



GUILHERME DA SILVA ASSIS

**DIAGNÓSTICO E PROJETO DE ADEQUAÇÃO
AMBIENTAL DO PARQUE ECOLÓGICO QUEDAS DO
RIO BONITO**

**LAVRAS – MG
2023**

GUILHERME DA SILVA ASSIS

**DIAGNÓSTICO E PROJETO DE ADEQUAÇÃO AMBIENTAL DO PARQUE
ECOLÓGICO QUEDAS DO RIO BONITO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel.

Profa. Dra. Soraya Alvarenga Botelho
Orientadora
Dr. Carlos Delano Cardoso de Oliveira
Coorientador

**LAVRAS – MG
2023**

GUILHERME DA SILVA ASSIS

**DIAGNÓSTICO E PROJETO DE ADEQUAÇÃO AMBIENTAL DO PARQUE
ECOLÓGICO QUEDAS DO RIO BONITO**

**DIAGNOSIS AND ENVIRONMENTAL ADEQUCY PROJECT OF THE
PARQUE ECOLÓGICO QUEDAS DO RIO BONITO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 23 de novembro de 2023.

Profa. Dra. Soraya Alvarenga Botelho – UFLA
Dr. Carlos Delano Cardoso de Oliveira – UFLA
Prof. Dr. Rodolfo Soares de Almeida – UFV

Profa. Dra. Soraya Alvarenga Botelho
Orientadora
Dr. Carlos Delano Cardoso de Oliveira
Coorientador

**LAVRAS – MG
2023**

À minha família, amigos e pessoas que me apoiaram ao longo dessa trajetória e, que de alguma forma, contribuíram para meu crescimento pessoal e profissional.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por ter pessoas queridas ao meu lado, família e amigos que sempre estiveram presentes e contribuíram para as melhores experiências vividas. Agradeço pela minha saúde e pela condição de ter acesso à uma educação e formação de qualidade.

Agradeço à minha família, que sempre me apoiou, motivou, consolou e não mediu esforços para proporcionar as melhores condições possíveis para realização de minha graduação. Sem o amor de vocês isso jamais seria possível.

Agradeço aos meus amigos e amigas que a UFLA me proporcionou. Sempre estiveram ao meu lado ao longo dessa fase, vivenciando comigo as melhores e piores experiências. Nada disso teria graça, nem haveriam boas histórias para contar sem vocês. Vocês estarão para sempre em minha memória e coração.

Agradeço aos meus amigos e amigas de Varginha, especialmente ao Lucas e à Yasmin, que sempre estão comigo, independentemente da distância. São amizades valiosas e raras que levarei por toda vida.

Aos meus digníssimos amigos do grupo “No Grau” que sempre me proporcionaram as melhores resenhas, descontrações e risadas no dia a dia da vida acadêmica, especialmente nos finais de semana. Tenho só a agradecer por estar nos melhores rolês com vocês.

Aos meus amigos e irmãos do Ap. 101, que foram fundamentais para meu amadurecimento e adaptação em Lavras. Foram muitas histórias, risadas e carnavais vividos. Profunda gratidão pelos bons momentos que me proporcionaram.

Aos meus amigos moradores da minha última república em Lavras, que estiveram envolvidos no meu último ano de graduação. Com certeza contribuíram para novos aprendizados de convívio e bons momentos.

À minha turma de origem, 2018/1. As primeiras pessoas que tive contato na faculdade e de onde surgiram grandes amizades. Inúmeros momentos de gargalhadas e tensões foram vivenciados nas aulas e intervalos ao lado de vocês, o que fez da minha rotina muito melhor.

A todos meus orientadores, colegas e amigos envolvidos nos diversos projetos que participei, no Núcleo de Estudos em Silvicultura (NES) e na Floresta Jr. Os ensinamentos, experiências e inspiração que me concederam foram base para minha vontade de sempre buscar novos desafios.

A todos que de alguma forma estiveram envolvidos nessa caminhada. Meus mais sinceros agradecimentos. Vocês são especiais para mim.

RESUMO

O Parque Ecológico Queda do Rio Bonito, localizado em Lavras (MG) apresenta papel regional de grande importância para promoção da conservação ecológica, lazer, cultura e pesquisas científicas. Como produto do acordo de mútua cooperação entre a Fundação Abraham Kazinski e a Universidade Federal de Lavras, surge a oportunidade de realização de um projeto que promova as melhores condições para atingir o ideal de conservação ecológica do Parque por meio da realização de seu diagnóstico e adequação ambiental. Dessa forma, o trabalho apresenta como objetivo a atualização do mapeamento referente à classificação e delimitação da cobertura vegetal do Parque, bem como a realização de um diagnóstico e um plano de adequação ambiental das áreas degradadas ou alteradas ocorrentes dentro de seu território. Para tanto, a realização de consultas às publicações referentes ao Parque, bem como análise e processamento de imagens atuais via sensoriamento remoto, e expedições de campo foram fundamentais para que os objetivos apresentados se cumprissem de forma adequada e representativa. Com base nessa metodologia, os subsídios necessários foram obtidos para que tais áreas degradadas ou alteradas fossem descritas e agrupadas de acordo com a semelhança e tipo de perturbação, o que possibilitou também a elaboração de um *ranking* pelo grau de importância de adequação. As propostas de recuperação das áreas também foram realizadas em grupo, o que permitirá maior praticidade e compreensão para aplicação futura do projeto. Os resultados contribuem para melhor entendimento da classificação e delimitação da vegetação do Parque, além de atuar como base para o planejamento da recuperação e preservação dos ecossistemas presentes, que se dará por meio da devida execução prática e técnica.

Palavras-chave: Mapeamento; Ecossistema; Recuperação; Áreas Degradadas; Áreas Alteradas

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa referente à localização do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito. .	19
Figura 2 - Mapa referente à espacialização do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito.	19
Figura 3 - Mapa do Parque Florestal Quedas do Rio Bonito, Lavras (MG) mostrando a distribuição dos tipos fisionômicos da vegetação.....	22
Figura 4 - Diagrama de perfil representando a distribuição dos tipos fisionômicos da vegetação em uma topo-sequência típica do Parque Florestal Quedas do Rio Bonito, Lavras (MG).....	23
Figura 5 - Mapa referente à zona climática do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito.	26
Figura 6 - Mapa referente ao bioma de inserção do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito.	27
Figura 7 - Mapeamento da vegetação do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito.....	31
Figura 8 - Principais fatores determinantes da distribuição das cinco fisionomias de vegetação na paisagem do Parque Florestal Quedas do Rio Bonito, Lavras (MG).....	32
Figura 9 – Mapa referente à hidrografia do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito..	32
Figura 10 - Modelo Digital de Elevação do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito.	33
Figura 11 – Modelo Digital de Declividade do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito.	34
Figura 12 - Mapa referente às áreas potencialmente degradadas/alteradas do Parque Ecológico Quedas Do Rio Bonito.	36
Figura 13 - Mapa referente às possíveis áreas degradadas/alteradas do Parque Ecológico Quedas Do Rio Bonito sob tratamento NDVI.....	36
Figura 14 – Mapa referente às áreas degradadas/alteradas identificadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito de acordo com o agrupamento do tipo de perturbação.	42
Figura 15 - Fotografias das áreas degradadas/alteradas referentes ao grupo 1 (deposição de rejeitos)	43

Figura 16 – Fotografias das áreas degradadas/alteradas referentes ao grupo 2 (presença de erosão).....	44
Figura 17 – Fotografias das áreas degradadas/alteradas referentes ao grupo 3 (presença ou potencial presença de solo exposto).	45
Figura 18 – Fotografias das áreas degradadas/alteradas referentes ao grupo 4 (presença de espécie vegetal invasora ou nativa dominante).	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Coordenadas geográficas dos pontos demarcados preliminarmente como área degradada ou alterada via sensoriamento remoto, com seus respectivos efeitos no ambiente	37
Tabela 2 - Diagnóstico das áreas preliminarmente identificadas como degradadas ou alteradas.....	38
Tabela 3 - Diagnóstico das áreas identificadas como degradadas ou alteradas a partir da expedição de campo, com as coordenadas de seus respectivos pontos.	39
Tabela 4 - Agrupamento de acordo com o tipo de perturbação e ranking pelo grau de importância de adequação das áreas degradadas ou alteradas identificadas.	41

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1. Degradação ambiental.....	12
2.2. Diagnóstico ambiental	13
2.3. Readequação ambiental	14
2.3.1. Conceitos	15
2.4. Abordagens para restauração e recuperação	16
2.4.1. Regeneração natural.....	16
2.4.2. Regeneração assistida.....	17
2.4.3. Reconstrução	17
2.5. Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito.....	18
2.5.1. Localização	18
2.5.2. Utilização	20
2.5.3. Histórico	20
3. OBJETIVOS	21
3.1. Objetivo geral.....	21
3.2. Objetivos específicos.....	21
4. METODOLOGIA	21
4.1. Mapeamento.....	21
4.1.1. Literatura	21
4.1.2. Sensoriamento remoto.....	23
4.1.3. Base de dados públicas	24
4.2. Diagnóstico de campo.....	24
4.3. Elaboração da proposta de adequação ambiental.....	25
5. RESULTADOS	25
I. Caracterização do Parque	26
I.I. Clima.....	26
I.II. Vegetação	27
I.II.I. Diagnóstico da vegetação atual	30
I.III. Solo.....	30
I.IV. Hidrografia.....	31
I.V. Relevo	33
II. Diagnóstico das áreas degradadas/alteradas	34
II.I. Metodologia	34

II.II. Identificação e caracterização das áreas degradadas/alteradas.....	38
II.III. Análise por grupo	42
III. Proposta de intervenção	49
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS	54

1. INTRODUÇÃO

A conservação dos ecossistemas é de fundamental importância para a manutenção da diversidade biológica e do meio físico com o qual os seres vivos interagem. Para tanto, esforços devem ser feitos nos diferentes biomas como forma de manutenção das condições essenciais para proporcionar a vida de todos os seres vivos, incluindo a qualidade de vida do homem.

Toda propriedade deve promover a conservação dos ecossistemas junto com as áreas produtivas, considerando inclusive os benefícios proporcionados pela presença de um ambiente natural equilibrado para as áreas de produção de alimentos e outros produtos oriundos dos recursos naturais do planeta. Para a gestão desse processo de conservação há leis que orientam as estratégias de conservação nas propriedades rurais, como a obrigatoriedade de manter as Áreas de Preservação Permanente e Reservas Legais de acordo com a Lei nº 12.651 (BRASIL, 2012).

Outra estratégia fundamental para tal conservação, de forma mais completa e em maiores áreas, é a criação de Unidades de Conservação públicas, nas diferentes esferas, mantidas pelo poder público federal, estadual ou municipal, conforme a Lei nº 9.985 (BRASIL, 2000).

Além das obrigatoriedades previstas nas leis e políticas públicas de conservação, há algumas ações particulares, iniciativas de pessoas físicas ou jurídicas, que buscam proteger áreas de relevância local, regional ou mesmo nacional. Um exemplo dessas iniciativas é o Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, localizado em Lavras (MG). Criado em 1987 pela Fundação Abrahan Kasisnki (FAK), o Parque tem como objetivo atual a promoção da conservação ecológica, além proporcionar o lazer e educação ambiental à comunidade de Lavras e região, e apoio a projetos científicos.

Por meio de um acordo de mútua cooperação, a FAK e a Universidade Federal de Lavras (UFLA) decidiram conjugar esforços para a execução de atividades de extensão, ensino e pesquisa no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito. Nesse contexto, foi proposta a elaboração de diagnóstico ambiental e também da percepção da comunidade a respeito do Parque, como base para elaboração de propostas específicas de tais atividades a serem desenvolvidas em suas instalações.

O diagnóstico ambiental tem por objetivo, indicar e direcionar a definição e aplicação dos métodos de restauração de maneira mais adequada possível, de acordo as características específicas de cada ambiente, se configurando como a base de todo o

processo. Sua elaboração de forma criteriosa é fundamental para que o projeto de recuperação seja efetivo, aliado ao controle dos custos financeiros. Dessa forma, sua consolidação depende da avaliação das características da estrutura e dinâmica da paisagem e das áreas a serem restauradas (BRANCALION et al., 2015).

Nesse sentido, as práticas da restauração ambiental são moldadas de maneira que a dinâmica do ecossistema, bem como suas funções sejam reestabelecidas de forma facilitada e em menor tempo, favorecendo a auto-organização e resiliência do ambiente frente a estresses futuros. Para isso, a caracterização dos danos da degradação ou alteração devem ser definidas, assim como o ambiente de referência e os objetivos a serem adotados, para que as práticas de maior efetividade sejam adotadas (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION, 2019).

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Degradação ambiental

A degradação de um ambiente se refere à ação da perda de suas características físicas, químicas e biológicas, com redução ou retirada da fauna e flora, ou comprometimento da camada fértil do solo e da vazão hídrica (IBAMA, 1990). Portanto, ela caracteriza a redução permanente ou temporária da capacidade produtiva do ambiente (FAO, 2000). No caso da degradação florestal, a degradação é equivalente a ações prejudiciais à função e estrutura das florestas, com quedas na capacidade de produção de bens e serviços (LAMB; GILMOUR 2003).

Nesse sentido, a área degradada é aquela que sofreu distúrbios, gerando impactos nos quais não torna possível a regeneração natural do ambiente (BRASIL, 2012). Já a área alterada se configura como a que, após sofrer distúrbios, a capacidade de regeneração natural ainda permanece (BRASIL, 2012). Com isso, entende-se que, para adequação de uma área degradada, a mediação antrópica se torna obrigatória.

Portanto, uma área impactada (seja ela degradada ou alterada) é uma grande afronta para riqueza e operacionalidade biológica, além de comprometer a capacidade de recuperação dos ecossistemas, resultando em consequências adversas para a resiliência e a sustentabilidade dos sistemas socioecológicos (GANN et al., 2019). Dessa forma, reconhecer os agentes causadores da degradação é de suma importância para o reestabelecimento do equilíbrio da área, sendo este um dos pontos chave na constituição

de um plano de recuperação ou restauração. Tais agentes podem ser tanto de origem antrópica quanto natural, como, por exemplo, fenômenos naturais extremos, intensa atividade edáfica e extrações florestais (HÜTTL; SCHNEIDER 1998).

2.2. Diagnóstico ambiental

O diagnóstico detalhado da área é peça chave para identificação dos impactos ambientais presentes. É por meio dele que se dá a base do planejamento de readequação, sendo então possível a definição dos objetivos do projeto (DE MORAES et al., 2010). Como parte do processo de estruturação de um plano de readequação ambiental, o conhecimento prévio da área de estudo é fundamental. Portanto, para que esse estudo seja completo, não basta apenas o acesso a dados secundários referentes às características ambientais locais, é importante que haja também a instrumentalização do zoneamento ou diagnóstico ambiental (PACTO PELA RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA, 2019).

A estruturação do diagnóstico ambiental se dá através de etapas que normalmente são seguidas a fim de facilitar o processo de diagnóstico. A começar pela análise de dados via sensoriamento remoto (como imagens de satélite), etapa que possibilita a caracterização e obtenção de informações da área previamente, como a realização da classificação da cobertura do solo e histórico de utilização, sendo importante o vínculo desses da utilização com dados secundários. Em seguida, a conferência de campo é essencial para confirmação das informações, de modo a manter os dados, atualizá-los, refutá-los ou ainda incorporar novas informações não identificadas via análise de imagens. Por último, a confecção do mapa final a partir dos dados coletados e aferidos resulta no produto do zoneamento ambiental (PACTO PELA RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA, 2019).

Existem inúmeros exemplos de aplicação de dados de sensores remotos no diagnóstico ambiental, como o estudo realizado por Silva, Jéssica Luane et al., 2016 sobre o diagnóstico ambiental como subsídio no processo de restauração florestal e manutenção hidrológica. Nesse estudo, a utilização de banco de dados cartográfico digital, análise e processamento de imagens via sensoriamento remoto foram a base para geração de mapas, como uso e cobertura do solo, mapeamento das nascentes e definição de área prioritárias para restauração, os quais foram processados com a devida confirmação de diagnóstico in loco. Isso possibilitou a realização do diagnóstico das Áreas de

Preservação Permanente associadas aos recursos hídricos da bacia do Ribeirão dos Pinheirinhos, Brotas (SP). Portanto, é necessário que um diagnóstico permita a compreensão e mapeamento do estado da degradação do meio e sua resiliência, além da presença de fragmentos da vegetação de referência próximos da área é de grande relevância para determinação da melhor metodologia e operacionalização de adequação a ser aplicada (THE NATURE CONSERVANCY, 2017).

