPPNC | 12.947,00       | 3222,2                                  | 24,89     |
| ZCPD  | 7.548,60        | 1559,9                                  | 20,67     |
| ZCDUI | 3.053,30        | 496,2                                   | 16,25     |
| ZPPC  | 5.524,50        | 373,6                                   | 6,76      |
| ZCEAM | 6.636,10        | 1602,6                                  | 24,15     |

Fonte: Autora (2022).

Foi feita a comparação entre a área de vegetação nativa cadastrada no CAR e a mesma definida pelo método NDVI, e foi possível concluir que 5.700,96 hectares delimitados pelo NDVI estão sob proteção deste dispositivo, cadastrados como Vegetação Nativa, ou seja, 15,1% do total. Do mesmo modo, este quantitativo representa que, do total cadastrado no CAR como vegetação nativa, apenas 76,98% também foram delimitados pelo método NDVI como vegetação nativa, como pode-se perceber no Gráfico 5.5.

**Gráfico 5.5 - Configuração da Vegetação Nativa cadastrada no CAR**

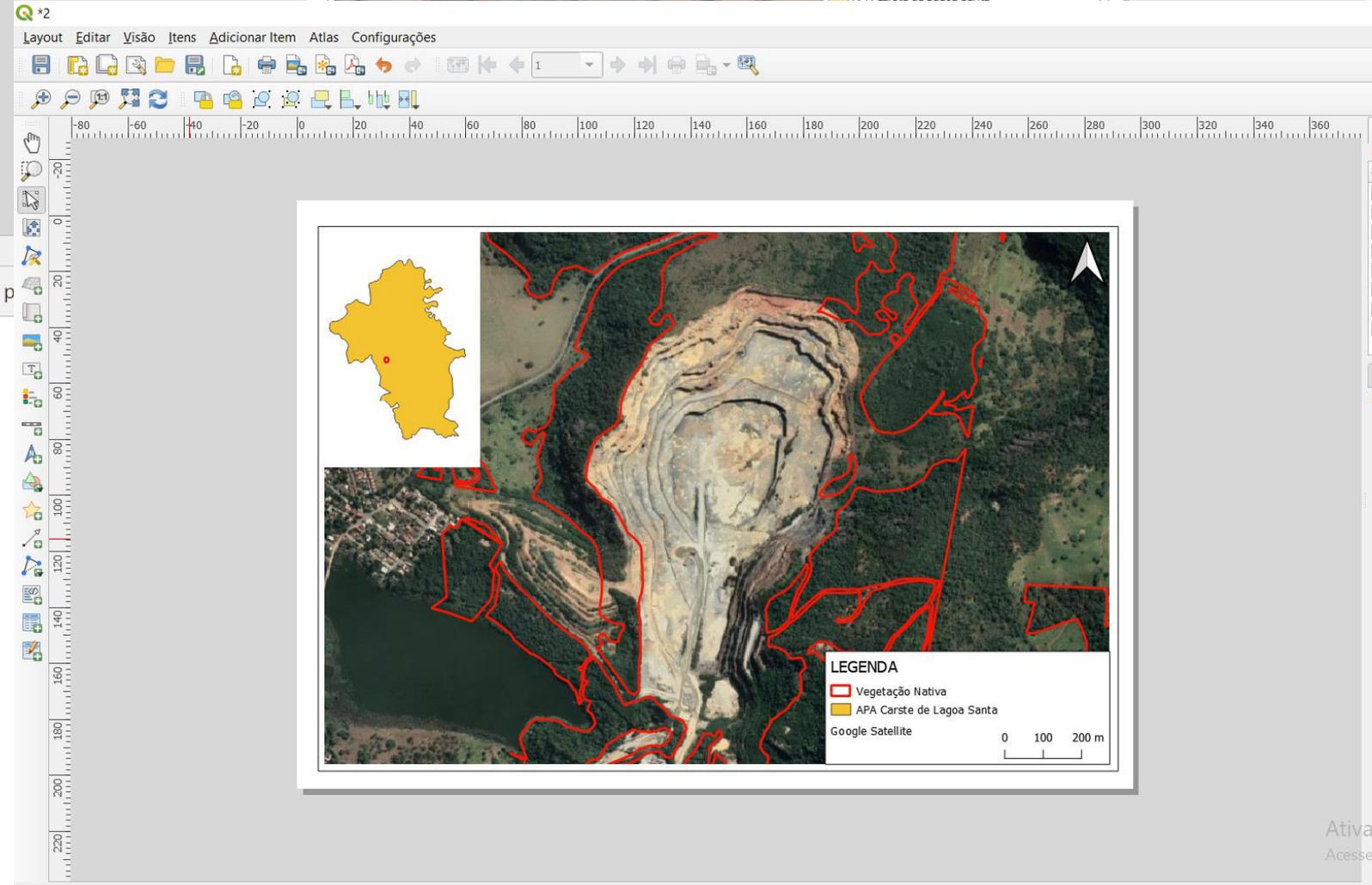
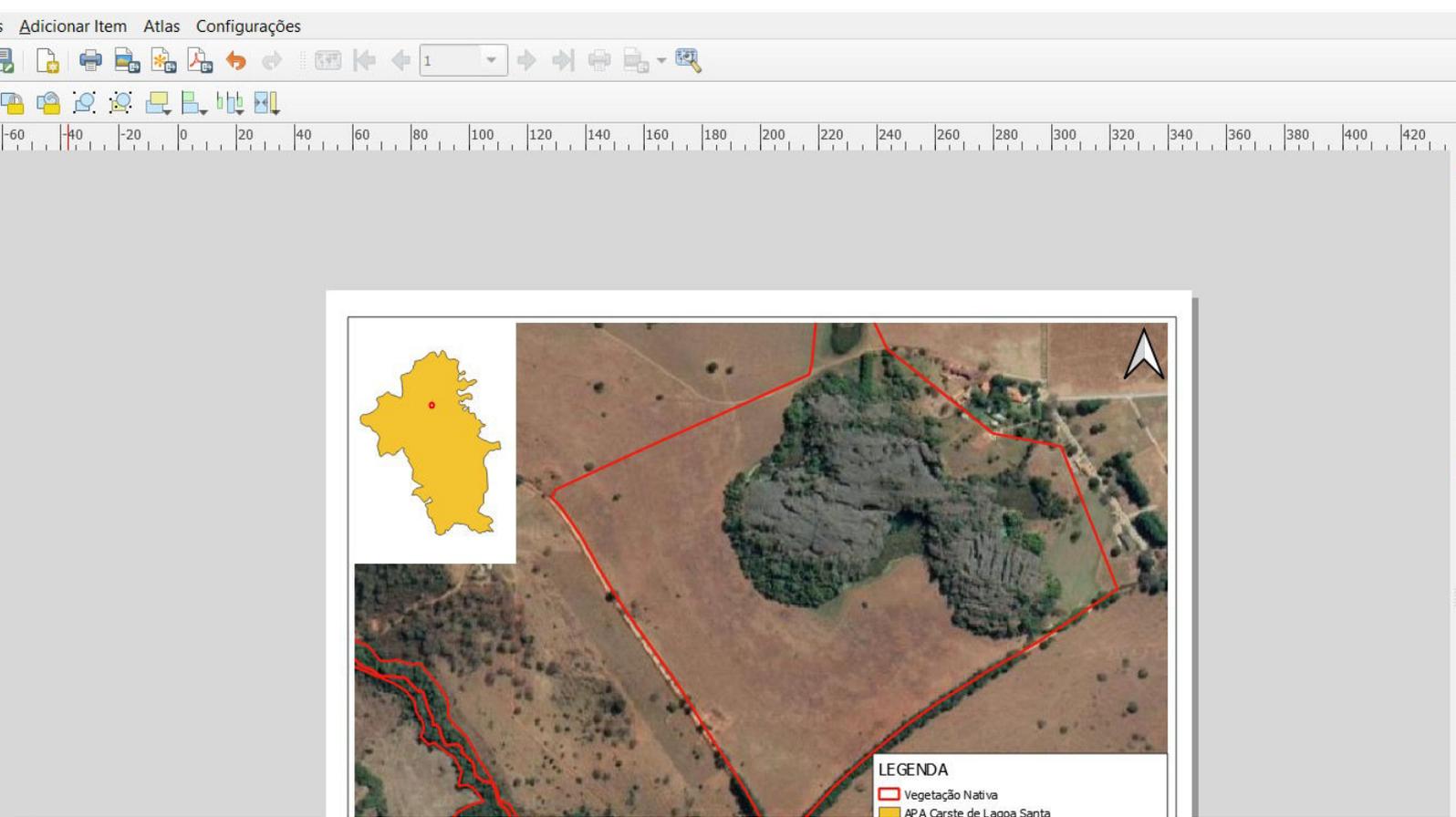


