



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE BIODIVERSIDADE, EVOLUÇÃO E MEIO AMBIENTE
LABORATÓRIO DE ESTUDOS DA FLORA



Weiber Faria Dayrell

A classificação em estágios sucessionais e suas implicações para a compensação ambiental em ecossistemas sobre Canga na Mata Atlântica do Quadrilátero Aquífero-Ferrífero

Ouro Preto
2026

Weiber Faria Dayrell

A classificação em estágios sucessionais e suas implicações para a compensação ambiental em ecossistemas sobre Canga na Mata Atlântica do Quadrilátero Aquífero-Ferrífero

Monografia apresentada ao Departamento de Biodiversidade, Evolução e Meio Ambiente do Instituto de Ciências Exatas e Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientadora: Dra. Lívia Echternacht
Coorientadora: Amanda Alves Santos

Ouro Preto
2026

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

D275c Dayrell, Weiber Faria.

A classificação em estágios sucessionais e suas implicações para a compensação ambiental em ecossistemas sobre Canga na Mata Atlântica do Quadrilátero Aquífero-Ferrífero. [manuscrito] / Weiber Faria Dayrell. - 2026.

60 f.: il.: , gráf., tab., mapa.

Orientadora: Profa. Dra. Livia Echternacht.

Coorientadora: Amanda Alves Santos.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Graduação em Ciências Biológicas .

1. Ecossistemas. 2. Vegetação e clima. 3. Licenças ambientais. 4. Mata Atlântica - Legislação. 5. Meio ambiente - Compensação (Direito). I. Echternacht, Livia. II. Santos, Amanda Alves. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 502

Bibliotecário(a) Responsável: Renata Mara de Almeida - CRB-6: 2507



FOLHA DE APROVAÇÃO

Weiber Faria Dayrell

A classificação em estágios sucessionais e suas implicações para a compensação ambiental em ecossistemas sobre Canga na Mata Atlântica do Quadrilátero Aquífero-Ferífero

Monografia apresentada ao Curso de Bacharelado em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas

Aprovada em 29 de julho de 2026

Membros da banca

Dra. Livia Echternacht Andrade – Presidente da banca - Universidade Federal de Ouro Preto
Dr. Daniel Negreiros Alves Pereira - Universidade Federal de Ouro Preto
Dr. Flávio Fonseca do Carmo - Instituto Prístino

Livia Echternacht Andrade, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 01/08/2026



Documento assinado eletronicamente por **Livia Echternacht Andrade, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 01/08/2026, às 05:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1145630** e o código CRC **3AB8026C**.

Ao meu avô, Cândido Mário dos Reis, com saudades e carinho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente à minha família, especialmente aos meus pais, Solange e Jarbas, pelo afeto e por sempre terem me apoiado. Aos meus irmãozinhos, Hana e Ian, pelo carinho.

Agradeço à professora Lívia, não apenas pela orientação, dedicação e disponibilidade ao longo deste trabalho, mas também pelas experiências inspiradoras de campo e pela sua forma sempre gentil de ensinar. Obrigado por me apresentar o universo da botânica e por despertar em mim a admiração pelo Campo Rupestre.

Agradeço à Amanda pela coorientação, por sempre me tranquilizar e pelo apoio durante o desenvolvimento deste projeto, mas sobretudo, pela amizade.

Agradeço também à professora Maria Rita pelos ensinamentos compartilhados e pelo incentivo ao longo da graduação.

À minha família de Ouro Preto, que sempre me fez sentir em casa, Isabela, Nayara, Alice, Cecília, Rafael, Ben-Hur, Kamile, Igor, Rennan, Bernardo, Tai, Izabela, Anacã, Kamaycon, Ana Paula e Sabrina, agradeço pela amizade, apoio nos momentos mais difíceis, risadas e por todos os momentos que passamos juntos.

Ao Mateus, pelo amor e por sempre me incentivar. Nem consigo imaginar esses anos todos aqui sem sua companhia. Obrigado por tudo!