2.3. Readequação ambiental

É fato que os ecossistemas naturais fornecem uma gama de benefícios à sociedade, envolvendo provisão de bens e serviços, bem-estar, qualidade alimentar e hídrica, além de promover mitigações e redução de danos contra os efeitos da mudança climática. No entanto, sob o contexto de degradação, tais benefícios são comprometidos, refletindo na queda da qualidade de vida e bem-estar social. Dessa forma, uma área perturbada, por meio da prática da restauração ecológica, aliada com a conservação e uso sustentável do ambiente, são peças-chave na transformação de um estado de degradação para o estado pleno de harmonia ambiental, passando a ser um ativo na promoção de tais benefícios. (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION, 2019).

Nesse sentido, a conservação e uso sustentável devem ser analisados e instaurados para sucesso do projeto como um todo, seja para uma propriedade ou região. As Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reservas Legais (RL), por exemplo, garantem, respectivamente, a integridade e a conservação com uso racional dos recursos naturais, e devem ser estabelecidas de acordo com as áreas prioritárias, definidas criteriosamente de acordo com a Lei 12.651 (BRASIL, 2012). Boas práticas agropastoris que minimizem alterações físico-químicas no solo, estabeleçam cercamento adequado de rebanhos e respeitem a capacidade de suporte do sítio são essenciais para redução da geração de impactos. Por fim, a caracterização ambiental que envolva a resiliência ambiental (ou seja, abundância, diversidade e potencial de regeneração natural das espécies presentes) e também a estrutura e fertilidade do solo são elementos indispensáveis para nortear os itens descritos e, portanto, para conformidade ambiental (INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS, 2021).

A restauração ecológica aqui se enquadra como “a atividade intencional de auxílio ao restabelecimento da saúde, integridade e sustentabilidade de um ecossistema que foi danificado, degradado ou destruído” (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION

- SER, 2004). Esta é embasada a partir dos princípios da ecologia da restauração, ramo da ecologia que caracteriza e aborda sobre ambientes impactados em sua dinâmica, estrutura e composição (PALMER; ZEDLER; FALK; 2016). Dentre os objetivos da restauração ecológica, destacam-se a assistência à evolução natural dos processos ecológicos, aprimoramento da biodiversidade, integração entre planejamento e gestão das práticas restauradoras, abordagem adaptativa, dentre outras (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION, 2019).

Portanto, é viável assegurar que o desenvolvimento de projetos e metas envolvendo a restauração se contextualiza como de grande importância e emergência para mitigação das mudanças climáticas e melhoria do padrão ambiental em que o mundo se insere atualmente. À efeito disso, é possível citar a declaração da Assembleia Geral das Nações Unidas, definindo o período de 2021 a 2030 como “Década da Restauração de Ecossistemas”, com abordagens de grande visibilidade para tratativas e ações sobre os ecossistemas degradados (UNITED NATIONS, 2019). Dessa forma, esforços para restauração ecológica tem crescido e são cada vez mais frequentes em todo o mundo.

No entanto, sempre há desafios a serem superados. Em escala global, a problemática se enquadra na emergência de contenção das mudanças climáticas, maior eficácia na recuperação e conservação das florestas e, conseqüentemente, obtenção de maiores índices no sequestro de carbono. No que tange uma perspectiva nacional, é possível constatar o impacto dos passivos ambientais presentes, histórico que se mostrou mais evidente a partir da Lei 12.651 de 2012 (THE NATURE CONSERVANCY BRASIL, 2017).

Diante desse cenário confrontante e improrrogável, é necessário estabelecer padrões e categorização dos planos de readequação para haja uma proposta de intervenção eficaz. Para tanto, deve ser levado em consideração o nível de degradação da área, além do método que será mais efetivo para cada caso, de acordo com o objetivo do projeto. Tais planos se enquadram em três categorias: restauração, recuperação e reabilitação.

2.3.1. Conceitos

A recomposição florestal trata do reestabelecimento da vegetação nativa em uma área que tenha sido desmatada ou degradada ilegalmente, visando recuperar a cobertura vegetal e a função ecológica do ambiente afetado (BRASIL, 2012). Já a reabilitação busca o retorno da função produtiva da área ou dos processos naturais, com objetivo de

adequação ao uso futuro (ABNT,199), ou ainda, o reestabelecimento da estrutura, produtividade e diversidade parcial ou total da fauna e flora original (LAMB e GILMOUR, 2003)

Portanto, a escolha da metodologia do projeto de readequação deve ser cuidadosamente planejada em função dos objetivos de cada categoria. No contexto do presente estudo, foi adotado o termo e “restauração” e “recuperação”, que se categorizam no âmbito da recomposição florestal. De acordo com Lei n° 9.985 (BRASIL, 2000), a restauração se define como “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada o mais próximo possível da sua condição original”, diferentemente da recuperação, definida como “restituição de um ecossistema ou de uma população silvestre degradada a uma condição não degradada, que pode ser diferente de sua condição original”.

2.4. Abordagens para restauração e recuperação

Diversos métodos, estratégias e técnicas podem ser utilizados no processo de restauração florestal de uma área degradada ou alterada, variando de acordo com o objetivo proposto e condições ambientais do local (HOLL; AIDE, 2011). A definição do modelo de restauração para uma determinada área degradada depende de fatores como o: grau de degradação, histórico da área, disponibilidade de sementes e mudas, solo, clima, máquinas e implementos agrícolas e recursos financeiros disponíveis (FERRETI, 2002).

O reestabelecimento da vegetação em um local pode ocorrer por meios naturais ou, em situações onde estes meios não são eficientes, é necessário que as novas plantas sejam inicialmente introduzidas na área pelo homem, o que se denomina regeneração artificial. Há diferentes formas de denominação desses métodos e, nesse texto, serão usadas as denominações de acordo com a Society for Ecological Restoration (2019).

2.4.1. Regeneração natural

A regeneração natural é aquela em que a interrupção do agente causador da degradação é a única ação necessária para promover a readequação ecológica, sendo indicada para áreas perturbadas onde o potencial de regeneração natural permanece ativo.

À título de exemplo, é possível citar a remoção de uma fonte de contaminação, restrição ao pastoreio inadequado, ou ainda, intervenção sobre atividades de pesca em

excesso. Como exemplo, podem ser citados a remoção de uma fonte de contaminação, restrição ao pastoreio inadequado, ou ainda, intervenção sobre atividades de pesca em excesso (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION, 2019).

2.4.2. Regeneração assistida

Usualmente empregada em ambientes perturbados com potencial de regeneração natural, porém que possuem alguns fatores restritivos para que essa regeneração ocorra. Seu objetivo é permitir que haja o favorecimento da regeneração natural por meio de métodos de indução e/ou condução das plantas regenerantes, realizando-se a remoção da causa de degradação e intervenção ativa para favorecer aspectos que beneficiem a regeneração natural (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION, 2019). Essa abordagem contempla ações que favoreçam a obtenção de recursos de habitat, como transposição de micro nichos de solo, galharias, serapilheiras, instalação de poleiros para atração da avifauna, dentre outras (ELGAR et al 2014; CASTILLO-ESCRIVÀ et al. 2019), identificados como métodos que vão induzir a chegada de sementes e favorecer sua germinação e estabelecimento. Os métodos de condução, aplicados para favorecer o estabelecimento das plântulas e seu crescimento inicial, como o controle de predação de formigas e cupins, controle de competição contra plantas invasoras por meio do controle físico, químico ou biológico, preparo do solo e adubação também se enquadram nessa categoria e devem ser analisados cautelosamente para aplicação de acordo com as demandas e necessidades da área (BIOFLORA TECNOLOGIA DA RESTAURAÇÃO, 2016).

2.4.3. Reconstrução

É abordagem adotada em áreas degradadas que atingiram baixo nível de resiliência, sendo necessário que, além da remoção e correção das causas de degradação, a biota seja reintroduzida antropicamente (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION, 2019). Diferentes técnicas podem ser usadas na regeneração ativa. O plantio de mudas é a técnica de regeneração ativa mais comum no Brasil. Ela é uma técnica onerosas e muito aplicada em ambientes com maiores níveis de degradação, sendo usualmente utilizada em casos que demandam resultados em menor tempo (BRANCALION et al., 2015). Outra técnica utilizada é a semeadura direta, que é viável

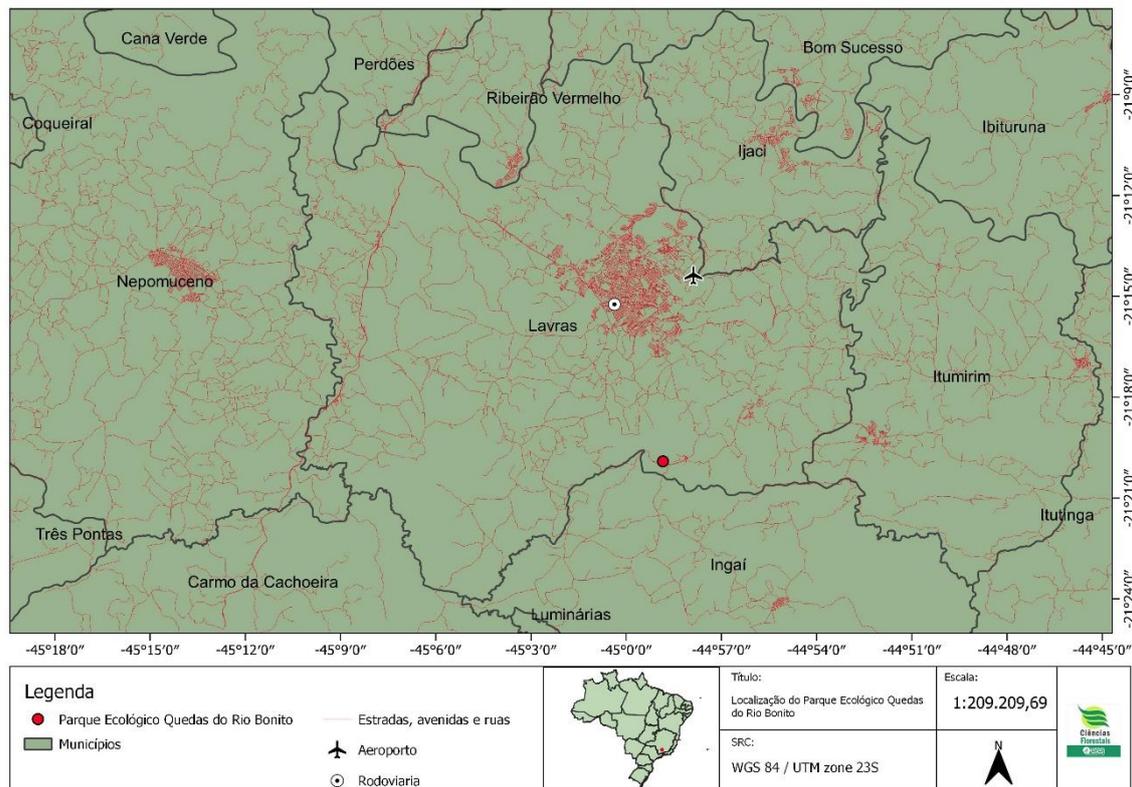
quando há disponibilidade de sementes de espécies nativas e o ambiente possui características favoráveis para a germinação e estabelecimento das plântulas. Essa técnica pode ser aplicável de forma mecanizada ou manualmente (à lanço) (INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS, 2021.), com a vantagem de dispensar a produção e transporte de mudas, o que reflete na redução dos custos de implantação, além de permitir a aplicação de maior densidade de plantas, favorecendo um sombreamento mais rápido da área (BRANCALION et al., 2015).

2.5. Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito

2.5.1. Localização

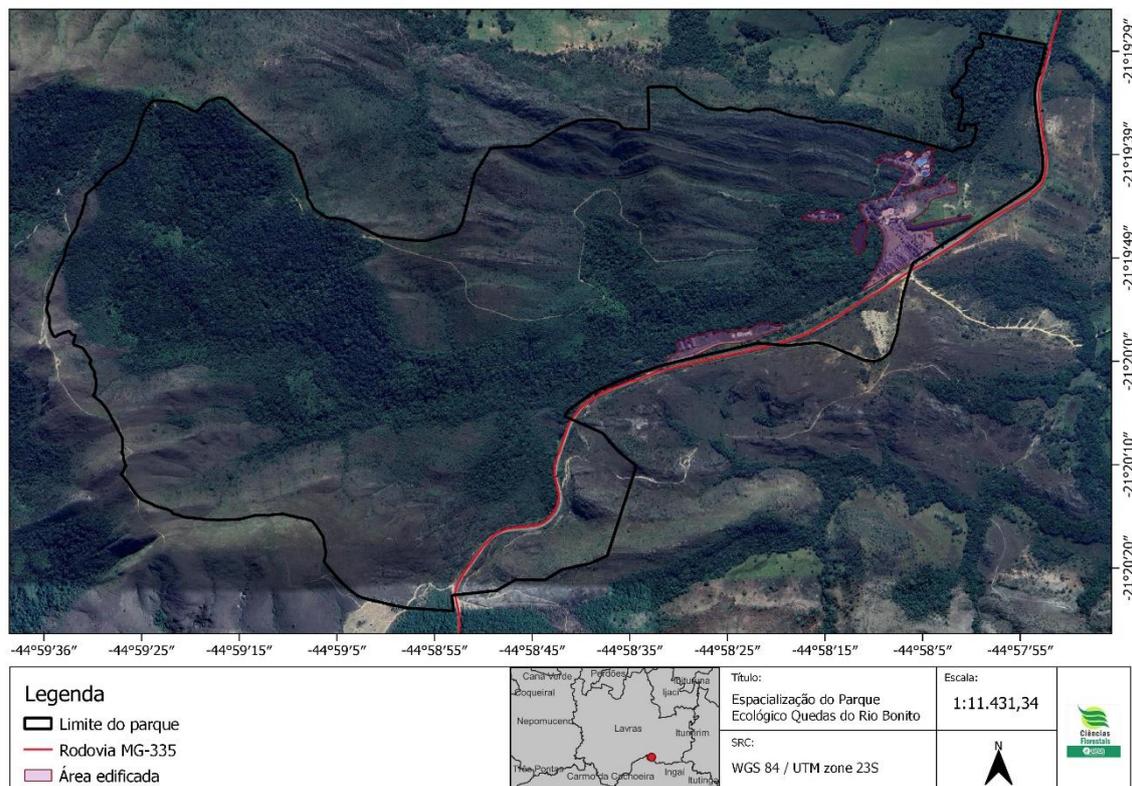
O Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito (PEQRB) está localizado ao sul do município de Lavras - MG, onde se confronta com o município de Ingaí, nas coordenadas de 21°19'Sul e 44°59' Oeste (Figura 1). O Parque está situado na região da Serra do Carrapato, que faz parte do complexo da Serra da Bocaina, e apresenta altitudes variando entre 950 e 1200 metros (OLIVEIRA-FILHO; FLUMINHAN-FILHO, 1999), com área de 235 ha (FAK, 2023) (Figura 2).

Figura 1 - Mapa referente à localização do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito.



Fonte: Do autor (2023).

Figura 2 - Mapa referente à espacialização do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito.



Fonte: Do autor (2023).

2.5.2. Utilização

O Parque atende tanto o setor social quanto científico. De acordo com o site da Fundação Abraham Kazinski, diversos cientistas e pesquisadores da região (cerca de 80 cidades), das mais variadas áreas, possuem ligação e apreço pelo Parque. Ele apresenta várias opções de lazer e cultura para a comunidade destas cidades, contando com trilhas, cachoeiras, piscinas, mirantes, teatro de arena, dentre outros recursos que favorecem para melhoria da qualidade de vida dos seus frequentadores.

Projetos de inclusão social também são realizados em parceria com CRAS (Centro de Referência de Assistência Social), CAPS (Centro de Atenção Psicossocial), Associações de Pais e Amigos dos Excepcionais, escolas estaduais, municipais e particulares, grupos universitários, igrejas, população desassistida e grupos de idosos para realização de visitas, trilhas de conhecimento, lazer, educação ambiental. A maioria desses grupos de visitantes não paga pela entrada no Parque.

2.5.3. Histórico

O Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito é um parque particular, de propriedade da Fundação Abraham Kazinski (FAK). Ele foi criado em 1995, quando a Prefeitura Municipal de Lavras, com apoio do Câmara dos Vereadores e do Instituto Estadual de Florestas, doou a propriedade, até então denominada Reserva Biológica do Poço Bonito, à FAK (OLIVEIRA-FILHO; FLUMINHAN-FILHO, 1999).

De acordo com o site da FAK, a criação do PEQRB se iniciou com a proposta de abastecimento da empresa Cofap em 1987, na época pertencente ao empresário Abraham Kazinski. Uma antiga e abandonada adutora que abastecia a cidade se localizava no então parque chamado “Poço Bonito”, onde Kazinski a reconstruiu, mantendo seu design e transformando o Parque no que se conhece atualmente.