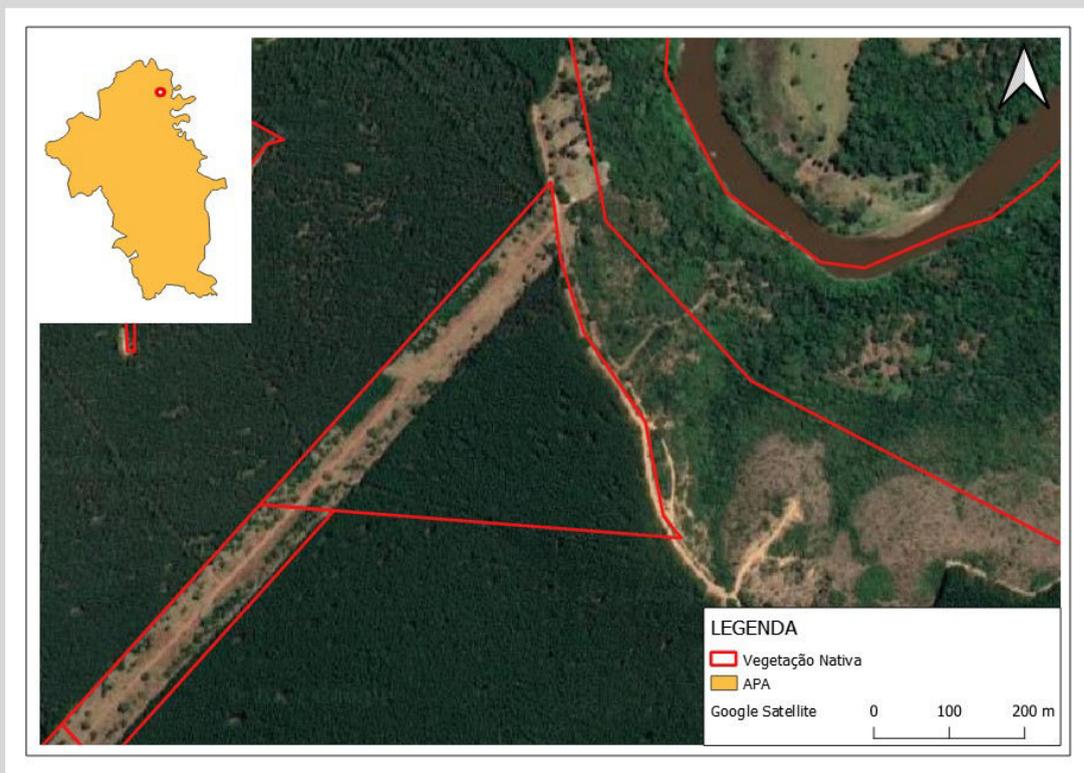
Fonte: Autora (2022).

Tendo em vista o baixo percentual de vegetação delimitada pelo NDVI que está cadastrado no CAR como vegetação nativa, é necessário que se faça uma análise crítica dos motivos, e algumas ressalvas tem de ser feitas a respeito de divergência de dados:

- Existem locais cadastrados no CAR como vegetação nativa que não possuem vegetação, como pode-se observar na Figura 5.6;
- Áreas onde o NDVI não foi tão preciso, como por exemplo em áreas onde há vegetação menos densa, com matas secas e vegetação rochosa.

É possível perceber que em determinados locais há atividades que colocam em risco a proteção dessas áreas demarcadas, como pode-se visualizar na Figura 5.7, onde ocorrem atividades como mineração, plantações, e até mesmo o avanço das áreas urbanas.





esta sendo cumprida a proteção dos recursos naturais existentes.

### 5.3.3. Reserva Legal

Os shapes criados neste estudo com os dados de Reserva Legal, permitiram observar dados quantitativos, a fim de entender o quanto da vegetação nativa está protegida por este dispositivo. As análises deste tópico contaram com: área total cadastrada, comparação com o método NDVI utilizado neste estudo, comparação entre as áreas definidas como reserva legal e as áreas definidas como vegetação nativa no CAR.

A área total de reserva legal neste ano cadastrada no CAR, dentro dos limites da APA Carste de Lagoa Santa, é de aproximadamente 5.733,3 hectares, correspondendo a 15,2% da área total da APA.

As áreas de Reserva Legal cadastradas no CAR estão distribuídas entre as zonas da Unidade de Conservação de acordo com a Tabela 5.4, e pode-se perceber que, assim como ocorre com a vegetação nativa, a ZPPNC além de possuir maior área, também possui maior percentual de Reserva Legal cadastrada no CAR.

**Tabela 5.4 - Relação das áreas de Reserva Legal cadastradas no CAR e as zonas da APA Carste de Lagoa Santa**

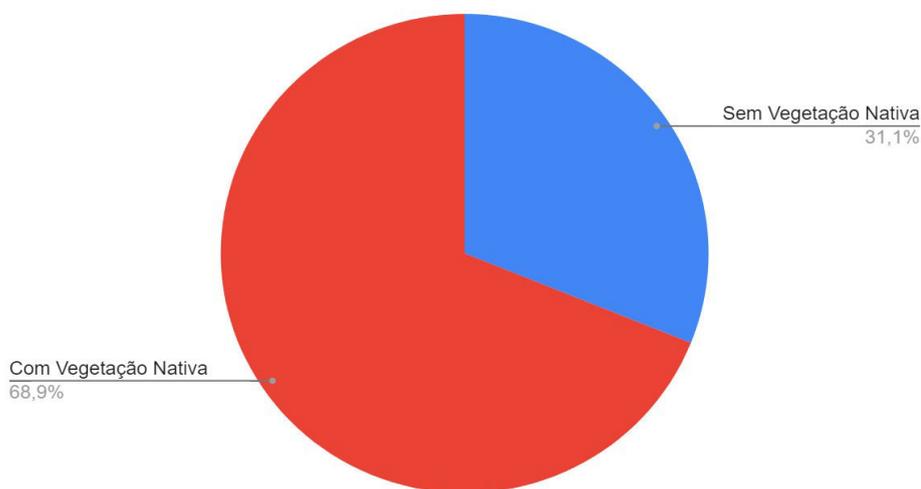
| Zona  | Área Total (ha) | Quantidade de Reserva Legal cadastrada no CAR (ha) | % em área |
|-------|-----------------|--|-----------|
| ZCDA  | 2.025,70        | 186,4  | 9,2       |
| ZPPNC | 12.947,00       | 2.757,40   | 21,3      |
| ZCPD  | 7.548,60        | 1.025,60   | 13,6      |
| ZCDUI | 3.053,30        | 375,7  | 12,3      |
| ZPPC  | 5.524,50        | 4,8  | 0,1       |
| ZCEAM | 6.636,10        | 753,8  | 11,4      |

Fonte: Autora (2022).