Agradeço a Universidade Federal de Ouro Preto pelo ensino público de qualidade e por me permitir realizar o sonho de estudar Biologia e conhecer mais sobre a vida que nos cerca. Nesse sentido, gostaria de agradecer também ao Campo Rupestre, por ser um exemplo de resistência e adaptação. Mesmo quando tudo parece desfavorável, ele floresce.

À PROPPI, pela bolsa de iniciação científica, que possibilitou o desenvolvimento desta pesquisa.

*“As montanhas se elevam até atravessar as nuvens
porque querem se afastar de nós.
Se as perturbamos, nos destruirão”.*
(Mónica Ojeda)

RESUMO

Os Campos Rupestres Ferruginosos, também conhecidos como Cangas, são ecossistemas associados a substratos ferruginosos, caracterizados por elevada riqueza de espécies e alto grau de endemismo. No Quadrilátero Aquífero-Ferífero, estão abrangidos pela Lei da Mata Atlântica (nº 11.428/2006), que estabelece regras baseadas na sucessão ecológica para subsidiar decisões relativas ao licenciamento ambiental e à definição de medidas compensatórias. No entanto, os processos sucessionais dos Campos Rupestres ainda são pouco compreendidos. Em Minas Gerais, a classificação dos estágios sucessionais é realizada com base na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 423/2010, concebida para os Campos de Altitude, mas legalmente aplicada às tipologias campestres abrangidas pela Lei da Mata Atlântica. Este trabalho teve como objetivo analisar como as Cangas vêm sendo classificadas em processos de licenciamento ambiental e como essa classificação influencia a compensação ambiental. Para isso, foram analisados estudos de avaliação de impacto ambiental de 35 processos de licenciamento, referentes ao período de 2019 a 2025. As informações coletadas foram sistematizadas por meio de uma lista de verificação. A fitossociologia foi o método mais empregado na coleta de dados primários de flora (24 processos), seguida pelo caminharmento (22) e pelo censo (3), com diferentes combinações entre os métodos. Entretanto, o esforço amostral fitossociológico diminuiu proporcionalmente com o aumento da área diretamente afetada. Não foi encontrada associação significativa entre a classe poluidora dos empreendimentos e o número de métodos empregados nos levantamentos florísticos. Quanto à identificação taxonômica, a coleta e a herborização foram realizadas em 40% dos estudos, dos quais apenas 14% depositaram material em herbário, e nenhum vinculou vouchers à lista de espécies. A Resolução CONAMA nº 423/2010 foi utilizada em 77% dos estudos, sendo o histórico de uso da área o parâmetro mais frequentemente considerado (20 processos), seguido pela cobertura vegetal viva (19), presença de espécies exóticas e ruderais (18) e espécies raras e endêmicas (15). Dentre as espécies apontadas como indicadoras dos estágios sucessionais das Cangas, apenas 6,4% estão presentes na referida resolução. Foram registradas 52 áreas distintas de Canga, das quais 7 foram classificadas em estágio inicial de sucessão, 20 em estágio médio, 14 em estágio avançado, 6 como “misto” e 5 não foram classificadas. De modo geral, os estudos não apresentaram uma relação clara entre a obtenção dos dados em campo e sua utilização na aplicação dos critérios de classificação dos estágios sucessionais, realizada predominantemente de forma qualitativa e subjetiva. Os resultados evidenciam limitações na aplicação dos estágios de sucessão ecológica como principal parâmetro para a classificação da Canga, especialmente diante das particularidades ecológicas desses ecossistemas e de sua baixa similaridade com os Campos de Altitude, para os quais a Resolução CONAMA nº 423/2010 foi originalmente elaborada. Nesse contexto, destaca-se a necessidade de regulamentação específica, com critérios padronizados e ecologicamente adequados, que subsidiem tanto a caracterização da Canga quanto a definição de áreas de compensação efetivamente equivalentes e priorizem alternativas que evitem ou reduzam sua supressão.

Palavras-chave: Canga, Compensação ambiental, CONAMA nº423/2010, Lei da Mata Atlântica, Licenciamento ambiental.