A partir daí, foi realizado o reflorestamento da área, adequação da proteção ambiental e um projeto de lazer para a população da cidade e entorno, tornando o Parque autossustentável. Dentre as melhorias, estão o replantio de 100.000 mudas de plantas nativas, reestruturação da mata ciliar e do curso d’água, construção de playgrounds, trilhas e piscinas (FUNDAÇÃO ABRAHAM KAZINSKI, s.d.)

Atualmente, o PEQRB é a maior área verde de Lavras, com diversidade na fauna e flora nativa. É reconhecida sua importância social e científica, inclusive para a

Universidade Federal de Lavras. O Parque é administrado pelo seu presidente, diretores e conselheiros, não contando com ajuda de prefeituras, governos ou empresas.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

O presente estudo teve como objetivo realizar o diagnóstico ambiental do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito, situado em Lavras (MG), assim como propor um projeto de adequação para as áreas degradadas e/ou alteradas identificadas.

3.2. Objetivos específicos

- Realizar o mapeamento da cobertura vegetal do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito;
- Identificar e descrever as áreas degradadas ou alteradas de acordo com grau de prioridade;
- Definir métodos de restauração para as áreas identificadas;
- Definir métodos de manejo para reduzir oportunidades de novas alterações.

4. METODOLOGIA

4.1. Mapeamento

4.1.1. Literatura

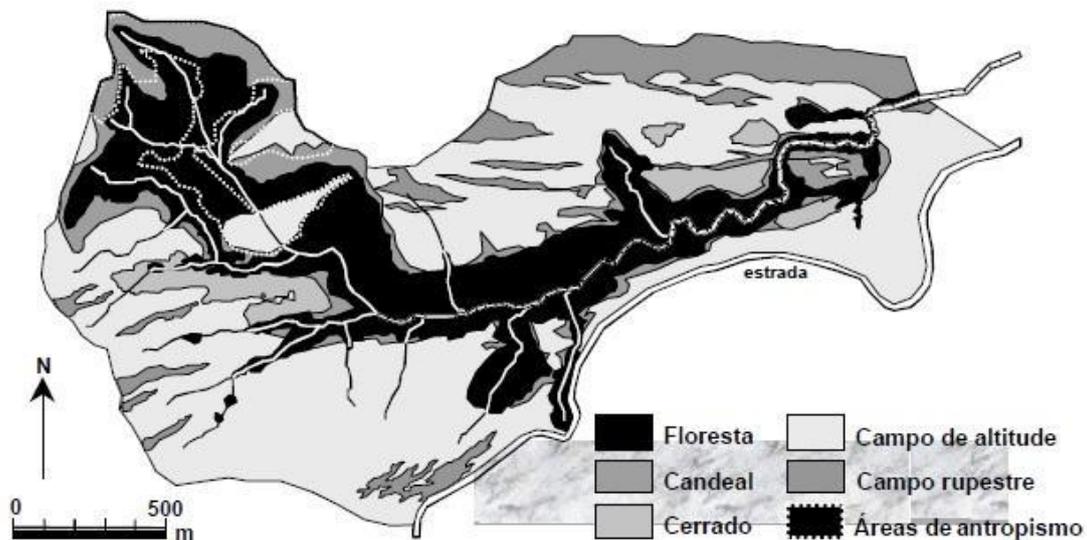
Para realização do diagnóstico ambiental atual do Parque, foram utilizados alguns recursos e ferramentas de modo a caracterizar e compreender o melhor possível sobre as áreas a serem readequadas. A classificação fitofisionômica dentro dos limites do Parque é uma etapa fundamental para estruturação desse procedimento e, portanto, deve ser mitigada criteriosamente.

Como objeto norteador inicial, o artigo intitulado como “ECOLOGIA DA VEGETAÇÃO DO PARQUE FLORESTAL QUEDAS DO RIO BONITO” (OLIVEIRA-FILHO; FLUMINHAN-FILHO, 1999) serviu como base para entendimento

da divisão e classificação fitofisionômica definidas na época, assim como o enquadramento de novas perspectivas da realidade atual da área. Nele, os autores trazem e mapeamento em cinco tipos fisionômicos (Floresta, Candeal, Cerrado, Campo de Altitude e Campo Rupestre) (Figura 3), a divisão da paisagem em consonância com a estrutura edáfica (Figura 4) e a relação entre tais tipos fisionômicos com regime de água nos solos e com a frequência de incêndios. Além disso, eles evidenciam a ocorrência de espécies típicas de cada grupo.

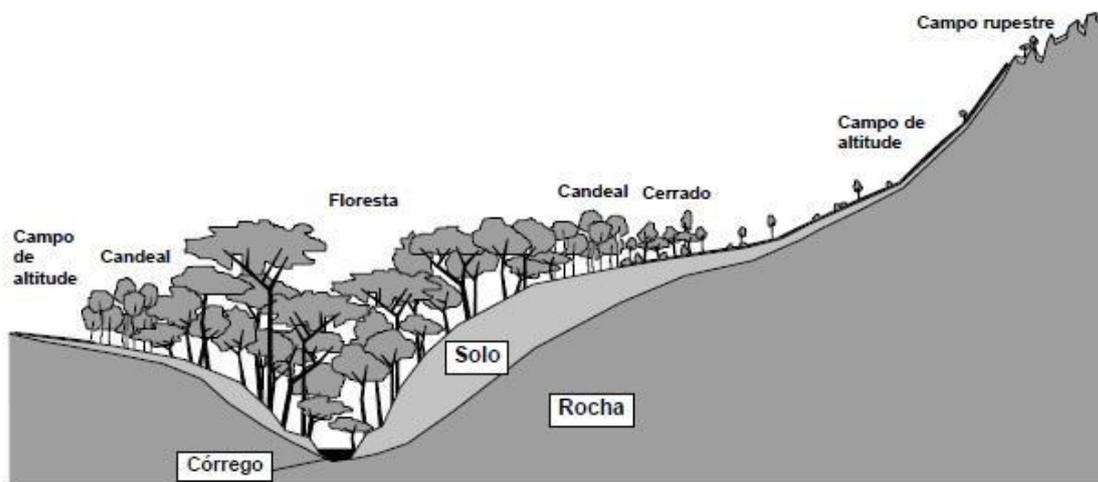
Com intuito de uma aplicação mais objetiva ao presente projeto, um olhar mais clínico foi direcionado à divisão e caracterização da vegetação do Parque na época. Dessa forma, buscou-se analisar como tal definição pode ser aplicada atualmente, sem o objetivo de realizar comparações temporais. O fator solo e frequência de incêndios são determinantes para tal caracterização, mas não foram aqui definidos como objeto primário de estudo.

Figura 3 - Mapa do Parque Florestal Quedas do Rio Bonito, Lavras (MG) mostrando a distribuição dos tipos fisionômicos da vegetação.



Fonte: Oliveira-Filho e Fluminhan-Filho (1999).

Figura 4 - Diagrama de perfil representando a distribuição dos tipos fisionômicos da vegetação em uma topo-sequência típica do Parque Florestal Quedas do Rio Bonito, Lavras (MG).



Fonte: Oliveira-Filho e Fluminhan-Filho (1999).

4.1.2. Sensoriamento remoto

A utilização de imagem de satélite também foi fundamental para definição da classificação fitofisionômica atual e para identificação de áreas degradadas ou alteradas possíveis de serem identificadas por esse meio. Para tal, foi utilizada uma imagem raster do satélite CBERS 04A, câmera WPM, referente a 22 de agosto de 2023.

De acordo com Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2019), o CBERS-04A (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres) é um satélite de sensoriamento remoto lançado como parte do programa de cooperação espacial entre Brasil e China. Já a WPM é um instrumento a bordo do CBERS-04A projetada para capturar imagens da Terra em diferentes faixas espectrais, sendo composta por duas câmeras: uma câmera multiespectral e uma câmera pancromática (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS, 2019).

A câmera multiespectral é capaz de capturar imagens em quatro bandas espectrais diferentes, sendo elas: o visível (azul, verde e vermelho) e o infravermelho próximo. Essas bandas permitem a detecção e o monitoramento de diferentes características e propriedades da superfície terrestre, como vegetação, corpos d'água, uso do solo e saúde das plantas, apresentando resolução espacial de oito metros. Já a câmera pancromática captura imagens em uma única banda espectral na faixa do visível, oferecendo uma alta

resolução espacial (dois metros), o que significa que pode fornecer imagens mais detalhadas e nítidas (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE, 2019).

Com a utilização desse recurso, foi feita uma análise na composição colorida e realizada a fusão das imagens do satélite para então obtenção de imagens de dois metros de resolução espacial para melhor identificação, análise e classificação, tanto da cobertura vegetal quanto das áreas degradadas e alteradas no domínio do Parque. Tais procedimentos, assim como o desenvolvimento dos mapas que compõe o projeto foram realizados por meio do software QGIS versão 3.22.2.

Com relação à caracterização do relevo do Parque, foram utilizados dados disponibilizados pela ASF (Alaska Satellite Facility) por meio do satélite ALOS, sensor PALSAR, com resolução espacial de 12,5 metros para produção de seu Modelo Digital de Elevação (MDE). A partir do MDE também foi possível realizar a construção do Modelo Digital de Declividade (MDD) do parque, sendo todo procedimento também gerado a partir do mesmo software mencionado.

4.1.3. Base de dados públicas

Dados públicos provenientes de Sistemas de Informações Geográficas também foram utilizados na caracterização do Parque. Para construção dos referentes mapas, como clima, bioma de inserção e hidrografia, os dados foram obtidos através das plataformas do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e IDE (Infraestrutura de Dados Espaciais) – Sisema.

4.2. Diagnóstico de campo

Foram realizadas avaliações de campo visando validar e corrigir eventuais erros de classificação da cobertura vegetal, obtidas a partir do diagnóstico por imagens. Além disso, objetivou-se também caracterizar detalhadamente as áreas identificadas como alteradas ou degradadas, bem como mapear outras áreas não identificadas por imagem.

Para isso, aspectos das características fisionômicas dos ambientes definidos por Oliveira-Filho e Fluminhan-Filho (1999) foram observados e comparados com a realidade atual da área, permitindo validar ou redefinir os respectivos limites. Em relação

às áreas identificadas como degradadas ou alteradas, aspectos como o motivo da degradação, a dimensão da área afetada, caracterização do ambiente impactado e a amplitude da degradação foram observados.

4.3. Elaboração da proposta de adequação ambiental

Após a obtenção dos dados e finalização do diagnóstico, foi realizada a análise das condições identificadas para cada uma das áreas consideradas alteradas ou degradadas, bem como das áreas de influência do entorno, a partir das quais os processos de alteração ou degradação podem ter sido iniciados ou intensificados. A partir dessa análise foram então propostas as estratégias consideradas, a princípio, mais efetivas para cada área onde há necessidade de realizar intervenção para restauração das condições mais próximas do original, ou mesmo da proteção de áreas já consolidadas para que não ocorram processos de alteração.

5. RESULTADOS

Os resultados obtidos no trabalho serão apresentados na forma de um projeto de adequação ambiental do Parque Ecológico do Rio Bonito.

PROJETO DE ADEQUAÇÃO AMBIENTAL DO PARQUE ECOLÓGICO QUEDAS DO RIO BONITO

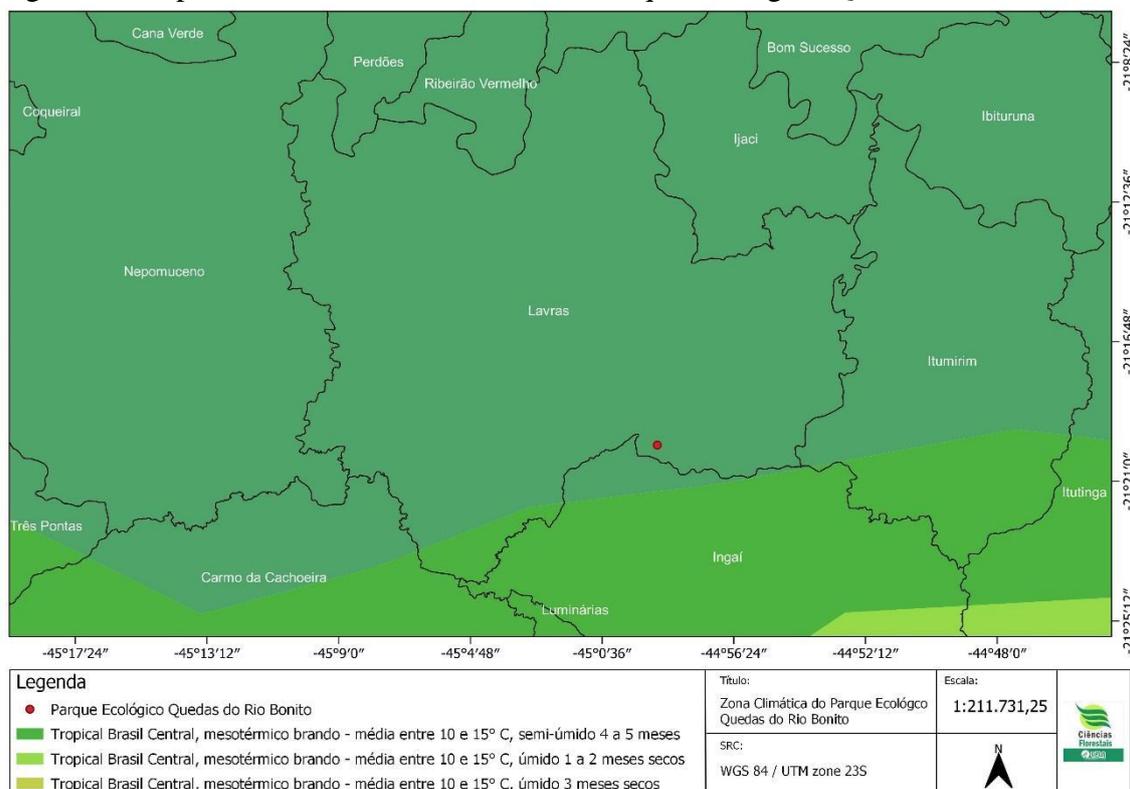
I. Caracterização do Parque

I.I. Clima

O clima da região é classificado como mesotérmico, de verões brandos e suaves, com estiagem no inverno (MARTINS, FABRINA BOLZAN et al, 2018), portanto, do tipo Cwa na classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013). A região apresenta temperatura média anual de 19,3°C, tendo no mês mais quente e mais frio do ano, temperaturas médias de 22,1°C e 15,8°C, respectivamente. Apresenta precipitação média anual de 1.529,7mm, evaporação total do ano de 1.034,3mm e a umidade relativa média anual de 76,2% (BRASIL, 1992).

De acordo com o portal IDE (Infraestrutura de Dados Espaciais) – SISEMA, o Parque pertence a zona climática Tropical Brasil Central, subquente, com média entre 15 e 18° em pelo menos um mês, úmido com um a dois meses secos (Figura 5).

Figura 5 - Mapa referente à zona climática do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito.

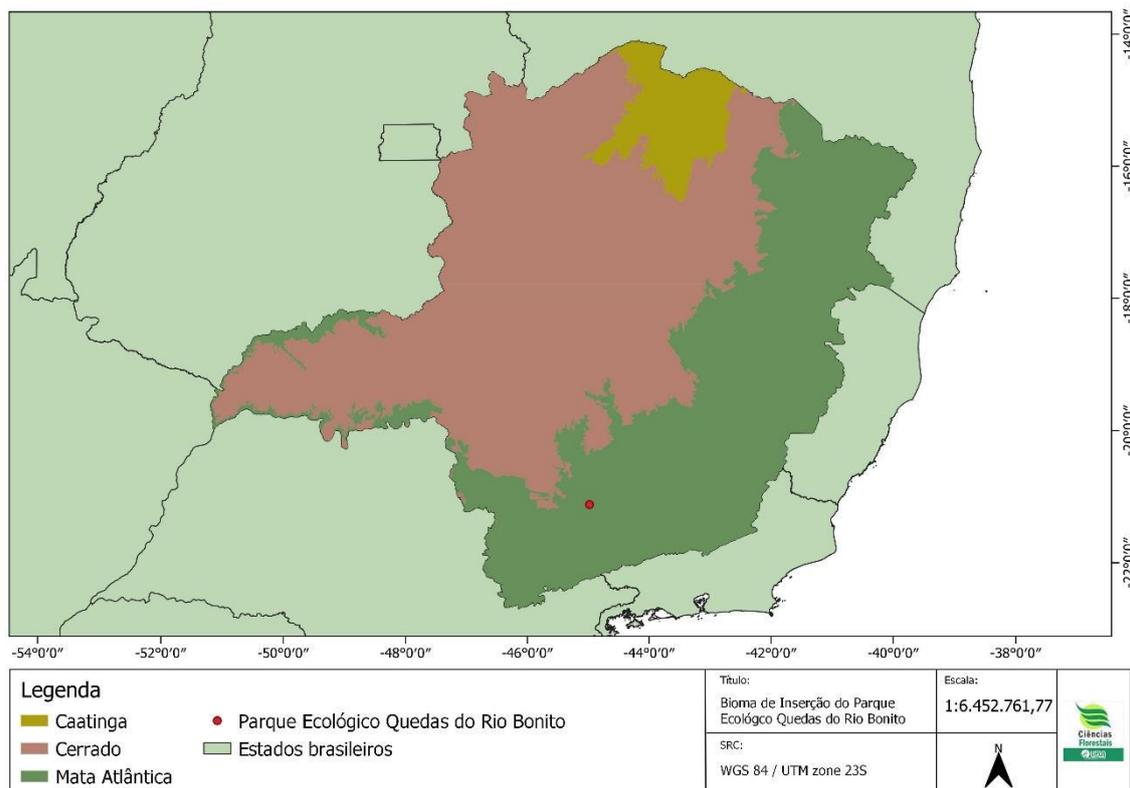


Fonte: Do autor (2023).