Foi possível perceber que da área total cadastrada como reserva legal (5.733,3 hectares), 1.782,8 hectares, ou seja, 31,1% da mesma, não são cadastrados no CAR como vegetação nativa (Gráfico 5.6).

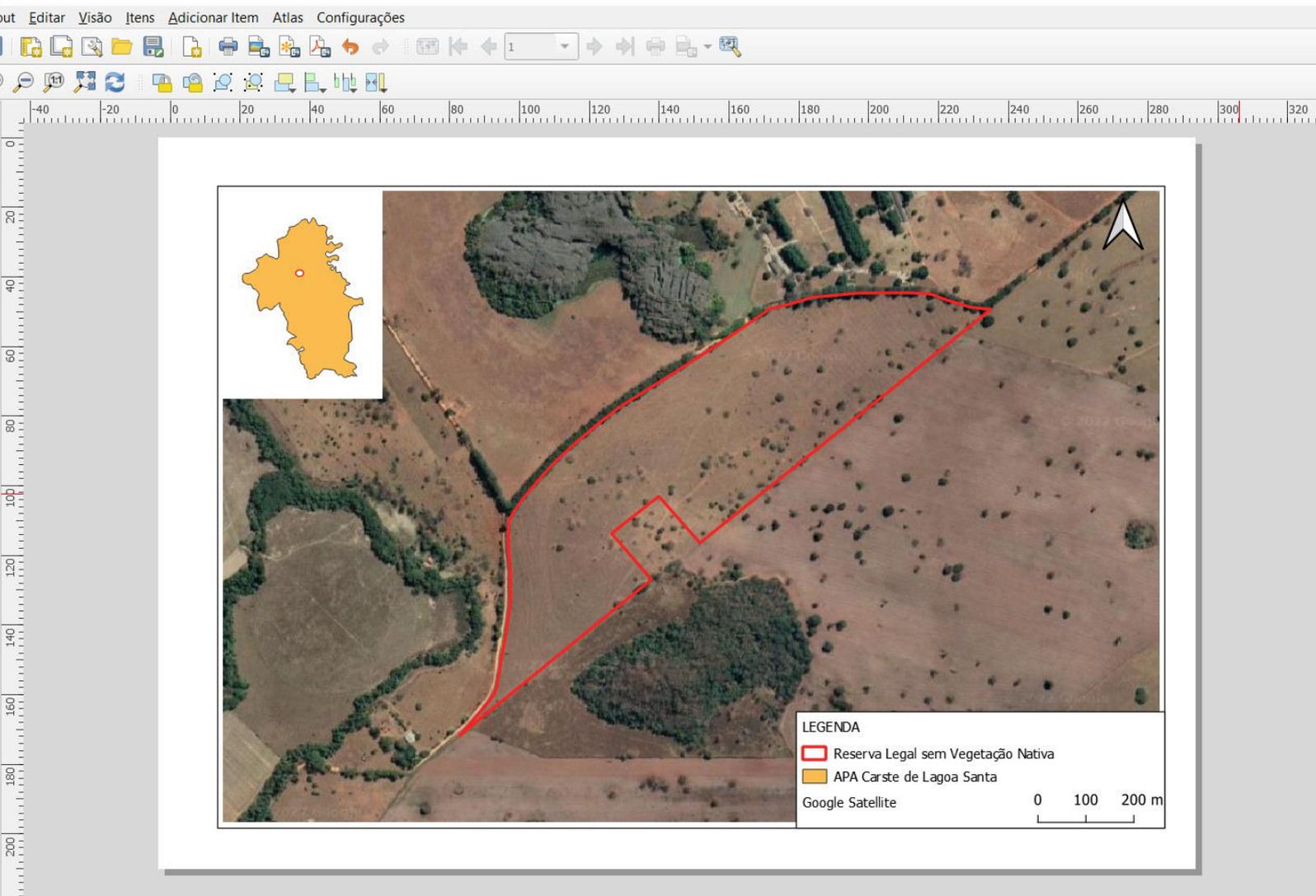
**Gráfico 5.6 - Relação entre Reserva Legal e Vegetação Nativa**

Condição da Reserva Legal



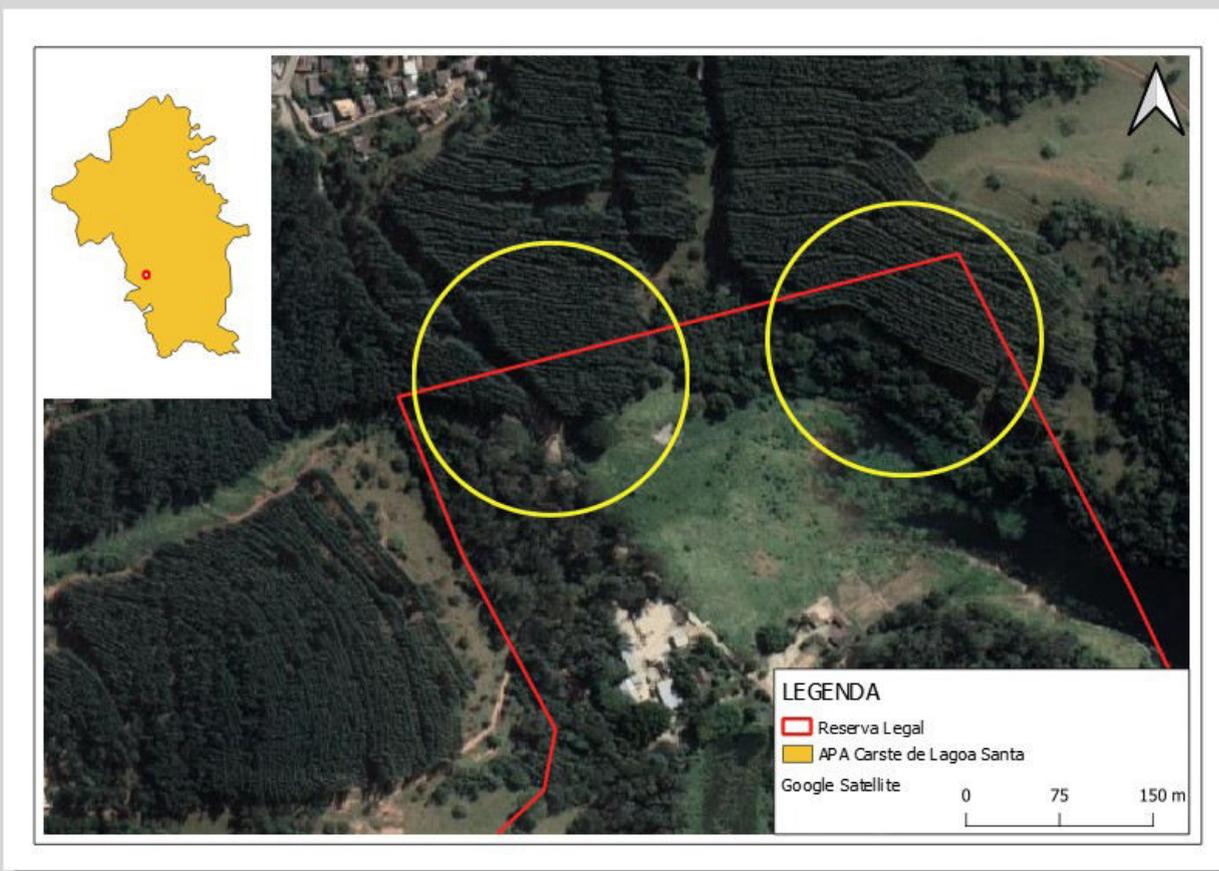
Fonte: Autora (2022).