ABSTRACT

Ironstone Outcrops (*Campos Rupestres Ferruginosos*), also known as *Cangas*, are ecosystems associated with iron-rich substrates and characterized by high species richness and a high degree of endemism. In the Iron-Aquifer Quadrangle, these ecosystems are protected under the Atlantic Forest Law (Law No. 11,428/2006), which establishes rules based on ecological succession to support decision-making regarding environmental licensing and the definition of compensatory measures. However, successional processes in *Campos Rupestres* remain poorly understood. In Minas Gerais, successional stages are classified according to Resolution No. 423/2010 of the National Environment Council (CONAMA), which was originally developed for *Campos de Altitude* but is legally applied to grassland vegetation types covered by the Atlantic Forest Law. This study aimed to analyze how *Cangas* have been classified in environmental licensing processes and how this classification influences environmental compensation. To this end, environmental impact assessment studies from 35 licensing processes conducted between 2019 and 2025 were analyzed. The collected information was systematically organized using a checklist. Phytosociological sampling was the most frequently employed method for collecting primary floristic data (24 processes), followed by walk-through surveys (22) and censuses (3), with different combinations of these methods. However, phytosociological sampling effort decreased proportionally as the directly affected area increased. No significant association was found between the pollution-potential class of the projects and the number of methods employed in floristic surveys. Regarding taxonomic identification, specimen collection and herborization were performed in 40% of the studies, of which only 14% deposited specimens in herbaria, and none linked voucher specimens to their species lists. CONAMA Resolution No. 423/2010 was applied in 77% of the studies. Land-use history was the most frequently considered parameter (20 processes), followed by live vegetation cover (19), the presence of exotic and ruderal species (18), and rare and endemic species (15). Of the species identified as indicators of *Canga* successional stages, only 6.4% are included in the Resolution. A total of 52 distinct *Canga* areas were recorded, of which 7 were classified as being in an early successional stage, 20 in an intermediate stage, 14 in an advanced stage, 6 as “mixed,” and 5 were not classified. Overall, the studies did not establish a clear relationship between field data collection and the use of these data in applying criteria for successional-stage classification, which was predominantly qualitative and subjective. The results reveal limitations in using ecological succession stages as the primary criterion for classifying *Canga*, particularly given the ecological specificities of these ecosystems and their low similarity to *Campos de Altitude*, for which CONAMA Resolution No. 423/2010 was originally developed. In this context, specific regulations are needed, with standardized and ecologically appropriate criteria that can support both the characterization of *Canga* and the designation of ecologically equivalent compensation areas, while prioritizing alternatives that avoid or minimize the clearing of these ecosystems.

Keywords: Atlantic Forest Law; Canga; Environmental offsets; Environmental licensing.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
3. RESULTADOS	25
4. DISCUSSÃO	47
5. CONCLUSÃO.....	51
6. REFERÊNCIAS	53

1. INTRODUÇÃO

A Mata Atlântica é reconhecida como um *hotspot* para a conservação da biodiversidade global por abrigar alto grau de endemismo e elevada riqueza de espécies, ao mesmo tempo que sofreu e tem sofrido com intensa exploração de seus recursos, resultando em extensos processos de fragmentação (Myers *et al.*, 2000; Ribeiro *et al.*, 2009). Este bioma é composto por várias fitofisionomias, incluindo formações florestais e campestres (Velloso & Góes-Filho, 1982; IBGE, 2012). Tradicionalmente, o foco de pesquisas e políticas públicas em conservação são direcionados às formações florestais, ao passo que formações não florestais, que também constituem a elevada riqueza do bioma, são negligenciadas (Overbeck *et al.*, 2015).