I.II. Vegetação

Diante uma perspectiva regional, Minas Gerais apresenta três grandes biomas, sendo a Mata Atlântica, o Cerrado e a Caatinga (IBGE, 2019). Dentre eles, o PEQRB está inserido no domínio da Mata Atlântica (Figura 6).

Figura 6 - Mapa referente ao bioma de inserção do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito.



Fonte: Do autor (2023).

Com relação à caracterização da vegetação dentro dos limites do Parque, como mencionado no tópico 4.1, Oliveira-Filho e Fluminhan-Filho (1999) foram importantes norteadores para definição e delimitação da fitofisionomia lá presente. Estes autores definiram cinco tipos fitofisionômicos (Floresta, Candeal, Cerrado, Campo de Altitude e Campo Rupestre), com as seguintes descrições:

A – Floresta

A fisionomia florestal pode ser encontrada tanto no fundo dos vales e de forma adjacente aos cursos d'água (mata ciliar), quanto nas encostas de solos mais profundos (mata de encosta). No primeiro caso, as convergências da drenagem da bacia favorecem para presença do fluxo de água, já no segundo, a formação do solo se torna propícia para retenção de água no perfil, o que torna as condições favoráveis para o desenvolvimento das florestas (OLIVEIRA-FILHO; FLUMINHAN-FILHO, 1999). Mata ciliar aqui pode também receber a denominação de Floresta Estacional Semidecidual Aluvial com dossel emergente (Fae), assim como a mata de encosta pode ser denominada como Floresta Estacional Semidecidual Montana com dossel emergente (Fme) (VELOSO et al., 1991). No referente estudo, as duas fisionomias não foram separadas devido à transição gradual e imprecisão na identificação entre os limites.

B – Candea

Formação florestal constituída pela candeia, a qual apresenta diversas espécies, como a *Eremanthus erythropappus* e *Eremanthus incanus*, pertencentes à família Asteraceae. Apresenta ocorrência comum entre floresta e formações abertas, em especial o Campo de Altitude, sendo típica em regiões de elevadas altitudes da região sudeste. Essa formação é caracterizada por sua formação em meio a solos gradualmente rasos, e em ambientes com regime de incêndios, sendo estes fatores limitantes de seu desenvolvimento e expansão da colonização do ambiente (OLIVEIRA-FILHO; FLUMINHAN-FILHO, 1999).

C – Cerrado

A fisionomia do Cerrado apresenta alta variação entre a proporção de seus elementos lenhosos (árvores e arbustos) e não lenhosos (herbáceos), podendo ser denominado como Cerradão quando há uma predominância da fisionomia florestal, Campo Cerrado e Campo Sujo quando há a predominância arbustiva, e Cerrado *Sensu Stricto* quando ocorre um cenário intermediário (Veloso et al., 1991). Dentro dos limites do Parque, não há ocorrência de cerradões. Além disso, não é possível distinguir Campo Sujo da fisionomia de Campo de Altitude nas áreas de maior elevação, sendo, portanto,

apenas o Cerrado *Sensu Stricto* considerado (OLIVEIRA-FILHO; FLUMINHAN-FILHO, 1999). Há a presença de poucas manchas desse tipo de vegetação, ocorrendo nos sítios de solos mais profundos e bem drenados, já que solos de maior disponibilidade de água há a presença de florestas, e em solos rasos há a presença de campos (OLIVEIRA-FILHO; FLUMINHAN-FILHO, 1999).

D - Campo Rupestre

É um tipo de vegetação com alto nível de especialização, ocorrendo geralmente nas regiões acima de 1.200 metros do Sudeste ao Centro-Oeste da Bahia, sobre solos muito rasos ou afloramentos rochosos (HARLEY, 1995). Em virtude da altitude elevada, inclinação do terreno e grande presença de afloramentos rochosos, há uma grande amplitude térmica, sendo este um importante fator de adaptação das plantas, além da grande adaptação também à disponibilidade hídrica. Na área de estudo, o termo Campo Rupestre foi empregado especialmente para as fisionomias com abundância de arbustos, que se desenvolvem sobre os afloramentos rochosos, principalmente aqueles pertencentes à família Velloziaceae. Sendo a ocorrência de maiores profusões de afloramentos rochosos característico do ambiente, é comum o desenvolvimento da vegetação por meio das fendas das rochas e por um leito herbáceo mais esparsos do que geralmente ocorre no Campo de Altitude (OLIVEIRA-FILHO; FLUMINHAN-FILHO, 1999).

E - Campo de Altitude

Foi o tipo de vegetação predominantemente encontrado no Parque na época do estudo conduzido pelos autores. Caracteriza-se pela distribuição sobre Cambissolos e Solos Litólicos presentes nas encostas e topos de morro sem profusão de afloramentos rochosos. Apresenta uma fisionomia que varia de Campo Limpo (presença de componente herbáceo apenas) à Campo Sujo (presença de arbustos e subarbustos esparsos), com uma flora composta pela mesma matriz herbácea que o Candéal, Cerrado, Campo Rupestre e com espécies comuns à flora do Cerrado e do Campo Rupestre (OLIVEIRA-FILHO; FLUMINHAN-FILHO, 1999).

I.II.I. Diagnóstico da vegetação atual

Foi observado que a transição entre os cinco tipos fitofisionômicos relatados é muito sutil, o que acarretou em certa dificuldade no estabelecimento de seus limites. Além disso, o mapeamento realizado por Oliveira-Filho e Fluminhan-Filho (1999) apresenta uma considerável janela temporal até a atualidade, o que torna inevitável a percepção da dinâmica ocorrida entre tais limites.

O limite entre o Cerrado *Sensu Stricto* e o Campo de Altitude foi definido a partir das intermediações de ocorrência muito espaçada de espécies arbóreas típicas do Cerrado *Sensu Stricto* e presença da flora herbácea, típica em ambos ambientes. A presença da candeia foi fortemente observada em meio ao Cerrado *Sensu Stricto*, ocorrendo principalmente na transição para borda do ambiente florestal, ocorrendo também, de forma mais isolada, no Campo de Altitude e Campo Rupestre. A presença de afloramentos rochosos foi um fator marcante e definitivo na delimitação do ambiente de Campo Rupestre. Entretanto, como mencionado, seus limites com o Campo de Altitude e Cerrado *Sensu Stricto*, por vezes, não se mostrou tão evidente. Por fim, o ambiente florestal apresentou certa facilidade de delimitação em virtude da presença de indivíduos arbóreos de maior porte e adensamento.

Com base no diagnóstico relatado, foi realizado o mapeamento dos tipos de vegetação ocorrentes no PEQRB (Figura 7).

I.III. Solo

Os tipos de solos predominantes na região são Solos Litólicos álicos e Cambissolos, com as principais rochas de origem sendo micaxistos nas partes mais altas e gnaisses graníticos leucocráticos e quartzitos nas partes mais baixas (CURI et al., 1990).

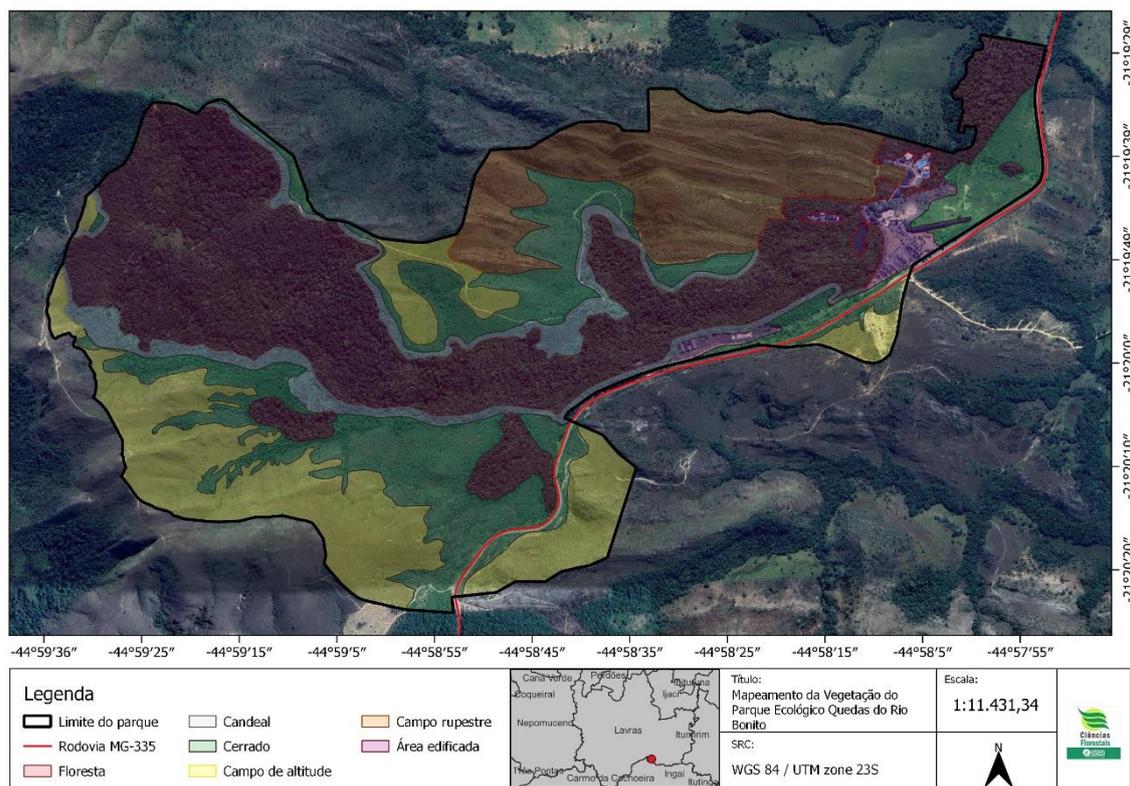
Quanto a relação entre solo e vegetação, Oliveira-Filho e Fluminhan-Filho (1999) correlaciona o regime de água no solo e o regime de incêndios com a distribuição das fisionomias no Parque descrita por eles (Floresta, Candeal, Cerrado, Campo de Altitude e Campo Rupestre). O regime de água nos solos depende fundamentalmente da posição topográfica do sítio na bacia hidrográfica e da profundidade dos solos, conforme demonstra a Figura 8. Portanto, formações mais fechadas – Floresta, Candeal e Cerrado *Sensu Stricto* – estão associadas à maior disponibilidade de água proporcionada por solos mais profundos ou pela situação do sítio no fundo dos vales. As formações mais abertas

– Campo de Altitude e Campo Rupestre – ocorrem nos sítios mais altos e com baixa capacidade de armazenamento de água devido à pouca profundidade dos solos (OLIVEIRA-FILHO; FLUMINHAN-FILHO, 1999). Os autores esquematizaram essa correlação que pode ser analisada na Figura 8, não sendo a linha de fogo um fator de análise aplicado ao presente estudo.

I.IV. Hidrografia

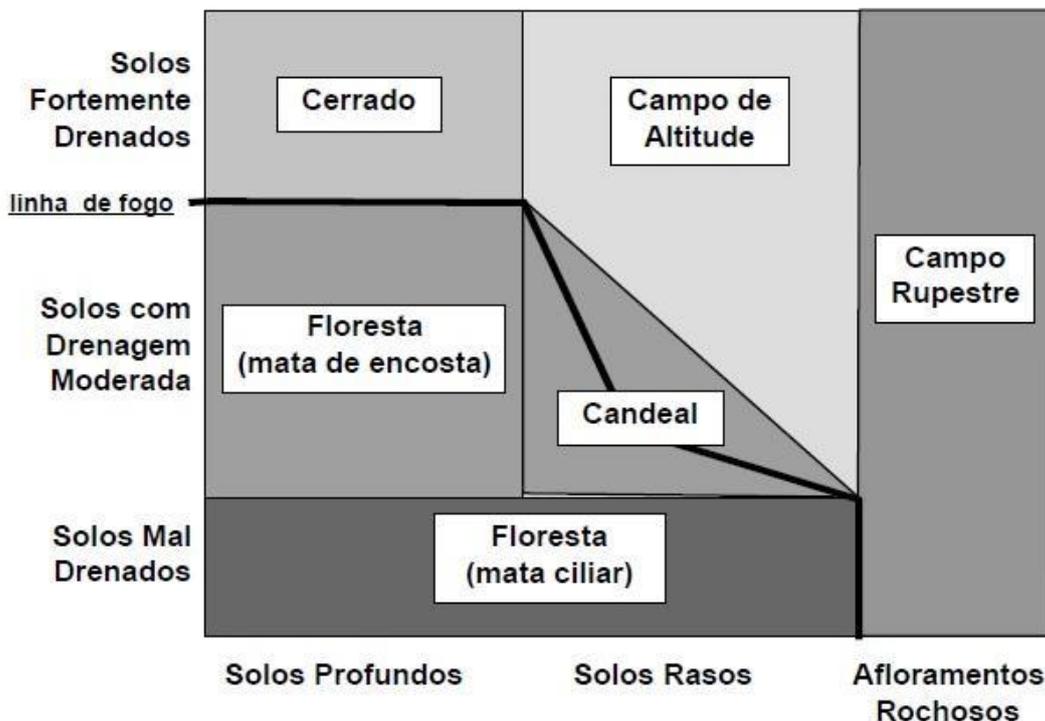
De acordo com o portal IDE (Infraestrutura de Dados Espaciais) – SISEMA, o Parque pertence a bacia hidrográfica do Rio Grande. Dentro de seus limites, é cortado pelo Ribeirão do Vilas Boas (Figura 9).

Figura 7 - Mapeamento da vegetação do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito.



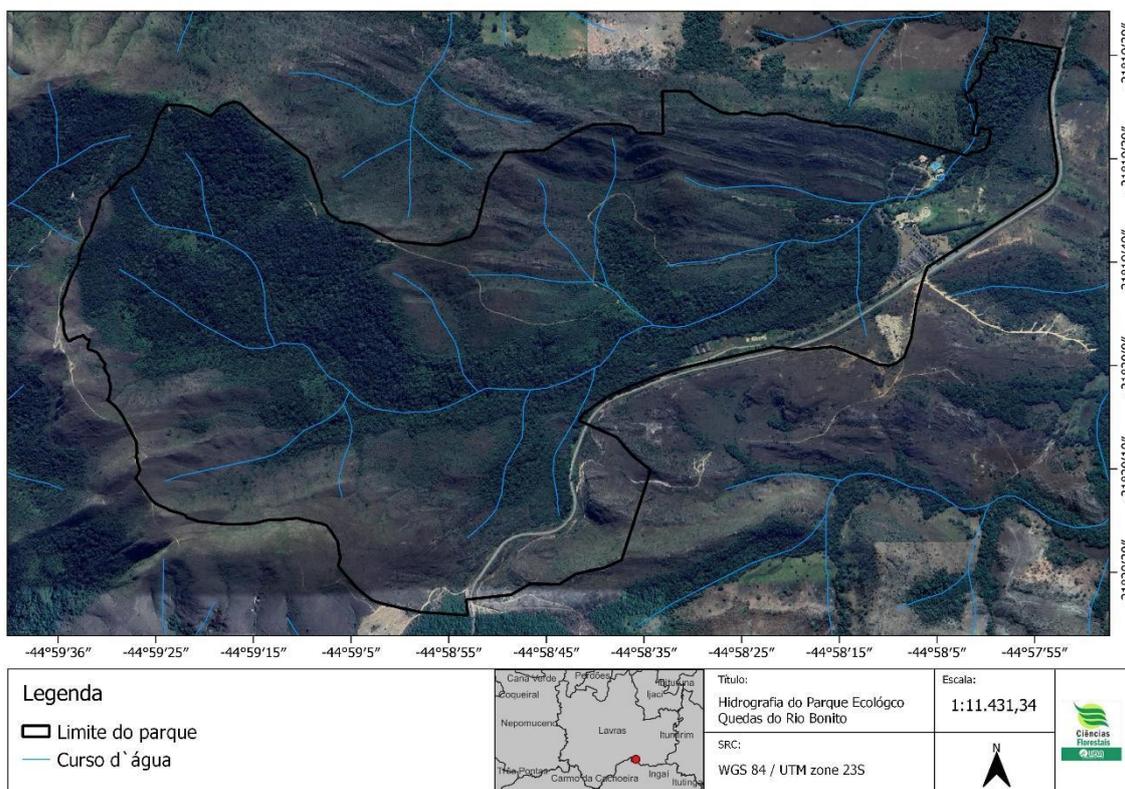
Fonte: Do autor (2023).