Porém, apesar de não serem cadastradas no CAR como vegetação nativa, como foi citado no parágrafo anterior, certos locais estão cobertos com vegetação em diversos estágios, como: em regeneração, matas fechadas, e outros estão cadastrados em áreas sem vegetação, conforme Figura 5.9.



Reserva Legal, existe uma fração constituída de floresta plantada, provavelmente Eucalipto, como pode-se ver na Figura 5.10, onde evidencia-se de amarelo as áreas de plantação que adentraram a área de Reserva Legal.

Diante desses fatos, percebe-se que é necessário que haja uma atenção para essas áreas, primeiramente identificando-as de forma remota, pelo Google Earth, para que, posteriormente seja cobrado dos proprietários a complementação da Reserva Legal por meio de reflorestamento com espécies nativas, e a delimitação da área de forma visível para que não haja adentramento de plantações e/ou retirada de vegetação (desmate) nesses locais protegidos.



pesquisar



28

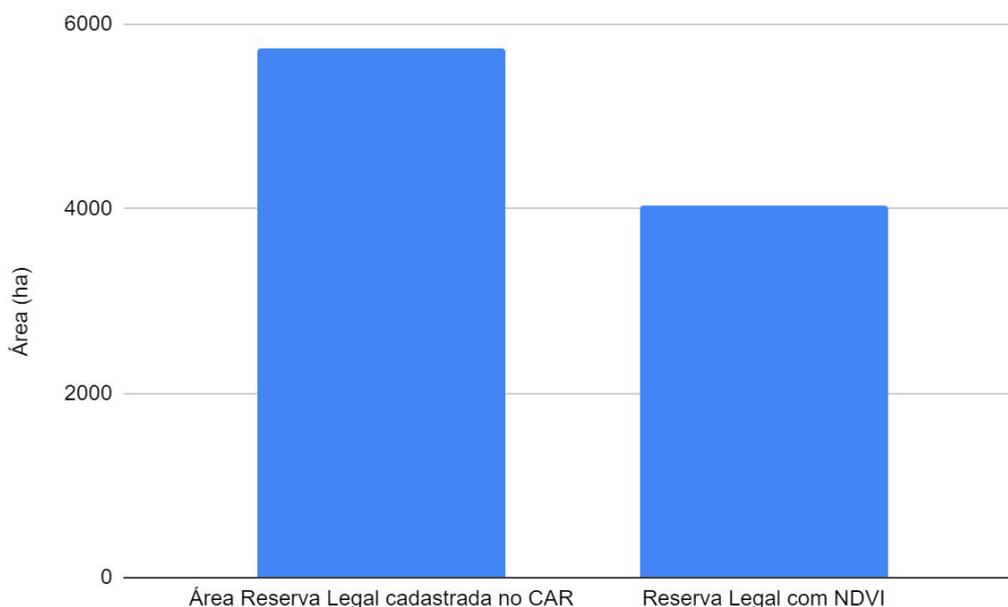


Tendo em vista esta situação, deve-se atentar para questões como:

- não são todas as propriedades dentro da APA cadastradas no CAR;
- algumas áreas de Reserva Legal estão delimitadas em áreas sem vegetação arbórea, uma vez que, não contendo vegetação nativa na propriedade, os 20% devem ser delimitados e posteriormente revegetados;
- A Reserva Legal compreende apenas 20% da área total de cada terreno, sendo assim, as áreas de vegetação nativa, que por ventura existam dentro dos outros 80% não estão protegidas, explicando parte da vegetação nativa que não está cadastrada também como reserva legal.

Porém, um fato interessante é que da área total de Reserva Legal cadastrada no CAR, 70,5% foi identificado como Vegetação Nativa pelo método NDVI, como pode-se perceber no Gráfico 5.7.

**Gráfico 5.7 - Configuração da Reserva Legal cadastrada no CAR**



Fonte: Autora (2022).

Foi possível perceber também que os 29,5% da área restante correspondem a solos sem vegetação arbórea nativa, com vegetação rasteira, como vários tipos de capim, ou, em poucos casos, rochas expostas ou locais de mata seca.

Tendo em vista esses fatos, conclui-se que seria importante uma fiscalização nestes locais demarcados como Reserva Legal, tendo em vista que, conforme citado acima, dos 100% demarcados como tal, está sendo efetivo apenas cerca de 70,5% da área, uma vez que os 29,5% restantes, não se constitui de vegetação nativa.

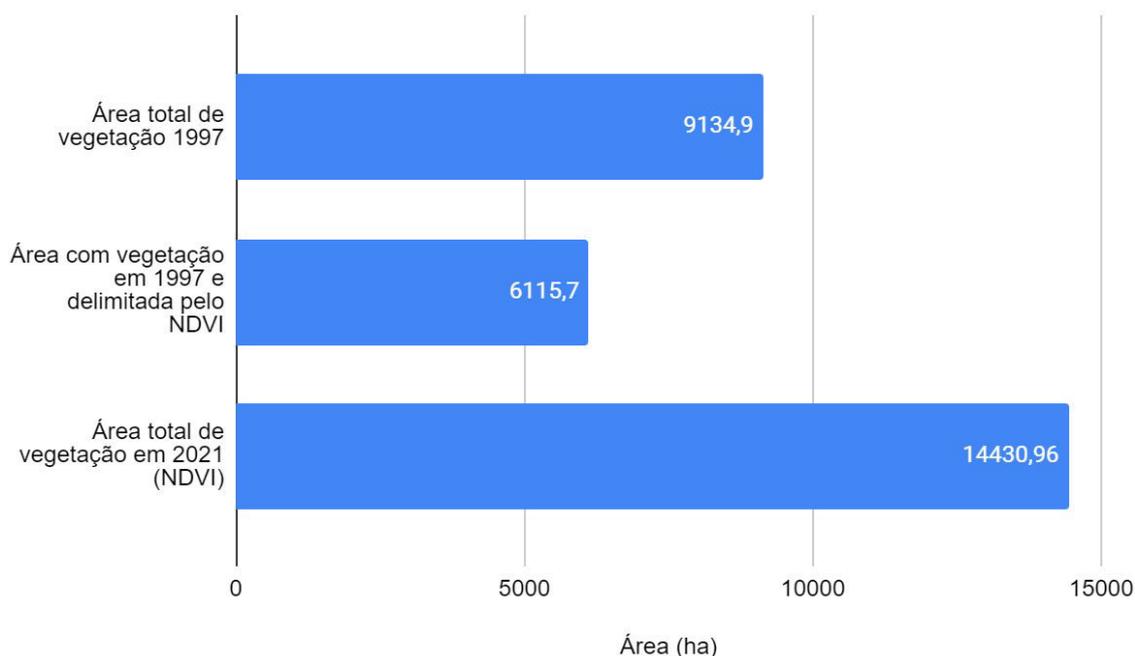
#### **5.4. Comparação com Mapa da CPRM de 1997**

Após a vetorização das áreas de vegetação nativa delimitadas no mapa da CPRM de 1997 foi possível a análise da perda ou ganho no quantitativo de vegetação nativa nos 24 anos de análise.