Entre as formações campestres, destaca-se o Campo Rupestre, definido como um mosaico de vegetação herbácea-arbustiva associada a afloramentos rochosos sobre topos de montanha (Schaefer *et al.*, 2016; Silveira *et al.*, 2016). O Campo Rupestre apresenta distribuição descontínua, ocorrendo em diferentes sistemas montanhosos tropicais, onde está sujeito a diversas condições ambientais estressoras, como oscilação de temperatura, exposição à ação do vento, restrição hídrica e solos rasos e oligotróficos (Jacobi *et al.*, 2007; Negreiros *et al.*, 2014). Essas características ambientais, associadas ao isolamento geográfico entre as populações, contribuem para a elevada riqueza de espécies e o alto grau de endemismo da flora do Campo Rupestre (Vasconcelos *et al.*, 2020).

O Campo Rupestre é classificado de acordo com o tipo de substrato ao qual está associado, sendo mais comuns as formações quartzíticas e ferruginosas. Os Campos Rupestres Ferruginosos, também denominados Canga, tem como substrato litológico original as formações ferríferas bandadas, como itabiritos ou jaspilitos (Lamounier *et al.*, 2010; Souza & Carmo, 2015). A Canga ocorre geralmente entre 900 m e 1850 m de altitude, abrigando um alto grau de endemismo de plantas, apesar de ocuparem uma área total menor quando comparadas a outros tipos de Campo Rupestre (Carmo *et al.* 2024).

Ao sul da cadeia do Espinhaço, no estado de Minas Gerais, está localizado o Quadrilátero Aquífero-Ferrífero (QAF), região classificada como uma das maiores reservas de minério de ferro do mundo e que concentra grande parte dos ecossistemas sobre Canga do Brasil (Messias & Carmo, 2015; Fernandes-Filho *et al.*, 2022). A história do QAF nos últimos séculos está diretamente associada à atividade mineradora, inicialmente do ouro e mais recentemente do ferro, entre outros minerais (Roeser & Roeser, 2013). Atualmente, a exploração desse território é muito relevante para a economia brasileira (Sonter *et al.*, 2014; Macedo *et al.*, 2021). Além de seu potencial econômico de exploração de ferro, a denominação QAF considera

também a dimensão hídrica desse território, que constitui importante papel na recarga de aquíferos (Lobo & Cioni, 2024).

O Campo Rupestre apresenta distribuição azonal, ocorrendo nos domínios da Caatinga, do Cerrado, da Amazônia e da Mata Atlântica (Alves *et al.*, 2014; Neves *et al.*, 2018). Azevedo *et al.* (2024) propuseram o conceito de litobiomas para diversas formações rochosas no Brasil, incluindo o Campo Rupestre, sugerindo que o componente litológico exerce maior influência na determinação dos padrões biológicos do que as variáveis climáticas para componentes biológicos. As Cangas do QAF estão localizadas em zona ecotonal entre o Cerrado e a Mata Atlântica, o que se reflete em uma expressiva contribuição de elementos florísticos da Mata Atlântica em sua composição vegetal (Echternacht *et al.*, 2011; Azevedo *et al.*, 2024). As porções de Campo Rupestre dentro dos limites definidos para o bioma Mata Atlântica estão protegidas pela Lei Federal nº11.428/2006, regulamentada pelo decreto nº6.660/2008 que ficou conhecida como Lei da Mata Atlântica (LMA) (Brasil, 2006, 2008).

A LMA determina que a supressão de vegetação primária é autorizada em situações de caráter excepcional de uso público e mediante a apresentação de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e Relatório de Impacto Ambiental (RIMA). De forma análoga, para a supressão de vegetação secundária em estágios avançados e intermediários de sucessão, também é requerido a apresentação de EIA/RIMA, embora os critérios para a concessão sejam mais flexíveis. Enquanto vegetações secundárias em estágio inicial de sucessão podem ser suprimidas sem um plano de compensação, o artigo 32 da LMA estabelece que a supressão nos estágios intermediário e avançado, para o fim de atividades minerárias, será admitida mediante a demonstração de inexistência de alternativa locacional e a adoção de medida compensatória equivalente à área do empreendimento, com as mesmas características ecológicas, compensação essa independente das demais previstas em outras legislações (Brasil, 2006).