Figura 8 - Principais fatores determinantes da distribuição das cinco fisionomias de vegetação na paisagem do Parque Florestal Quedas do Rio Bonito, Lavras (MG).



Fonte: Oliveira-Filho e Fluminhan-Filho (1999).

Figura 9 – Mapa referente à hidrografia do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito



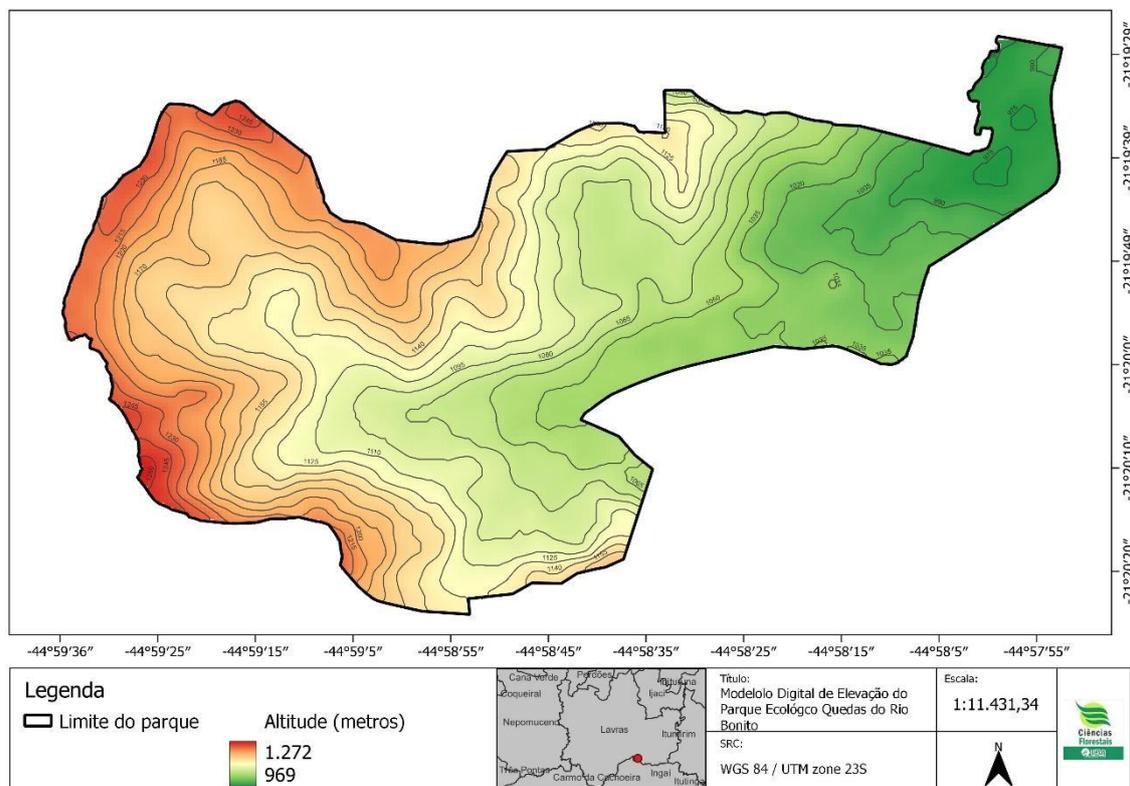
Fonte: Do autor (2023).

I.V. Relevo

O Parque apresenta altitudes variando entre 950 e 1200 m, estando situado na região da Serra do Carrapato, que faz parte do complexo da Serra da Bocaina (OLIVEIRA-FILHO; FLUMINHAN-FILHO, 1999).

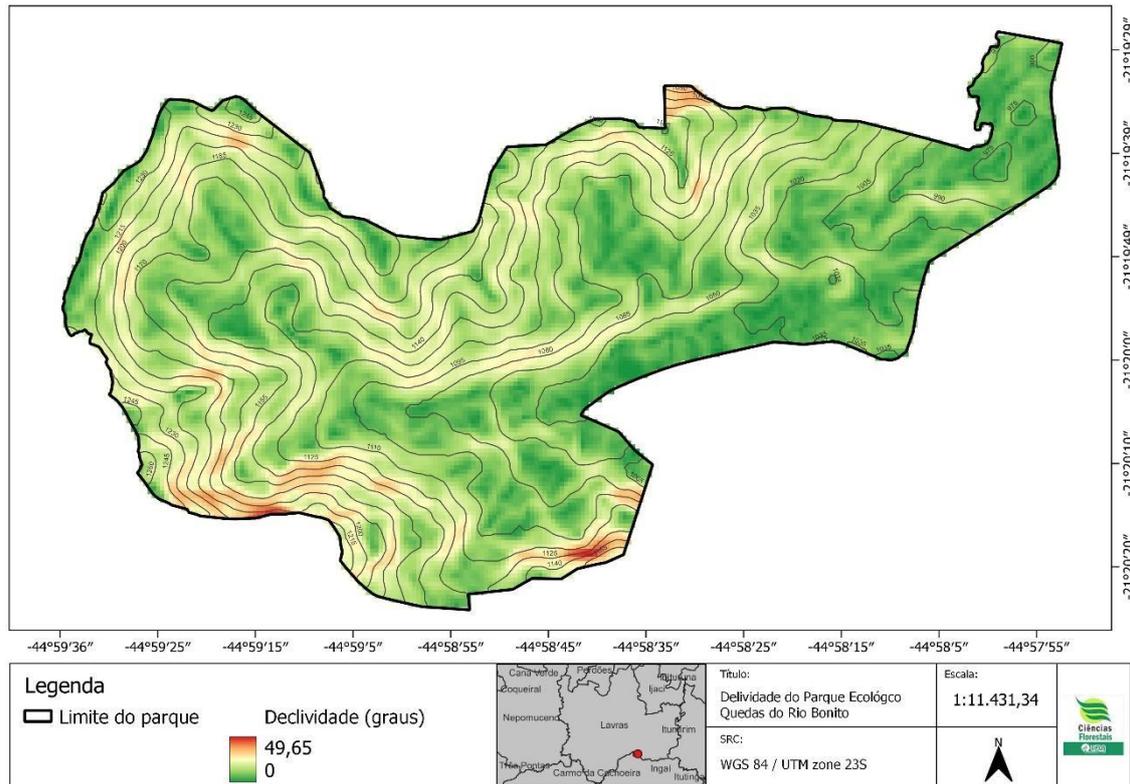
O levantamento da base de dados do IDE Sisema apresentou altitude mínima de 969 m e máxima de 1272 m (Figura 10). Por meio do mapa referente à declividade (Figura 11), foi possível identificar uma mínima de 0° (terreno plano) e máxima de 49,65°.

Figura 10 - Modelo Digital de Elevação do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito.



Fonte: Do autor (2023).

Figura 11 – Modelo Digital de Declividade do Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito.



Fonte: Do autor (2023).

II. Diagnóstico das áreas degradadas/alteradas

II.I. Metodologia

Para o diagnóstico prévio da quantidade e dimensão das áreas degradadas ou alteradas do Parque, foi realizada a análise visual de imagem de satélite. O objetivo foi identifica-las por meio de características típicas destes ambientes, como presença de clareiras em ambientes florestais e solo exposto.

Para isso, por meio do software QGIS, utilizando-se imagens disponibilizadas pelo Google Earth, cuja resolução espacial se adequa para análise visual de áreas pequenas, foram demarcados pontos georreferenciados sobre tais áreas, conforme a Figura 12, os quais foram aferidos em campo para determinação da situação real. Além disso, por meio de imagens do satélite CBERS, sensor 04A (câmera multiespectral e pancromática de ampla varredura – WPM), foi obtido o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) (Figura 13).

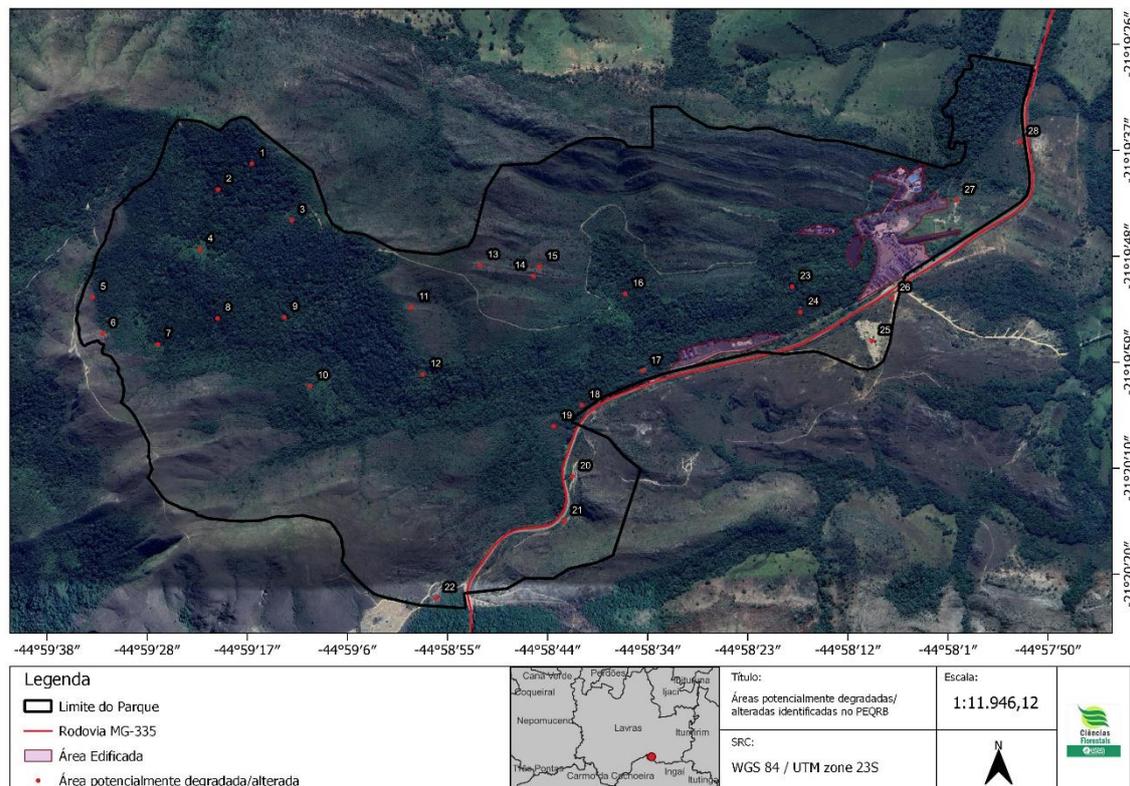
O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) consiste na razão entre a diferença e a soma de duas das bandas captadas pelo sensor: infravermelho próximo (banda de maior reflexão pela vegetação) e do vermelho (banda de maior absorção pela vegetação) (Equação 1). Essa composição permite o realce das variações de densidade da cobertura vegetal, sendo mais linearmente proporcional à biomassa que outros índices. Nesse contexto, os valores de NDVI computados variam entre -1 e 1 sendo que, quanto maior o valor, mais densa a cobertura vegetal (MENEZES, P. R., ALMEIDA, T., 2012).

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (1)$$

onde, NIR corresponde à banda do infravermelho próximo e RED à banda do vermelho.

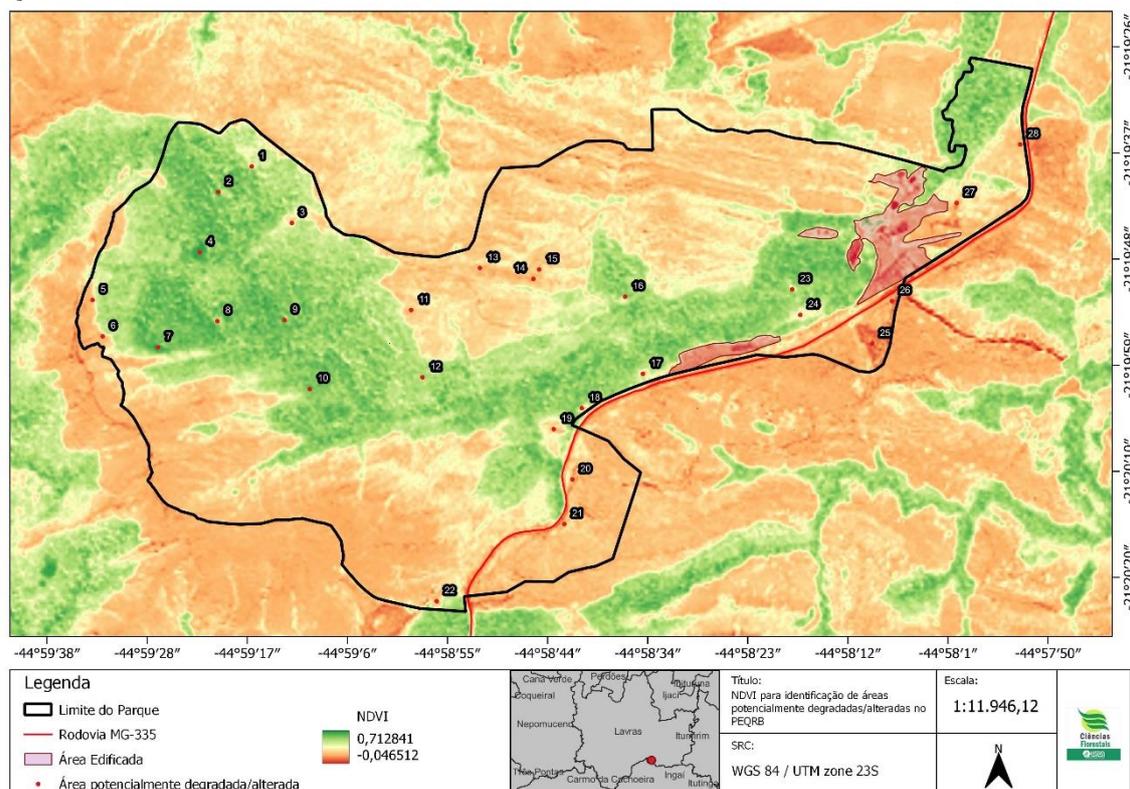
Por meio dessa ferramenta, foi possível analisar padrões de densidade da vegetação em determinada área e pontos que não correspondiam a tal padrão. Os pontos que apresentaram padrão distinto daquele de áreas ocupadas por vegetação foram georreferenciados e tratados como uma possível degradação ou alteração do ambiente. Os efeitos identificados no ambiente a partir dessas análises foram representados na Tabela 1. Como apenas a análise via sensoriamento remoto não garante que áreas menores e menos expressivas sejam identificadas, o levantamento de campo contemplou os pontos mapeados, além da demarcação e análise de novas áreas.

Figura 12 - Mapa referente às áreas potencialmente degradadas/alteradas do Parque Ecológico Quedas Do Rio Bonito.



Fonte: Do autor (2023).

Figura 13 - Mapa referente às possíveis áreas degradadas/alteradas do Parque Ecológico Quedas Do Rio Bonito sob tratamento NDVI.



Fonte do: Do autor (2023).

Tabela 1 - Coordenadas geográficas dos pontos demarcados preliminarmente como área degradada ou alterada via sensoriamento remoto, com seus respectivos efeitos no ambiente.