A área de vegetação nativa delimitada pela CPRM nos limites da APA Carste de Lagoa Santa foi de 9.134,9 hectares, o que corresponde a 25,92% da área total da APA.

Foi possível concluir que, destes 9.134,9 hectares definidos pela CPRM em 1997, 6.115,7 hectares foram também definidos pelo método NDVI do ano de 2021, ou seja, 66,9%, como pode-se perceber no Gráfico 5.8.

**Gráfico 5.8 - Quantificação de áreas com vegetação nativa**



Fonte: Autora (2022).

Com esta relação, foram analisadas as áreas onde estava delimitado como vegetação em 1997, que não foi delimitado pelo método NDVI do ano de 2021. Percebe-se que em muitas áreas não há vegetação arbórea atualmente, como pode-se ver na Figura 5.11, porém não foi possível fazer a comparação com imagens do Google Earth do ano de 1997, por falta de resolução na imagem, não sendo possível concluir se no ano do mapeamento da CPRM realmente havia vegetação nativa nestes lugares.

Ainda sobre esta relação, é perceptível também que os locais onde se trata de vegetação do cerrado e mata seca, o método NDVI não abrangeu, uma vez que são locais com árvores espaçadas, e pouca atividade clorofilática no mês de junho.

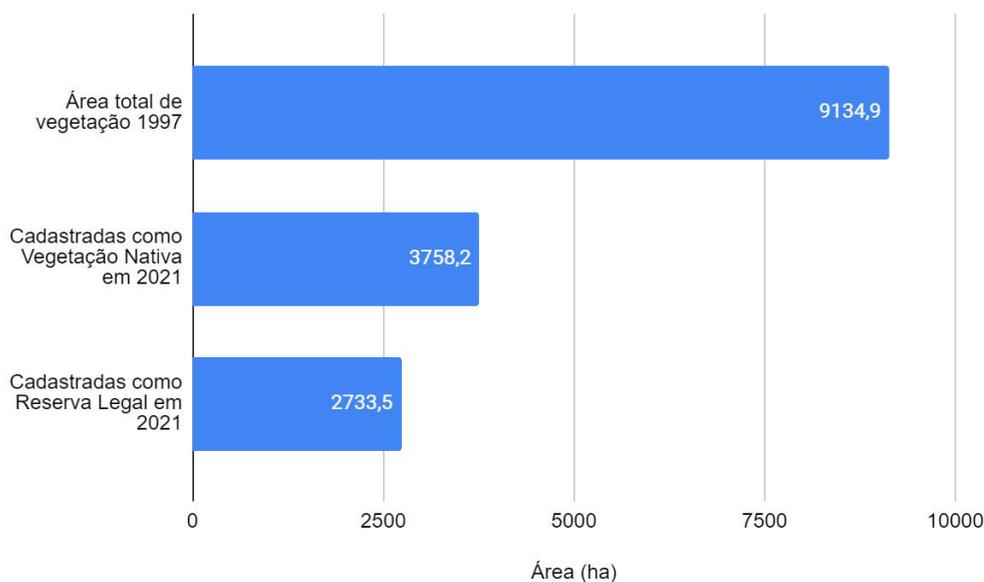


para pesquisar



remanescentes de vegetação que possuíam áreas significativas, o NDVI por sua vez quantifica toda atividade vegetativa dentro dos limites da APA Carste.

Apenas 3.758,2 hectares de área de vegetação nativa definida pela CPRM está hoje cadastrada como vegetação nativa no CAR, o que equivale a 41,1%, e apenas 2.733,5 hectares estão hoje cadastrados como Reserva Legal no CAR, como pode-se perceber no Gráfico 5.9.

**Gráfico 5.9 - Vegetação Nativa de 1997 cadastrada hoje no CAR**

Fonte: Autora (2022).

### 5.5. Cenários Gerais

Como dito anteriormente, o NDVI se mostrou um método eficiente tanto visualmente quanto estatisticamente. Após feitas as análises acima, com os dispositivos de proteção do CAR e com o mapa da CPRM, foi possível perceber que os dispositivos de proteção presentes no CAR não são suficientes para proteção da mata nativa, uma vez que o proprietário do imóvel que cadastra suas áreas no sistema. Ocorrendo assim casos como citados de locais demarcados como mata nativa que não possuem vegetação, e locais de reserva legal que também não possuem vegetação e não foram reflorestados.

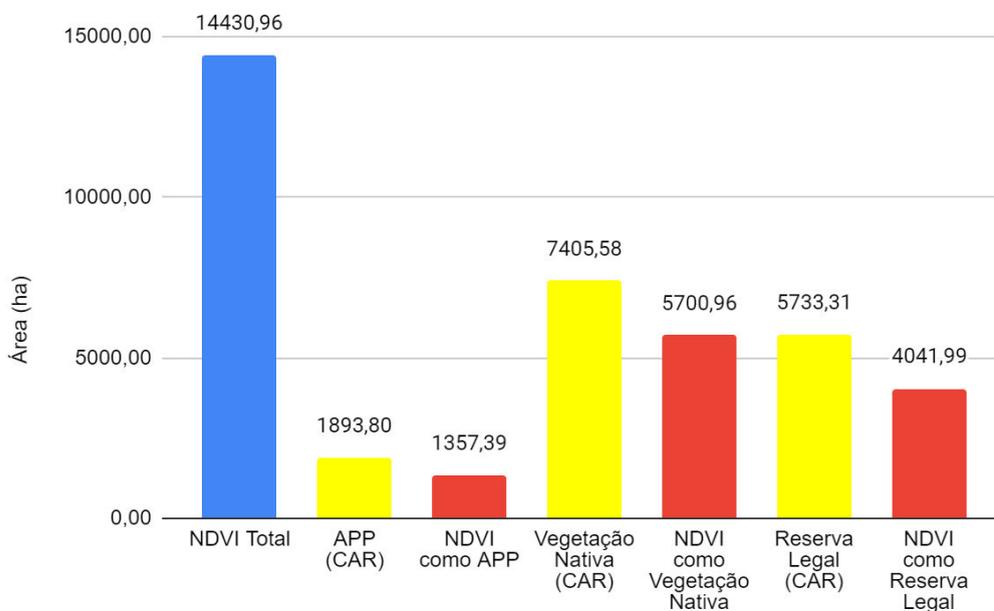
No Gráfico 5.10 pode-se perceber um cenário geral do estado da vegetação definida pelo NDVI nos limites da APA Carste em questões de políticas protetoras, e têm-se uma situação positiva para a Unidade de Conservação, uma vez que estão sendo alcançadas as metas de proteção definidas pelo Código Florestal, percebe-se que mais de 28% da área total de mata está protegida pela Reserva Legal, ultrapassando o mínimo exigido pela lei (20%).

Uma atenção que deve-se tomar a partir da visualização do Gráfico 5.10 é sobre as áreas cadastradas como APP, e com as áreas cadastradas como Vegetação Nativa. Mesmo levando-se em conta os possíveis erros que o NDVI possa ter cometido, e considerando que apenas 81,9% da área rural está cadastrada no CAR, e assim fazendo-se uma projeção futura, para um cenário de 100% de cadastro com uma relação direta, a área cadastrada no CAR

como Vegetação Nativa não irá chegar a 50% do NDVI. Isso leva a questionamentos sobre a qualidade dos dados que estão cadastrados na plataforma do CAR, uma vez que é de responsabilidade do proprietário a inserção dos limites de cada dispositivo.