Id	Efeito	Coordenadas Geográficas (graus, minutos e segundos)	
		X	Y
1	Clareira	-44° 59' 16.33"	-21° 19' 38.59"
2	Clareira	-44° 59' 19.94"	-21° 19' 41.22"
3	Clareira	-44° 59' 12.02"	-21° 19' 44.34"
4	Clareira	-44° 59' 21.95"	-21° 19' 47.34"
5	Solo exposto	-44° 59' 33.51"	-21° 19' 52.18"
6	Solo exposto	-44° 59' 32.44"	-21° 19' 55.89"
7	Clareira	-44° 59' 26.46"	-21° 19' 57"
8	Clareira	-44° 59' 20.04"	-21° 19' 54.33"
9	Clareira	-44° 59' 12.82"	-21° 19' 54.23"
10	Clareira	-44° 59' 10.08"	-21° 20' 1.26"
11	Solo exposto	-44° 58' 59.14"	-21° 19' 53.22"
12	Clareira	-44° 58' 57.93"	-21° 20' 0.05"
13	Solo exposto	-44° 58' 51.75"	-21° 19' 48.93"
14	Solo exposto	-44° 58' 45.95"	-21° 19' 50.03"
15	Solo exposto	-44° 58' 45.33"	-21° 19' 49.09"
16	Clareira	-44° 58' 36.06"	-21° 19' 51.85"
17	Solo exposto	-44° 58' 34.15"	-21° 19' 59.72"
18	Clareira/Solo exposto	-44° 58' 40.74"	-21° 20' 3.21"
19	Clareira/Solo exposto	-44° 58' 43.76"	-21° 20' 5.35"
20	Solo exposto	-44° 58' 41.75"	-21° 20' 10.46"
21	Solo exposto	-44° 58' 42.61"	-21° 20' 14.98"
22	Solo exposto	-44° 58' 56.4"	-21° 20' 22.85"
23	Clareira	-44° 58' 18.04"	-21° 19' 51.1"
24	Clareira	-44° 58' 17.17"	-21° 19' 53.7"
25	Solo exposto	-44° 58' 9.43"	-21° 19' 56.63"
26	Solo exposto	-44° 58' 7.28"	-21° 19' 52.3"
27	Solo exposto	-44° 58' 0.3"	-21° 19' 42.32"
28	Solo exposto	-44° 57' 53.43"	-21° 19' 36.33"

Fonte: Do autor (2023).

II.II. Identificação e caracterização das áreas degradadas/alteradas

A partir da expedição de campo, foi possível diagnosticar as áreas referentes aos pontos georreferenciados preliminarmente, e outras áreas que não haviam sido identificadas via análise de imagem geoespacial (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2 - Diagnóstico das áreas preliminarmente identificadas como degradadas ou alteradas (continua).

Id	Diagnóstico
1	Clareira resultante de possível queda natural de árvore.
2	Clareira resultante de possível queda natural de árvore.
3	Clareira de aproximadamente 145 m ² . Área dominada por braquiária (<i>Urochloa sp.</i>) e capim gordura (<i>Melinis minutiflora</i>).
4	Clareira de aproximadamente 0,46 ha. Área dominada por samambaia (<i>Pteridium aquilinum</i>).
5	Área de transição entre Campo de Altitude e Campo Rupestre, com solo raso, presença de afloramento rochoso pouco expressivo e braquiária (<i>Urochloa sp.</i>).
6	Área de transição entre Campo de Altitude e Campo Rupestre, com solo raso e presença de afloramento rochoso pouco expressivo.
7	Área de aproximadamente 1,42 ha. com predomínio de candeia (<i>Eremanthus erythropappus</i>) e presença notória de samambaia (<i>Pteridium aquilinum</i>).
8	Clareira resultante de possível queda natural de árvore.
9	Clareira resultante de possível queda natural de árvore.
10	Área de aproximadamente 1 ha. com presença de candeia (<i>Eremanthus erythropappus</i>) e samambaia (<i>Pteridium aquilinum</i>).
11	Área de transição entre Campo de Altitude e Campo Rupestre, com solo raso e presença de afloramento rochoso pouco expressivo.
12	Área de aproximadamente 852 m ² com presença de samambaia (<i>Pteridium aquilinum</i>) e capitinga (<i>Trichantheicum cyanescens</i>).
13	Afloramento rochoso.
14	Afloramento rochoso.
15	Afloramento rochoso.
16	Clareira resultante de possível queda natural de árvore.
17	Rua asfaltada de domínio do Parque, com presença de braquiária (<i>Urochloa sp.</i>) nas bordas.
18	Área com presença isolada de afloramento rochoso e consequente vegetação raleada.

Tabela 3 - Diagnóstico das áreas preliminarmente identificadas como degradadas ou alteradas (conclusão).

ID	DIAGNÓSTICO
19	Área de aproximadamente 0,11 ha com presença isolada de afloramento rochoso e consequente vegetação raleada.
20	Solo exposto com erosão pela presença de trilha de motocicletas.
21	Solo exposto devido a retirada de terra para edificação da rodovia.
22	Solo exposto devido a antiga retirada de terra do local.
23	Presença de curso d'água em meio a rochas.
24	Forte presença de samambaia (<i>Pteridium aquilinum</i>) em meio ao Cerrado do local.
25	Área de aproximadamente 0,7 ha, destinada a deposição de rejeitos advindos do desassoreamento do lago artificial do Parque.
26	Solo exposto devido a erosão causada pela estrada de terra adjacente.
27	Bacia de contenção com presença de braquiária (<i>Urochloa sp.</i>) e solo exposto na área ao entorno.
28	Solo exposto por provável caminhamento de gado.

Fonte: Do autor (2023).

Tabela 4 - Diagnóstico das áreas identificadas como degradadas ou alteradas a partir da expedição de campo, com as coordenadas de seus respectivos pontos (continua).

Id	Diagnóstico	Coordenadas Geográficas (graus, minutos e segundos)	
		X	Y
29	Bacia de contenção dominada por braquiária (<i>Urochloa sp.</i>).	-44° 59' 9.97"	-21° 19' 43.88"
30	Trilha de domínio do Parque, com presença de braquiária (<i>Urochloa sp.</i>) nas bordas.	-44° 59' 9.19"	-21° 19' 44.33"
31	Trilha de domínio do Parque, com presença de braquiária (<i>Urochloa sp.</i>) nas bordas.	-44° 58' 53.56"	-21° 19' 49.88"
32	Trilha de domínio do Parque, com presença de capitinga (<i>Trichantheicum cyanescens.</i>) nas bordas. Cicatrizes de fogo presentes na área.	-44° 58' 37.76"	-21° 19' 53.37"

Tabela 5 - Diagnóstico das áreas identificadas como degradadas ou alteradas a partir da expedição de campo, com as coordenadas de seus respectivos pontos (continua).

ID	DIAGNÓSTICO	Coordenadas Geográficas (graus, minutos e segundos)	
		X	Y
33	Trilha de domínio do Parque, com presença de samambaia (<i>Pteridium aquilinum</i>) nas bordas. Cicatrizes de fogo presentes na área.	-44° 58' 50.36"	-21° 20' 0.30"
34	Rua asfaltada de domínio do Parque, com presença de braquiária (<i>Urochloa sp.</i>) nas bordas.	-44° 58' 31.34"	-21° 19' 59.67"
35	Trecho de estrada abandonada, com solo exposto e presença de erosão pluvial	-44° 58' 55.60"	-21° 20' 21.49"
36	Rua asfaltada de domínio do Parque, com presença de braquiária (<i>Urochloa sp.</i>) nas bordas.	-44° 58' 11.76"	-21° 19' 53.13"
37	Trecho de estrada abandonada, com solo exposto.	-44° 58' 11.89"	-21° 19' 58.95"
38	Área de aproximadamente 335 m ² , destinada a deposição de rejeitos edáficos com presença constante de gado, além de braquiária (<i>Urochloa sp.</i>) no entorno.	-44° 58' 2.26"	-21° 19' 44.44"
39	Área de aproximadamente 450 m ² , destinada a deposição de rejeitos edáficos com presença de gado, além de braquiária (<i>Urochloa sp.</i>) no entorno.	-44° 57' 59.89"	-21° 19' 44.70"

Tabela 6 - Diagnóstico das áreas identificadas como degradadas ou alteradas a partir da expedição de campo, com as coordenadas de seus respectivos pontos (conclusão).

ID	DIAGNÓSTICO	Coordenadas Geográficas (graus, minutos e segundos)	
		X	Y
40	Área com evidências de trânsito de gado.	-44° 57' 58.67"	-21° 19' 39.01"
41	Área de aproximadamente 45 m ² com invasão de braquiária (<i>Urochloa sp.</i>).	-44° 57' 59.58"	-21° 19' 40.71"
42	Bacia de contenção com presença de braquiária (<i>Urochloa sp.</i>).	-44° 57' 59.70"	-21° 19' 41.15"

Fonte: Do autor (2023).

Diante de tais resultados, de forma a simplificar a estruturação da metodologia de restauração, foi feito o agrupamento das áreas com diagnósticos de degradação ou alteração semelhantes (Tabela 4). Dessa forma, foi possível elaborar um *ranking* de severidade da perturbação da área, assim como da emergência de intervenção com os planos de adequação.

Esse *ranking* segue em conformidade com a enumeração dos grupos citados, variando de 1 a 6, em ordem crescente e em função do grau de severidade.

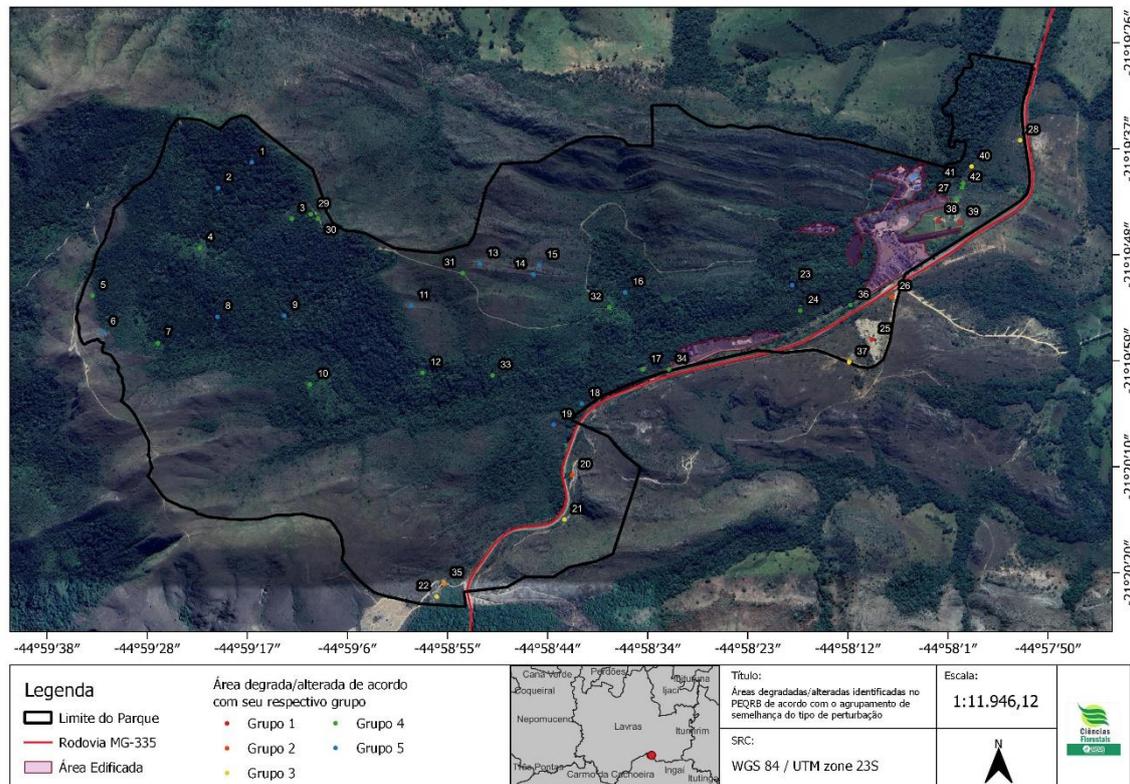
Tabela 7 - Agrupamento de acordo com o tipo de perturbação e ranking pelo grau de importância de adequação das áreas degradadas ou alteradas identificadas.

GRUPO	IDs	DIAGNÓSTICO GERAL
1	25, 38, 39	Área destinada a deposição de rejeitos.
2	20, 26 e 35	Área com presença de erosão.
3	21, 22, 27, 28, 37 e 40	Área com presença ou potencial presença de solo exposto.
4	3, 4, 5, 7, 10, 12, 17, 24, 27, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 41 e 42	Área com presença de espécie vegetal invasora ou nativa dominante.
5	1, 2, 6, 8, 9, 11, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 23	Área sem degradação ou com presença de sucessão natural.

Fonte: Do autor (2023).

Os pontos correspondentes às áreas identificadas tanto antes quanto após a expedição de campo estão representados na Figura 14 de acordo com seus respectivos grupos de pertencimento.

Figura 14 – Mapa referente às áreas degradadas/alteradas identificadas no Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito de acordo com o agrupamento do tipo de perturbação.



Fonte: Do autor (2023).

II.III. Análise por grupo

A partir do agrupamento realizado de acordo com a semelhança do tipo de perturbação dos ambientes, o diagnóstico geral de cada grupo é apresentado de forma detalhada para identificação de suas respectivas origens, assim como quais os impactos tais agentes de degradação/alteração podem causar.

Grupo 1 – Deposição de rejeitos

A deposição de rejeitos, no caso do estudo, advindo de material edáfico pode causar impacto tanto em relação à estrutura do solo originário do ambiente quanto à cobertura vegetal. Um relatório técnico referente aos impactos ambientais causados pelo

rompimento de barragem de rejeito de mineração em Mariana demonstra consequências como aumento da impermeabilização do solo, alteração da topografia e alteração da fertilidade do solo, podendo gerar erosões, alteração do ciclo hidrológico, alteração da biota, além do aumento da incidência de vetores de doenças (EMBRAPA, 2015). Além disso, a redução da cobertura vegetal é um agravante das problemáticas citadas, trazendo também a redução da biodiversidade (EMBRAPA, 2015).

No caso do PEQRB, apesar da origem do rejeito não ser da mineração e das áreas impactadas serem expressivamente menores, é possível observar consequências semelhantes. Visualmente, é notável a ocorrência da alteração topográfica e redução da cobertura vegetal (Figura 15), o que traz consequências diretas para o surgimento de erosões e impacto sobre a biodiversidade local.

Figura 15 - Fotografias das áreas degradadas/alteradas referentes ao grupo 1 (deposição de rejeitos)



Legenda: A – degradação da área referente ao ponto 25, de aproximadamente 0,7 ha, destinada a deposição de rejeitos advindos do desassoreamento do lago artificial do Parque; B - degradação da área referente ao ponto 38, de aproximadamente 335 m², destinada a deposição de rejeitos edáficos com presença constante de gado, além de braquiária (*Urochloa sp.*) no entorno; C - degradação da área referente ao ponto 39, de aproximadamente 450 m², destinada a deposição de rejeitos edáficos com presença de gado, além de braquiária (*Urochloa sp.*) no entorno.

Fonte: Do autor (2023).

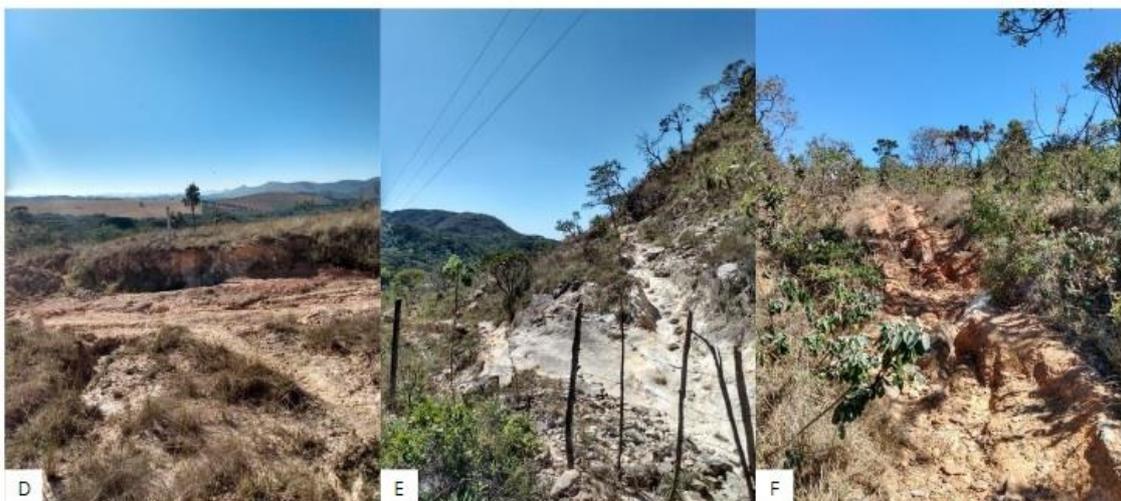
Grupo 2 – Presença de erosão

A erosão se caracteriza por ser um fenômeno responsável pelo arraste de partículas minerais, matéria orgânica e nutrientes vegetais, causando redução da produtividade do sítio e assoreamento de cursos d'água. Além dos danos locais, como

perda das propriedades físicas, químicas e biológicas do ambiente, a erosão traz também efeitos fora do ambiente de ocorrência, como perda da qualidade da água e degradação de ecossistemas aquáticos. Diante de tais problemáticas, é possível afirmar que a erosão hídrica apresenta destaque, sendo um dos principais causadores de degradação dos solos tropicais (EMBRAPA, 2010).

No Parque, a presença das trilhas de motocicletas, estradas antigas mal planejadas e abandonadas e áreas de empréstimo foram os causadores da supressão da cobertura vegetal, o que propiciou a ocorrência de solo exposto. Isso tornou favorável a ocorrência de erosões (Figura 16), principalmente pela ação pluvial e, caso não sejam realizadas intervenções diretas para recomposição vegetal, a tendência será o aumento dos danos, principalmente em épocas chuvosas.

Figura 16 – Fotografias das áreas degradadas/alteradas referentes ao grupo 2 (presença de erosão).



Legenda: D – degradação da área referente ao ponto 20, solo exposto com erosão pela presença de trilha de moto; E - degradação da área referente ao ponto 26, solo exposto devido a erosão causada pela estrada de terra adjacente; F - degradação da área referente ao ponto 35, trecho de estrada abandonada, com solo exposto e presença de erosão pluvial.

Fonte: Do autor (2023).

Grupo 3 – Presença ou potencial presença de solo exposto

O solo exposto é basicamente a etapa que precede o processo de erosão, deixando o ambiente propício para que isso ocorra. Inicialmente, com a ausência de proteção do solo, este se torna altamente impactado pela energia cinética das gotas de chuva,

causando então a desagregação das partículas e selamento superficial, que corresponde ao entupimento dos poros da estrutura edáfica e, conseqüentemente, a diminuição da infiltração da água. Essa situação resulta no acúmulo de água superficial ou no fluxo de acordo com a declividade, o qual leva a formação de enxurradas e arraste de partículas. Portanto, a cobertura vegetal propicia a absorção dessa energia cinética, levando à redução da desagregação e arraste das partículas de solo (EMBRAPA, 2010).

Como no Parque a erosão hídrica é dominante, a probabilidade de que o fenômeno ocorra nas áreas referentes a esse grupo (Figura 17) é alta. Dessa forma, garantir a revegetação é essencial, antes que os impactos evoluam, gerando o encarecimento da restauração desses ambientes. Além disso, em ambientes onde há potencial surgimento de solo exposto, como é o caso do ponto 40, devido a presença de pisoteio de gado, é importante que haja interrupção da ação dos causadores de degradação.

Figura 17 – Fotografias das áreas degradadas/alteradas referentes ao grupo 3 (presença ou potencial presença de solo exposto).



Legenda: G – degradação da área referente ao ponto 21, solo exposto devido a retirada de terra para edificação da rodovia; H - degradação da área referente ao ponto 22, solo exposto devido a antiga retirada de terra do local; I - degradação da área referente ao ponto 28, solo exposto por provável caminhamo de gado; J - degradação da área referente ao ponto 40, com evidências de trânsito de gado.

Fonte: Do autor (2023).

Grupo 4 - Presença de espécie vegetal invasora ou nativa dominante

O processo de invasão biológica se caracteriza pela naturalização de uma espécie exótica a um ecossistema, a qual passa a se dispersar, provocando mudanças e danos no funcionamento do ambiente (VALÉRY et al., 2008). A invasão biológica é o segundo maior motivo de ameaça à biodiversidade no mundo (PRIMACK; RODRIGUES, 2001). No contexto das áreas degradadas ou alteradas, o sucesso do estabelecimento das espécies invasoras pode ser ainda maior, já que estes ambientes apresentam menor diversidade da biota, gerando, portanto, mais nichos e funções ecológicas disponíveis, além da menor presença de competição e predadores, resultando em grande vantagem na competição contra espécies nativas (CATFORD et al., 2012; PEREIRA, et al., 2018).

Dessa forma, as espécies invasoras se tornam uma grande afronta aos serviços ecossistêmicos e à vegetação nativa, com sua redução em virtude da competição, predação e hibridização (SIMBERLOFF et al., 2013), além de atuar como novo agente seletivo de ambiente para as nativas (CARROLL et al., 2015). Dentre os fatores, a ausência de predadores, adaptação climática, elevada produção e dispersão de sementes, e produção de substâncias alelopáticas são grandes responsáveis pela sobrevivência e dominância dessas espécies (SOUZA et al., 2016).

Espécies como *Urochloa sp.*, *Melinis minutiflora*, *Trichantheium cyanescens* e *Pteridium aquilium* foram identificadas no Parque (Figura 18) com dominância de acordo com as áreas listadas, abrangendo áreas de domínio de Floresta, Cerrado *Sensu Stricto*, Campo de Altitude e Candeal. Comparativamente, tais espécies foram destacadas como problemáticas para restauração florestal (PEREIRA, et al., 2018), e, portanto, devem ser manejadas.

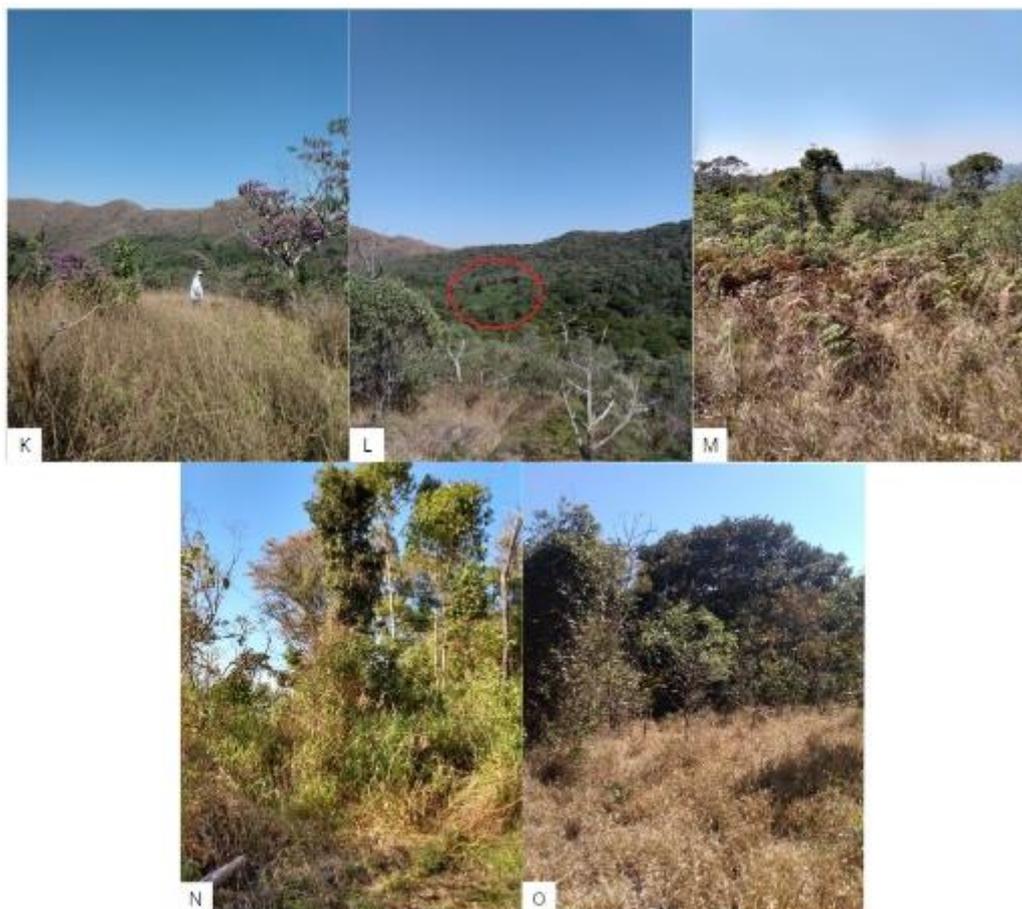
O gênero *Pteridium* apresenta uma única espécie, *P. aquilium* e, dentre as subespécies contidas, *aquilinum* e *caudatum*, sendo que no Brasil ocorre apenas a segunda ocorre no Brasil (TORKANIA; DÖBEREINER; PEIXOTO, 2000). A espécie é tolerante à ocorrência de fogo, sendo até beneficiada nas regiões da Mata Atlântica, (SILVA; SILVA-MATOS, 2006) já que apresenta grande produção de necromassa, o que aumenta

a intensidade de incêndios e tende a prejudicar o desenvolvimento das espécies nativas (D'ANTONIO; VITOUSEK, 1992). Além disso, outra grande problemática está na formação de seu dossel denso e de seu grande acúmulo de serapilheira, o que causa danos para a regeneração da vegetação nativa e para implementação das estratégias de recuperação devido ao elevado sombreamento causado, empobrecimento do banco de sementes e formação de substrato inadequado para germinação (GHORBANI; LE DUC; MCASLLISTER, 2006; MARRS; WATT, 2006).

Urochloa é um gênero exótico introduzido antropicamente no Brasil com objetivo de formação de pastagens para atuação como forrageira na criação de gado, assim como a *Melinis minutiflora*. Esse gênero se caracteriza por sua elevada eficiência na capacidade fotossintética devido ao metabolismo C4, crescimento, regeneração, reprodução e dispersão de sementes, além sua tolerância ao desfolhamento, o que lhe confere produção de densa camada de biomassa. As consequências implicam na formação de densa camada de biomassa e redução da luminosidade solo, o que impede a germinação e recrutamento das espécies nativas. A *Melinis minutiflora* também apresenta grande produção e acúmulo de biomassa, além do elevado sombreamento resultante da capacidade de crescimento acima da vegetação herbácea nativa. Essas características conferem alto risco de ocorrência de incêndios, o que favorece sua dispersão devido à alta capacidade de colonização de ambientes de baixa fertilidade (PEREIRA, I.M. et al., 2018).

A *Trichantheium cyanescens* (Nees ex Trin.) Zuloaga & Morrone também foi identificada no Parque, especificamente nos pontos 12 e 32. Apesar de ser considerada como nativa do Brasil (REFLORA, sd), foi observada como ação invasora nas áreas em questão, com grande sobreposição e sombreamento do solo na região de borda do ponto 32.

Figura 18 – Fotografias das áreas degradadas/alteradas referentes ao grupo 4 (presença de espécie vegetal invasora ou nativa dominante).



Legenda: K – degradação da área referente ao ponto 3, clareira de aproximadamente 145 m², dominada por braquiária (*Urochloa sp.*) e capim gordura (*Melinis minutiflora*); L - degradação da área referente ao ponto 4, clareira de aproximadamente 0,46 há, dominada por samambaia (*Pteridium aquilinum*); M - degradação da área referente ao ponto 7, de aproximadamente 1,42 ha com predomínio de candeia (*Eremanthus erythropappus*) e presença notória de samambaia (*Pteridium aquilinum*); N - degradação da área referente ao ponto 32, trilha de domínio do Parque, com presença de capitanga (*Trichantheicum cyanescens.*) nas bordas, e com cicatrizes de fogo presentes na área; O - degradação da área referente ao ponto 41, de aproximadamente 45 m² com invasão de braquiária (*Urochloa sp.*).

Fonte: Do autor (2023).

Grupo 5 - Área sem degradação ou com presença de sucessão natural.

As áreas referentes a esse grupo foram identificadas durante a análise de imagem de satélite, apresentando possíveis degradações ou alterações. No entanto, durante a expedição de campo, foi possível constatar que, o que aparentemente se caracterizava como degradações (por exemplo, presença de solo exposto) era, na verdade, feições típicas da fitofisionomia, como a presença de afloramentos rochosos. Além disso, foram

identificadas áreas com processo de sucessão natural avançado, não sendo necessária a intervenção com plano de recuperação.

III. Proposta de intervenção

Seguindo a metodologia adotada neste trabalho, assim como foi realizado o agrupamento para o diagnóstico e detalhamento sobre as origens e consequências das degradações ou alterações geradas nas áreas, as propostas de intervenções também serão feitas por grupos, com estratégias em comum que deverão ser solucionadoras para recuperação do ambiente. O refinamento e detalhamento das técnicas a serem usadas devem ser feitos previamente ao processo de restauração de cada área em particular.

Grupo 1 – Deposição de rejeitos

Como descrito, as áreas referentes a esse grupo apresentam supressão total da vegetação anteriormente presente, assim como alteração em seu perfil topográfico devido a deposição dos rejeitos edáficos.

Portanto, a revegetação completa dessas áreas é essencial. Isso deverá ser feito sempre em adaptação à alteração da declividade do terreno, para que se evite perdas da vegetação implantada por carreamento hídrico advindo de fortes chuvas, além de impedir a ocorrência de processos erosivos. Para tanto, será necessária uma análise detalhada e implementação dos seguintes tratamentos:

- Como essas áreas são de ocorrência dentro dos limites da fitofisionomia de Campo de Altitude e Cerrado *Sensu Stricto*, deverá ser realizada a identificação das espécies ocorrentes para coleta de sementes e realização da semeadura direta em conjunto do plantio de mudas arbustivas e arbóreas, para recobrimento vegetal da área em menor tempo;
- Identificação de possíveis superfícies acima de 45° de declividade, para que seja realizada a construção de taludes;
- Identificação de superfícies declivosas, com olhar direcionado para a necessidade de implantação de biomantas composta por espécies nativas.

Grupo 2 – Presença de erosão

De forma geral, as áreas referentes a esse grupo apresentam ação erosiva de origem hídrica causada pela ausência de cobertura vegetal, o que propiciou a degradação constante dos ambientes com carreamento de matéria edáfica e nutrientes, com formação de sulcos. Portanto, é necessário estabelecer procedimentos de acordo com as circunstâncias particulares de cada área, os quais devem seguir os seguintes tópicos:

- Eliminação da fonte causadora de erosão. No caso de presença de estrada, é necessário que haja a construção de bacias de contenção ao longo dela para que o escoamento superficial não cause maiores danos nas áreas adjacentes. Para as trilhas de motocicletas, é fundamental que haja cercamento efetivo que impeça o trânsito de veículos *off-road*, sendo válida a instalação de placas com avisos e advertências;
- Transposição de solo para as áreas em que houve grande carreamento de material edáfico, a fim de reestabelecer um ambiente propício para a germinação e desenvolvimento da vegetação;
- Adoção de métodos de conservação do solo, adubação (caso necessário) e recobrimento com material vegetal, como serapilheira;
- Plantio de mudas para recobrimento do solo em menor tempo, assim como uso de semeadura direta. Nesse caso, deverão ser utilizadas espécies nativas de acordo com a fitofisionomia presente.

Grupo 3 – Presença ou potencial presença de solo exposto

As origens do solo exposto nas áreas desse grupo surgiram, ou tendem a surgir, em função da intervenção antrópica passada para retirada de terra, presença de estradas antigas ou pela presença de gado. Como mencionado, é de grande probabilidade que a degradação características desse grupo se torne a mesma referente ao grupo II, e, portanto, devem seguir os seguintes métodos para reversão desse cenário:

- Eliminação da fonte causadora do solo exposto, que no caso é aplicável apenas para o cercamento que impeça a continuidade da presença de gado;
- Adoção de técnicas de descompactação do solo (caso haja), para que seja possível a infiltração d'água e minimização de escoamento superficial;

- Adoção de métodos de conservação do solo, como recobrimento das áreas com resíduos vegetais;
- Plantio de mudas para recobrimento do solo em menor tempo em conjunto a semeadura direta, devendo fazer uso de espécies nativas de acordo com a fitofisionomia de cada área (Cerrado *Sensu Stricto* e Campo de Altitude).

Grupo 4 - Presença de espécie vegetal invasora ou nativa dominante

A presença de espécies vegetais invasoras ou nativas dominantes é o fator causador de alterações e comprometimento dos serviços ecossistêmicos e do desenvolvimento da vegetação nativa das áreas pertencentes a esse grupo. Esse é o fator de degradação de maior ocorrência no Parque, abrangendo ambientes de Floresta, Candeais, e Cerrado *Sensu Stricto* e de Campo de Altitude. Para esse caso, a proposta de intervenção viável contemplará:

- Redução ou eliminação das espécies invasoras. A metodologia de aplicação e sucesso dessa etapa varia de acordo com a fisiologia e hábito de cada espécie e, portanto, deverá ser abordada de maneira individual.