Já sobre a APP, é notável que a área cadastrada é muito pequena, dessa forma, torna-se também um ponto de atenção, uma vez que os recursos hídricos no interior da APA Carste de Lagoa Santa possuem importância internacional, sendo reconhecidas como Sítio Ramsar, áreas úmidas protegidas pois fazem parte de um sistema hídrico utilizado por aves como rota migratória, bem como obter espécies em extinção. Essas áreas são alvo de acordos para proteção e por lei recebem incentivos, financeiros ou não, para prioridade de políticas públicas de proteção.

**Gráfico 5.10 - Cenário geral do NDVI**



Fonte: Autora (2022).

Na tabela 5.5 pode-se fazer o comparativo geral das áreas cadastradas no CAR e as zonas, e verificar qual zona possui maior efetividade nas leis de proteção ambiental, e percebe-se que a zona que possui maior área rural cadastrada no CAR é a ZCDA, e esse dado é explicado pois nesta zona os imóveis são grandes para fins agrícolas, necessitando assim de poucos cadastros, sendo mais fácil de atingir a totalidade de imóveis cadastrados. A zona com menos área cadastrada no CAR é a ZPPC, o que pode ser explicado pela existência do Parque Estadual do Sumidouro, ao qual não possui cadastro no CAR.

Por sua vez, a zona que possui maior porcentagem com vegetação nativa delimitada pelo método NDVI é a ZPPNC, e a zona que possui menor área com vegetação nativa delimitada pelo método NDVI é a ZCDA, corroborando com estes dados temos também esta zona sendo a zona com menos vegetação nativa e reserva legal cadastrados no CAR.

A zona com melhor desempenho ambiental é a ZPPNC, perdendo apenas para a ZPPC e a ZCEAM no método NDVI.

**Tabela 5.5 - Cenário geral das Zonas**

| Zona  | Área total (ha) | Área Rural com CAR (%) | NDVI (%) | Vegetação Nativa CAR (%) | Reserva Legal CAR (%) |
|-------|-----------------|------------------------|----------|--------------------------|-----------------------|
| ZCDA  | 2025,7          | 87,6                   | 22       | 6,75                     | 9,2                   |
| ZPPNC | 12947           | 87,4                   | 40,4     | 24,89                    | 21,3                  |
| ZCPD  | 7548,6          | 84,5                   | 31       | 20,67                    | 13,6                  |
| ZCDUI | 3053,3          | 79,8                   | 25       | 16,25                    | 12,3                  |
| ZPPC  | 5524,5          | 52,7                   | 49,1     | 6,76                     | 0,1                   |
| ZCEAM | 6636,1          | 63,2                   | 43,8     | 24,15                    | 11,4                  |

Fonte: Autora (2022).

## 6. CONCLUSÕES

A metodologia proposta neste estudo de mapeamento de vegetação nativa da APA Carste de Lagoa Santa por meio de NDVI se mostrou uma ferramenta útil para utilização em áreas de grande porte como a APA a fim de corroborar na proteção dos recursos naturais e mapeamento do uso do solo.

O nível de confiabilidade de 77,5% foi um bom nível para alcançar os objetivos deste trabalho, mas é importante ser levado em consideração nas análises mais minuciosas.

O resultado foi suficiente para realizar as análises necessárias para este estudo e para mapeamento de áreas onde a vegetação é densa, como mata atlântica, porém, esta metodologia mostrou-se insuficiente quando se trata de vegetação do bioma cerrado, onde há árvores espaçadas, vegetação rasteira e mata seca. Para solucionar este problema, uma medida efetiva poderá ser a utilização de outro intervalo de valor de NDVI, ou outro método de mapeamento de vegetação, como o SAVI.

A ferramenta do CAR mostrou-se ser uma solução útil na busca da regularização ambiental das propriedades rurais, uma vez que torna-se prática a aplicação das leis ambientais. Porém, como visto nos resultados do trabalho, uma vez que permite ao dono do imóvel o cadastro das áreas de maneira autônoma, torna-se necessário que o poder público fiscalize essas áreas, a fim de verificar a veracidade dos dados informados, e garantir que a ferramenta seja 100% efetiva na proteção dos recursos, além de realizar ações junto às prefeituras para que haja a cobrança do cadastro da área rural por completo.

Apesar das diferenças das áreas demarcadas como vegetação nativa pela CPRM e o mapa de vegetação NDVI, a gestão da APA Carste de Lagoa Santa está realizando sua função de maneira efetiva, uma vez que há poucas confluências entre os usos da terra e os dispositivos de proteção ambiental, garantindo assim a continuidade dos remanescentes de vegetação nos seus limites.

## 7. RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se para futuros trabalhos, realizar um estudo sobre como diminuir os erros causados pela mata seca, com o objetivo de minimizar os erros na realização do NDVI.

À APA Carste de Lagoa Santa, recomenda-se o incentivo aos proprietários dos imóveis rurais que possuem Reserva Legal averbada em local onde não há vegetação para que realizem o reflorestamento dessas áreas com espécies nativas, em consórcio com espécies frutíferas para que atinja o objetivo da lei de manter ao menos 20% de cobertura vegetal nativa.

Às prefeituras das cidades no interior da APA Carste de Lagoa Santa, recomenda-se o incentivo dos proprietários ao cadastramento do seu imóvel no CAR.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORLAUG, N.E. 2002. **Feeding a world of 10 billion people: the miracle ahead**. In: R. Bailey (ed.). *Global warming and other eco-myths*. pp. 29-60. Competitive Enterprise Institute, Roseville, EUA.

BRASIL. **Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, Código Florestal Brasileiro**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. Brasília, DF: Presidência da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm). Acesso em: 10 de Janeiro de 2022.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso: 10 de Janeiro de 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza**: Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002; Decreto nº 5.746, de 5 de abril de 2006. Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas: Decreto nº 5.758, de 13 de abril de 2006. Brasília: MMA, 2011. 76 p.

CPRM. 1994. Projeto Vida: **Uso da terra e caracterização da cobertura vegetal**. Volume 3. Belo Horizonte.

CPRM. 1997. **Zoneamento Ambiental da APA Carste de Lagoa Santa**. 1997. Disponível em: [https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/10191/Mapa%20Zoneamento\\_Ambienta.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://rigeo.cprm.gov.br/xmlui/bitstream/handle/doc/10191/Mapa%20Zoneamento_Ambienta.pdf?sequence=2&isAllowed=y) Acesso em 04 de Junho de 2022.

ELACHI, C.; ZYL VAN, J. **Introduction to the physics and techniques of Remote Sensing**. 2nd edition. John Wiley & Sons Inc. Publication, 2006. 552p.

EMBRAPA. **Bioma Cerrado**. [2022?]. Disponível em: <https://www.embrapa.br/contando-ciencia/bioma-cerrado> Acesso em 03 de Janeiro de 2022.

ENGESAT, Soluções em imagens de satélite e geoprocessamento. **SENTINEL-2**, 2015. Disponível em: <http://www.engosat.com.br/sentinel-2> Acesso em 28 de Novembro de 2021.

EOS – EARTH OBSERVING SYSTEM. **NDVI FAQ: All you need to know about NDVI**. Artigo de 30 ago. 2019. Disponível em: <https://eos.com/blog/ndvi-faq-all-you-need-to-know-about-ndvi/>. Acesso em 15 de Janeiro de 2022.

FLORESTATIVA. **Área de Preservação Permanente - APP**. [2022?]. Disponível em: <https://www.florestativa.com.br/areas-preservacao-permanente-app>. Acesso em 20 de Novembro de 2021.

FONSECA, Mônica. LAMAS, Ivana. KASECKER, Thais. **O papel das unidades de conservação.** Scientific American Brasil, v. 39, p. 18-23, 2010.

HERRMANN, Gisela. **Gestão Ambiental - APA Carste de Lagoa Santa** – Belo Horizonte: IBAMA/Fund. BIODIVERSITAS/CPRM, 1998.

HOGAN, Daniel Joseph. **Crescimento populacional e desenvolvimento sustentável.** Lua Nova, São Paulo, n. 31, pág. 57-78, dezembro de 1993. Disponível em <[http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-64451993000300004&lng=en&nrm=iso](http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-64451993000300004&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 10 de Novembro de 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades;** [2022?]. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/> Acesso em: 05 de Maio de 2022.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Missão.** [2022?a]. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/portal/missao1>>. Acesso em 10 de Janeiro de 2022.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **Nossas Competências.** [2022?b]. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/portal/>>. Acesso em 10 de Janeiro de 2022.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE. **O Instituto.** [2022?c]. Disponível em: <<https://www.icmbio.gov.br/portal/oinstitut>>. Acesso em 10 de Janeiro de 2022.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS. **Cobertura vegetal de Minas Gerais.** 2020. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/florestas>> Acesso em 27 de Dezembro de 2021.

IPAM. **Cerrado Carece de Unidades de Conservação,** 2018. Disponível em: <<https://ipam.org.br/cerrado-carece-de-unidades-de-conservacao-para-protoger-fauna-e-flora/>> Acesso em 15 de Janeiro de 2022.

KLINK, Carlos A.; MACHADO, Ricardo B. **A conservação do Cerrado brasileiro.** Megadiversidade, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

LAGO, A.A.C. **Estocolmo, Rio, Joanesburgo o Brasil e as três conferências ambientais das Nações Unidas.** Brasília: Funag, 2006.

LAUDARES, Sarita. SILVA, Kmila. BORGES, Luiz. **Cadastro Ambiental Rural: uma análise da nova ferramenta para regularização ambiental no Brasil.** Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 31, 2014.

MACHADO, Sérgio Luis Dias. **Análise da dinâmica de fitofisionomias do cerrado usando séries temporais de NDVI e temperatura de superfície.** 2017.

MARTIN, José Guilherme. UNESP. **Coisas do Cerrado.** 2005. Disponível em: <https://www2.ibb.unesp.br/departamentos/Educacao/Trabalhos/coisasdecerrado/OPROJETO/oprojeto.htm>. Acesso em 25 de Janeiro de 2022.

MARTINHO, Paulo. **Metodologia de Monitoramento de Cobertura Vegetal - estudo de caso: Município de Goiânia, GO**. Campinas, SP: Embrapa, 2012. 38 p.: il. – (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Gestão Territorial, ISSN 2317-8779 ; 1).

MENESES, PAULO. ALMEIDA, TATI. (Org.). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento**. Brasília: Cnpq, 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Cerrado**. [2022?a]. Disponível em:  
<<https://www.mma.gov.br/biomas/cerrado>> Acesso em 03 de Janeiro de 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mata Atlântica em Desenvolvimento**. [2022?b]. Disponível em:  
<[https://www.mma.gov.br/biomas/mata-atl%C3%A2ntica\\_emdesenvolvimento](https://www.mma.gov.br/biomas/mata-atl%C3%A2ntica_emdesenvolvimento)> Acesso em 05 de Janeiro de 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Mata Atlântica**. [2022?c]. Disponível em:  
<[https://antigo.mma.gov.br/biomas/mata-atl%C3%A2ntica\\_emdesenvolvimento.html](https://antigo.mma.gov.br/biomas/mata-atl%C3%A2ntica_emdesenvolvimento.html)>  
Acesso em 05 de Janeiro de 2022.

NATH, Biswajit. **Quantitative Assesment of Forest Cover Change of Apart of Bandarban Hill Tracts Using NDVI Techniques**. Journal of Geosciences and Geomatics, v. 2, n. 1, p. 21-27. 2014.

OEKO. **Desmatamento na Mata Atlântica cresce 66% e chega a 21,6 mil hectares em 2021**. 2022. Disponível em:  
<https://oeco.org.br/noticias/desmatamento-na-mata-atlantica-cresce-66-e-chega-a-216-mil-hectares-em-2021/>. Acesso em 20 de Julho de 2022.

PINHEIRO, E. S.; DURIGAN, G.. **Geotecnologias aplicadas à análise da dinâmica do cerrado na Estação Ecológica de Assis, SP**. In: XIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 2009, Natal. Anais... . Natal: SBSR, 2008. p. 2905 - 2912.

PINTO, Luiz Paulo. BEDÊ, Lúcio. PAESE, Adriana. FONSECA, Mônica. PAGLIA, Adriano. LAMAS, Ivana. **Mata Atlântica Brasileira: os desafios para conservação da biodiversidade de um hotspot mundial**. Biologia da conservação: essências. São Carlos: RiMa, p. 91-118, 2006.

PROUS, A. 1978. **Breve histórico das pesquisas sobre o homem na região de Lagoa Santa/MG**. São Paulo, Instituto de Geografia. Universidade de São Paulo. Colóquio Intersdisciplinar Franco-brasileiro 2:21-27.

RIBEIRO, C.M. 1995. **O clima no Planalto de Lagoa Santa-MG**. Em: Estudos ambientais e propostas de manejo, na região do carste, no Planalto de Lagoa Santa. Projeto FAPEMIG: CEX-1133/90. Relatório Final. Parte 2. v.1. Coord. Heinz Charles Kohler

ROUSE, J.W. HAAS, R.H. SCHELL, J.A. DEERING, D.W. **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS (Earth Resources Technology Satellite)**. In: PROCEEDINGS OF THE THIRD ERTS SYMPOSIUM, SP-351 Goddard Space Flight Center, 1973, Washington: NASA, 1973, p. 309–317.