Para os ambientes de ocorrência de *Pteridium aquilinum*, Ribeiro (2010) faz uma análise dos métodos de controle propostos por diversos autores em diferentes estudos, apontando ações como: corte total, variando na frequência de duas a três vezes ao ano, consorciado com a utilização de herbicida; controle biológico por meio da utilização de fungos patogênicos como a *Ascochyta pteridis* (Bres) Sacc.; e quebra dos ramos sem dar procedimento ao corte para minimização do vigor do crescimento posterior. No entanto, é importante frisar que muitos dos estudos ainda carecem de maiores informações e resultados que comprovem a eficiência a longo prazo. Da mesma forma, Pereira et al. (2018) também analisam diversos métodos aplicados em estudos de diferentes autores, os quais abrangem: controle mecânico para remoção das folhas ou rizomas por meio da raspagem da camada de serapilheira por meio de roçada e posterior aração e gradagem; aplicação de herbicida, sob observação da correta aplicação de acordo com a vulnerabilidade das áreas; retirada de serapilheira no intuito de alteração das condições de temperatura e umidade do solo, o que pode desfavorecer a germinação do banco de esporos; controle combinado entre corte e utilização de herbicida, com

intercalação dos prazos de ação a variar de acordo com o potencial de desenvolvimento da planta.

- Já nos ambientes de degradação por *Urochloa sp.* ou *Melinis minutiflora*, diversos métodos de controle também são citados por Pereira et al. (2018), o qual traz uma análise de diversos estudos, aplicados em diferentes ambientes por diversos autores. Neste projeto, será considerado a viabilidade de aplicação dos mesmos métodos para o ambiente de ocorrência de *Trichantheicum cyanescens*. Aqui serão mencionados os métodos que condizem com a realidade e restrições do Parque, sendo eles: realização de adubação ou fertilização localizada para o favorecimento de aporte de nutriente das espécies nativas, para que haja vantagem competitiva; implantação de cobertura verde com espécies nativas de rápido crescimento e recobrimento do solo, gerando forte competição; transposição de *topsoil* com banco de propágulos de espécies nativas, que atuará como barreira física no desenvolvimento das invasoras; uso de papelão sobre áreas de realização de coroamento das mudas a serem plantadas, para conter a germinação das sementes das espécies invasoras por meio do sombreamento; realização de capina, roçada, gradagem ou raspagem do solo, com possível mecanização de acordo com a acessibilidade da área; aplicação de herbicidas, sob observação da correta aplicação de acordo com a vulnerabilidade das áreas; e a utilização de métodos intercalados, que pode ser mais eficiente, com planejamento de estratégias a varias de acordo com as características de cada área.
- Análise da acidez e fertilidade do solo, com possível correção e adubação, especialmente do no caso de áreas dominadas por *Pteridium aquilinum*, visto que é uma espécie adaptada à acidez (CONSTANIN, 2011).
- Plantio de mudas nativas de acordo com o ambiente de ocorrência, o que favorecerá o desenvolvimento e recobrimento do solo em menor tempo, sendo viável a intercalação com semeadura direta. Esta etapa não deixa de ser também um método de controle cultural ou sucessional, já que envolve a competição e sucessão natural para o controle da população das espécies invasoras.

6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A degradação ambiental envolve diversos problemas e prejuízos na regulação ecossistêmica, gerando danos à biodiversidade e perdas das características físicas,

químicas e biológicas. O diagnóstico da área degradada ou alterada é de suma importância no enquadramento sobre a origem e nível de impacto gerado no ambiente, para que se estabeleçam as propostas de intervenção mais viáveis de acordo com a caracterização do ambiente.

A elaboração do projeto como produto do acordo de ensino e extensão entre a Fundação Abrahan Kasisnki e Universidade Federal de Lavras se torna, portanto, essencial para que o Parque Ecológico Quedas do Rio Bonito continue cumprindo seu ideal de conservação da biodiversidade local, assim como seu papel de integração e recreação do público com a natureza. O mapeamento dos impactos presentes nas áreas, assim como o conhecimento de suas causas de degradação e das medidas mitigadoras por meio dos planos de intervenção são fundamentais para estruturação de um plano base de adequação dos locais onde existem alterações. Além disso, as características ambientais locais apresentadas, assim como a atualização do mapeamento dos limites fitofisionômicos se tornam balizadores para ação e monitoramento de projetos como este.

As áreas degradadas ou alteradas presentes no parque variam de acordo com grau de severidade e conseqüente emergência de intervenção com os planos de adequação. Foi possível elaborar um agrupamento seguindo um padrão de semelhança da degradação, sendo evidenciadas áreas destinadas a deposição de rejeitos, com presença de erosão, com presença ou potencial presença de solo exposto, com presença de espécies vegetal invasora ou nativa dominante, e áreas sem degradação ou com presença de sucessão natural. A partir dessa definição, foi possível estabelecer diferentes métodos de abordagem que contemplassem as peculiaridades de restauração ou recuperação de cada grupo.

É importante salientar que este trabalho visou, como mencionado, a atualização do mapeamento da cobertura vegetal do Parque, assim como a identificação, análise e proposição de métodos de restauração/recuperação para áreas degradadas ou alteradas identificadas. Para um projeto de ação imediata, etapas como análise econômica e elaboração de planos de monitoramento são de grande importância para que todas as ações, custos, serviços e possíveis autorizações sejam previstas, e todos resultados ocorram dentro do prazo estabelecido.

REFERÊNCIAS

ALASKA SATELLITE FACILITY - ASF. **ASF Data Search Vertex** (s.d.). Disponível em: <<https://search.asf.alaska.edu/#/?zoom=3.000¢er=-87.880,0.377>>. Acesso em 19 de junho de 2023

Alvares, C.A., Stape, J.L., Sentelhas, P.C., de Moraes Gonçalves, J.L., Sparovek, G., 2013. **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorol. Zeitschrift 22, 711–728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 13030: Elaboração e apresentação de projeto de reabilitação de áreas degradadas em mineração**. Rio de Janeiro, 1999

Bradshaw AD. **The reconstruction of ecosystems**. Journal of Applied Ecology 20:1-17, 1983.

BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. **Ecosistemas de referência para restauração florestal**. In: BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Restauração florestal. São Paulo: Oficina de Textos, 2015a, p. 71-102.

BRASIL. **Decreto Nº 7.830, de 17 de outubro de 2012**. Dispõe o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2012.

BRASIL. **Normas climatológicas**. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. 1961-1990. Brasília: MARA, 1992. 84p.

BRASIL. **Lei nº 9.985**, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. . Diário Oficial da União Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2000.

BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2012.

BIOFLORA TECNOLOGIA DA RESTAURAÇÃO. **Manual de Restauração Ecológica - Técnicos e Produtores Rurais no Extremo Sul da Bahia**, 2016. Disponível em:<https://www.mpba.mp.br/sites/default/files/biblioteca/meioambiente/downloads/2016/manual_restauracao_ecologica_2016.pdf>. Acesso em 02 de outubro de 23.

CONSTANTIN, J. Métodos de manejo. In: OLIVEIRA JR., R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. (Ed.). **Biologia e manejo de plantas daninhas**. Curitiba: Omnipax, 2011. p. 67-77.

CARROLL, S. P.; LOYE, J. E.; DINGLE, H. et al. And the beak shall inherit – evolution in response to invasion. **Ecology Letters**, v. 8, n. 1, p. 944-951, 2005.

Castillo-Escrivà A, López-Iborra GM, Cortina J, Tormo J. **The use of branch piles to assist in the restoration of degraded semiarid steppes**. *Restoration Ecology* 27:102-108, 2019.

CATFORD, J. A.; VESK, P. A.; RICHARDSON, D. M. et al. **Quantifying levels of biological invasion: towards the objective classification of invaded and invulnerable ecosystems**. *Global Change Biology*, v. 18, n. 1, p. 44-62, 2012

CURI, N.; LIMA, J. M.; ANDRADE, H.; GUALBERTO, V. **Geomorfologia, física, química e mineralogia dos principais solos da região de Lavras (MG)**. *Ciência e Prática*, Lavras, v. 14, n. 2, p. 297-307, 1990.

D'ANTONIO, C. M.; VITOUSEK, P. M. Biological invasions by exotic grasses, the grass/fire cycle, and global change. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, Amsterdam, v. 23, p. 63-87, Nov 1992.

DE ANDRADE, Aluísio Granato et al. **Aspectos gerais sobre o manejo e conservação do solo e da água e as mudanças ambientais**. Prado, RB; Turetta, APD; de Andrade, AG, *Manejo e conservação do solo e da água no contexto das Mudanças Ambientais*. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2010.

Delfini, C.; Zuloaga, F.O. ***Trichantheicum* in Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB129223>>. Acesso em: 15 nov. 2023

DE MORAES, Luiz Fernando Duarte; CAMPELLO, Eduardo Francia Carneiro; FRANCO, Avílio Antonio. **Restauração florestal: do diagnóstico de degradação ao uso de indicadores ecológicos para o monitoramento das ações**. *Oecologia Australis*, v. 14, n. 2, p. 437-451, 2010.

ELGAR AT, FREEBODY K, POHLMAN CL, SHOO LP, CATTERALL CP. **Overcoming barriers to seedling regeneration during forest restoration on tropical pasture land and the potential value of woody weeds**. *Frontiers in Plant Science* 5:200, 2014.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Relatório Técnico: **Avaliação dos impactos causados ao solo pelo rompimento de barragem de rejeito de mineração em Mariana, MG: Apoio ao plano de recuperação agropecuária**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento: Rio de Janeiro, 2015. 20p.

FAO. **Land resource potential and constraints at regional and country scales**. *World Soil Resource Report*, 90. Roma. 122p, 2000.

FERRETTI, A. R. Modelos de plantio para a restauração. In: Galvão, A. P. M.; Medeiros, A. C. S. (org.). **Restauração da Mata Atlântica em áreas de sua primitiva ocorrência natural**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002.

FUNDAÇÃO ABRAHAM KAZINSKI. **Fundação Abraham Kazinski** (s.d.). Disponível em: <<https://www.fundacaoak.org.br/default.asp?qPG=1>>. Acesso em: 05 de junho de 2023.

GHORBANI, J. A.; LE DUC, M. G.; MCASLLISTER, H. A. **Effects of the litter layer of *Pteridium aquilium* on seed banks under experimental restoration.** Applied Vegetation Science, v. 9, n. 1, p. 127-136, May 2006

HARLEY, R. M. Introduction. In: STANNARD, B. (ed.). **Flora of the Pico das Almas, Chapada Diamantina, Bahia, Brazil.** Kew: Royal Botanic Gardens, Kew, 1995, p. 1-78.

HOLL, K. D.; AIDE, T. M. **When and where to actively restore ecosystems?** Forest Ecology and Management, v. 261, n. 10, p. 1558–1563, 2011.

HÜTTL, R.F. & SCHNEIDER, B.U. **Forest ecosystem degradation and rehabilitation.** *Ecological Engineering*, 10: 19-31, 1998.

IBAMA. **Manual de Recuperação de Áreas Degradadas pela Mineração.** Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, 1990. Disponível em: <<https://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/ManualdeRecuperacaodeareasDegradadaSpelaMineracao.pdf>>. Acesso em 28 de setembro de 2023.

INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS – SISEMA. **IDE-Sisema** (s.d.). Disponível em: <<https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>>. Acesso em: 13 de junho de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Mapas – IBGE**, 2021. Disponível em: <<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>> Acesso em: 13 de junho de 2023.

INSTITUTO ESTADUAL DE FLORESTAS - IEF. **Programa de Regularização Ambiental de Minas Gerais – PRA-MG – MANUAL TÉCNICO**, 2021. Disponível em:<http://www.ief.mg.gov.br/images/stories/2021/REGULARIZACAO_IMOVEIS_RURAIIS/Manual_PRA.pdf_Interativo.pdf>. Acesso em 03 de outubro de 2023.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Câmeras Imageadoras CBERS-4A**, 2019. Disponível em: <<http://www.cbears.inpe.br/sobre/cameras/cbers04a.php>>. Acesso em: 22 de maio de 2023.

LAMB, D., GILMOUR, D. **Rehabilitation and restoration of degraded forests.** Gland: IUNC – The World Conservation Union. 122p. 2003.

MARRS, R. H.; WATT, A. S. **Biological flora of the British Isles: *Pteridium aquilium* (L.) Kuhn.** Journal of Ecology, Oxford, v. 94, n. 6, p. 1272-1321, Nov. 2006.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, T. de. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto.** Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

MARTINS, Fabrina Bolzan et al. **Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: cenário atual e projeções futuras.** Revista Brasileira de Climatologia, v. 1, 2018.

OLIVEIRA-FILHO, Ary T.; FLUMINHAN-FILHO, Miguel. **Ecologia da vegetação do parque florestal Quedas do Rio Bonito**. *Cerne*, v. 5, n. 2, p. 51-64, 1999.

PACTO PELA RESTAURAÇÃO DA MATA ATLÂNTICA. **O Pacto**, 2019. Disponível em: <<https://www.pactomataatlantica.org.br/o-pacto>>. Acesso em 28 de setembro de 2023.

PALMER, M. A.; ZEDLER, J. B.; FALK, D. A. Ecological theory and Restoration Ecology. In: PALMER, M. A.; ZEDLER, J. B.; FALK, D. A. (Eds.) **Foundations of Restoration Ecology**. Second ed. Washington DC: Island Press, 2016, p. 3-26.

PEREIRA, I.M. ; SANTOS, J. B. ; MACHADO, E. L. M. ; ZIADE, C. F. **Invasão biológica em áreas de Mata Atlântica: os desafios para conservação, controle e restauração florestal**. 1ª. ed. Diamantina: UFVJM, 2018. v. 1. 196p .

PETENON, D.; PIVELLO, V. R. **Plantas invasoras: representatividade da pesquisa dos países tropicais no contexto mundial**. *Natureza & Conservação*, v. 6, p. 65-77, 2008.

PRIMACK, R. B.; RODRIGUES, E. **Biologia da conservação**. Londrina, PR: Planta, 2001.

RIBBEIRO, SELMA CRISTINA. **Regeneração natural em pastagens ocupadas por *Pteridium aquinum* (L.) Kuhn. nas cabeceiras do Alto do Rio Grande, Bocaina de Minas Gerais, MG – Brasil** / Selma Cristina Ribeiro. – Lavras: UFLA, 2010. 155 p.: il.

Seddon S, Venema S, Miller DJ. **Seagrass rehabilitation in metropolitan Adelaide. II. Preliminary draft donor bed independent methods progress report**. SARDI Aquatic Sciences report to the Department for Environment and Heritage, Adelaide, 2004.

SILVA, Jessica Luane et al. **Diagnóstico ambiental como subsídio à restauração florestal e manutenção hidrológica da bacia do ribeirão dos Pinheirinhos, Brotas–SP**. *Irriga*, v. 21, n. 1, p. 1-1, 2016.

SILVA, U. S. R.; SILVA-MATOS, D. M. **The invasion of *Pteridium aquilium* and the impoverishment of the seed bank in fire prone areas of Brazilian Atlantic Forest** *Biodiversity and Conservation*, London, v. 15, n. 9, p. 3035-3043, Aug. 2006.

SIMBERLOFF, D.; MARTIN, J. L.; GENOVESI, P. et al. **Impacts of biological invasions: what's what and the way forward**. *Trends in Ecology e Evolution*, v. 28, n. 1, p. 58-66, 2013.

SISTEMA NACIONAL DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA – SNUC. **Lei nº 9.985**, de 18 de julho de 2000; decreto no 4.340, de 22 de agosto de 2002. Regulamenta artigos da Lei Nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências. 2 ed. Brasília: MMA/SBF, 2002. 52p.

SOUZA, V. C. D.; ANDRADE, L. A. D.; QUIRINO, Z. G. M. **Floral biology of *Sesbaniavirgata*: an invasive species in the Agreste of Paraíba, northeastern Brazil**. *Rodriguésia*, v. 67, n. 4, p. 871-878, 2016.

THE NATURE CONSERVANCY BRASIL. 2017. **Economia da Restauração Florestal**. Sao Paulo (SP): The Nature Conservancy, 2017.

TORKANIA, C. H.; DÖBEREINER, J.; PEIXOTO, P. V. Plantas de ação radiométrica. In: TORKANIA, C. H.; DÖBEREINER, J.; PEIXOTO, P. V. **Plantas tóxicas do Brasil**, Rio de Janeiro: Helianthus, 2000. p. 178-187.

UNITED NATIONS. New UN **Decade on Ecosystem Restoration offers unparalleled opportunity for job creation, food security and addressing climate change**. Disponível em <<https://www.unenvironment.org/news-and-stories/press-release/new-un-decade-ecosystem-restoration-offers-unparalleled-opportunity>> Acesso em: 30 de setembro de 2023

VALÉRY, L.; FRITZ, H.; LEFEUVRE, J.-C. et al. **In search of a real definition of the biological invasion phenomenon itself**. **Biological Invasions**, v. 10, n. 8, p. 1345-1351, 2008.

VELOSO, H. P., RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991