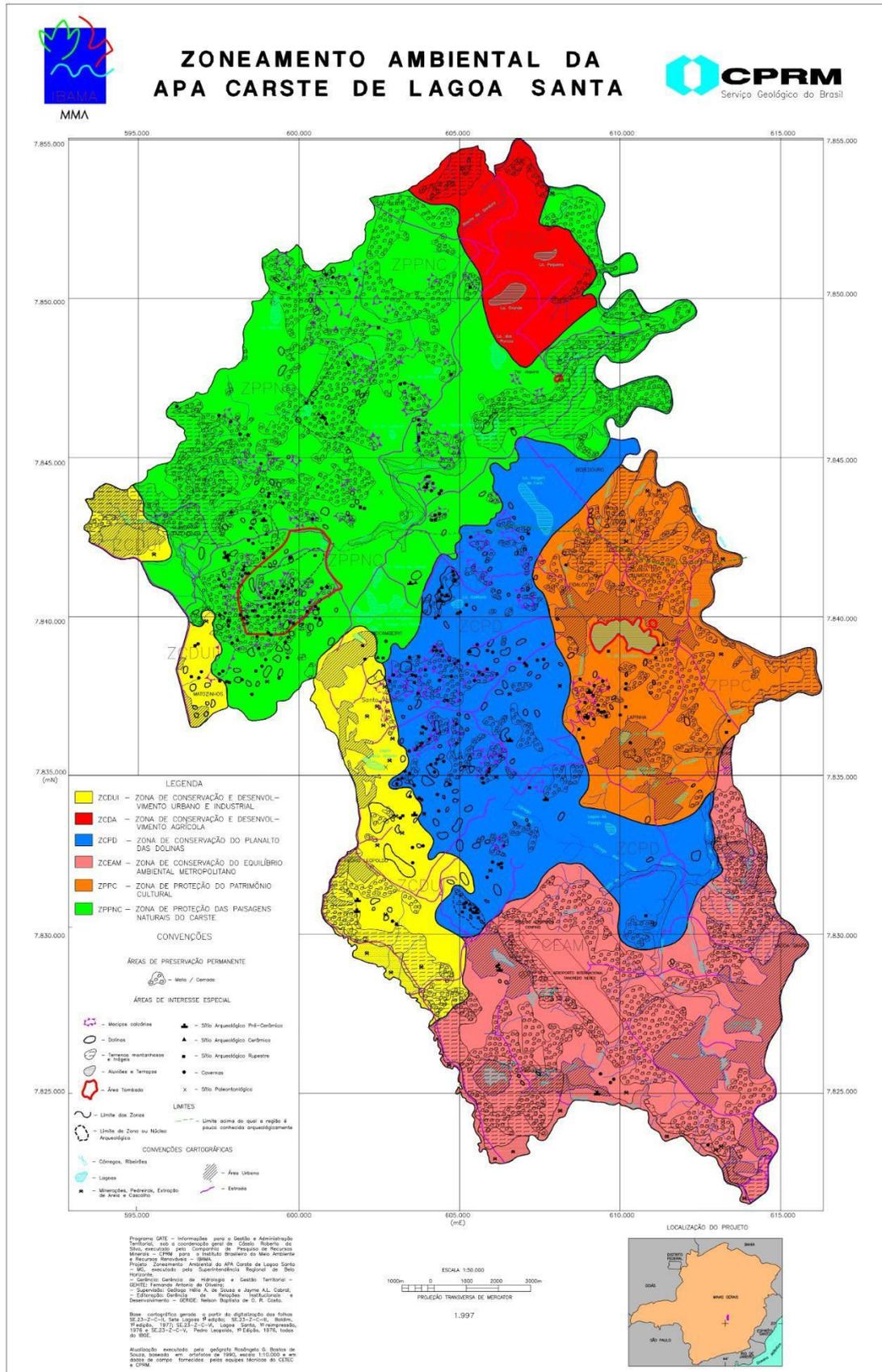
SANTOS FILHO, Altair Oliveira. RAMOS, José. OLIVEIRA, Krysia. NASCIMENTO, Tany. **A evolução do código florestal brasileiro**. Caderno de Graduação-Ciências Humanas e Sociais-UNIT-SERGIPE, v. 2, n. 3, p. 271-290, 2015.

SOS MATA ATLÂNTICA.**Lei da Mata Atlântica**. [2022?]. Disponível em:  
<<https://www.sosma.org.br/politicas/lei-da-mata-atlantica/>> Acesso em 05 de Janeiro de 2022.

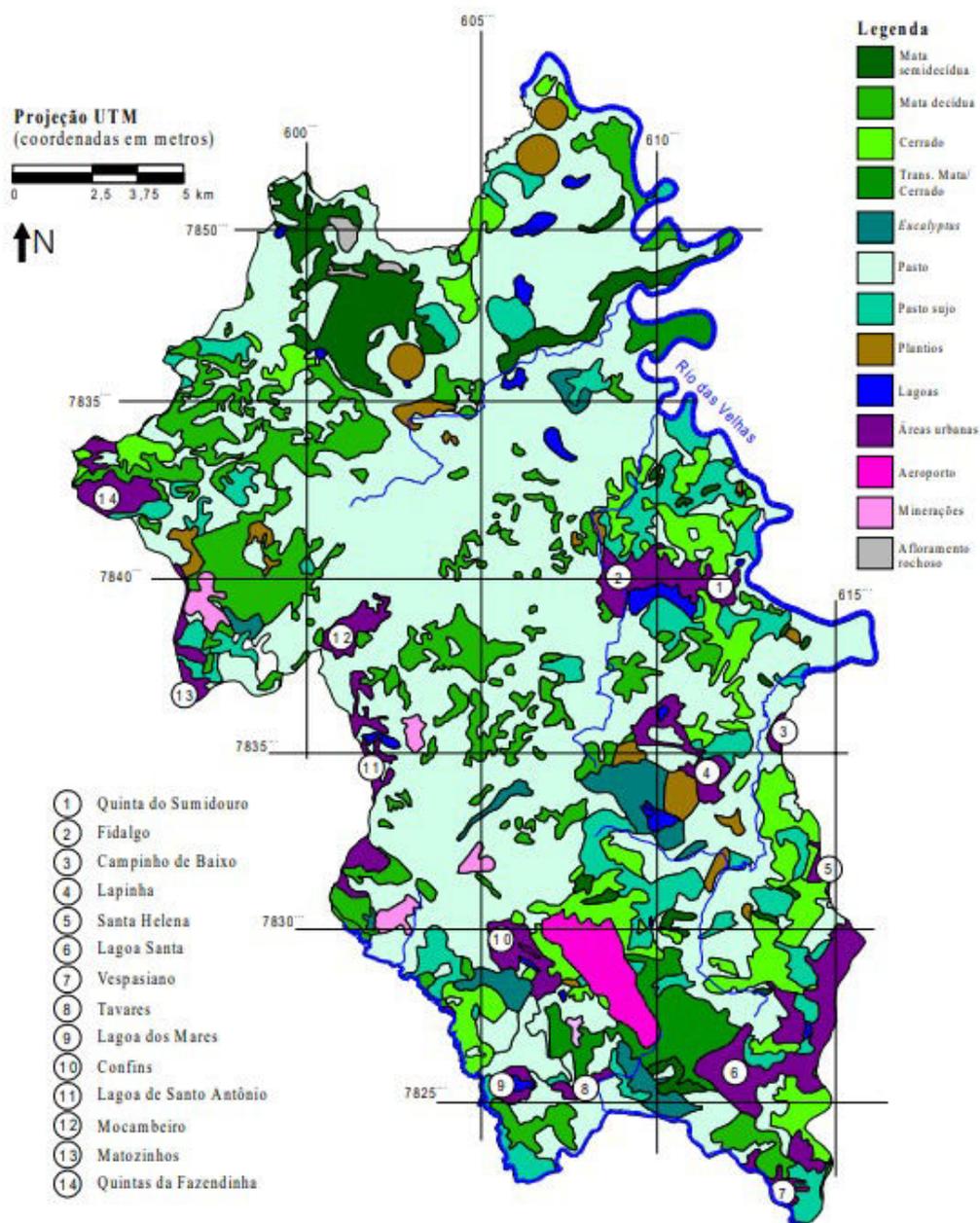
TABARELLI, Marcelo. PINTO, Luiz. SILVA, José. HIROTA, Márcia. BEDÊ, Lúcio. **Desafios e oportunidades para a conservação da biodiversidade na Mata Atlântica brasileira**. Megadiversidade, v. 1, n. 1, p. 132-138, 2005.

ZANOTTA, Daniel Capella. FERREIRA, Matheus Pinheiro. ZORTEA, Maciel. **Processamento de Imagens de Satélite**. Ed. 1. Oficina de Textos. 2019.

ANEXOS



Fonte: CPRM (1997)



Fonte: CPRM (1997).

Figura 2 - Mapa de uso do solo.