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº1/1986 dispõe sobre os critérios básicos para a Avaliação do Impacto Ambiental (AIA) e estabelece diretrizes gerais para a composição dos EIAs, que inclui diagnóstico dos meios ambiental, físico e socioeconômico, análise de impacto, descrição de medidas mitigadoras e a elaboração de um plano de acompanhamento de impactos. Os estudos ambientais são submetidos à avaliação dos órgãos ambientais competentes, responsáveis pela verificação de sua conformidade com a legislação vigente e determinam a viabilidade ambiental do empreendimento (Brasil, 1986).

O licenciamento ambiental é um processo que autoriza a localização, instalação, ampliação e operação de empreendimentos potencialmente poluidores (Sánchez, 2013). As

licenças são emitidas em três etapas: licença prévia, licença de instalação e licença de operação (Brasil, 1997). Essas licenças podem ser expedidas isoladas ou sucessivamente de acordo com a modalidade do licenciamento ambiental (Minas Gerais, 2017): no Licenciamento Ambiental Trifásico (LAT) as três licenças são expedidas sucessivamente; no Licenciamento Ambiental Concomitante (LAC) possibilita a análise conjunta de diferentes etapas, permitindo a emissão simultânea de mais licenças; por fim, o Licenciamento Ambiental Simplificado (LAS) é realizado em uma etapa única. A prerrogativa da definição das modalidades do licenciamento ambiental é a interação entre o porte e potencial poluidor do empreendimento, resultando no enquadramento em uma ordem crescente de classes, que variam de entre 1 e 6, posteriormente interseccionadas com o critério locacional (Minas Gerais, 2017; Rabelo & Salgado, 2022).

Nesse contexto, fica evidente a importância da tipificação legal da vegetação em estágios sucessionais, que pode ser entendida como a sequência de alterações ao longo do tempo na composição, estrutura e papéis funcionais de uma comunidade vegetal (Drury & Nisbet, 1973; Conceição & Pirani, 2016). No entanto, a regeneração do Campo Rupestre tende a ser lenta, ineficaz ou mesmo inexistente (Arruda *et al.*, 2023; Fernandes *et al.*, 2026), sobretudo em ambientes onde ocorreram distúrbios severos como o revolvimento do solo (Onésimo *et al.*, 2021). Le Stradic *et al.* (2018) demonstrou que tais comunidades vegetais possuem irrisória capacidade de formação de bancos de sementes e dispersão, além da baixa viabilidade dessas sementes (Buisson *et al.*, 2019).

Ainda assim, o Campo Rupestre possui notável resistência a estresses naturais, como secas prolongadas e incêndios sazonais. Tal característica é derivada principalmente da capacidade de rebrotamento vegetativo (Buisson *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2026). Em ambientes antigos com solos oligotróficos é esperado que as plantas apresentem adaptações morfológicas e fisiológicas com mecanismos de armazenamento de nutrientes, características típicas de ecossistemas em sucessão retrogressiva (Walker & Reddell, 2007). Consequentemente, o Campo Rupestre apresenta baixa resiliência, e após distúrbios que envolvem revolvimento do solo, como a mineração, não ocorre uma regressão para um estágio sucessional anterior, mas acelera o colapso desses ambientes (Miola *et al.*, 2019).

O dispositivo legal que estabelece critérios para classificação dos estágios sucessionais das formações florestais é a Resolução CONAMA nº392/2007, que prevê parâmetros básicos e listas de espécies referentes a cada estágio para a tipificação legal de cada vegetação (Brasil, 2007). Quanto às formações campestres, apenas os Campos de Altitude possuem dispositivo semelhante, trata-se da Resolução CONAMA nº423/2010 que dispõe de critérios adaptados

para vegetações abertas, como histórico de uso, cobertura vegetal viva, diversidade e dominância de espécies, fitofisionomias características e listas de espécies indicadoras (Brasil, 2010). Em Minas Gerais, fica estabelecido pela Deliberação Normativa do Conselho Estadual de Política Ambiental (COPAM) nº201/2014 que a Resolução CONAMA nº423/2010 deverá ser adotada na classificação de todas as formações savânicas abrangidas pela LMA (Minas Gerais, 2014).

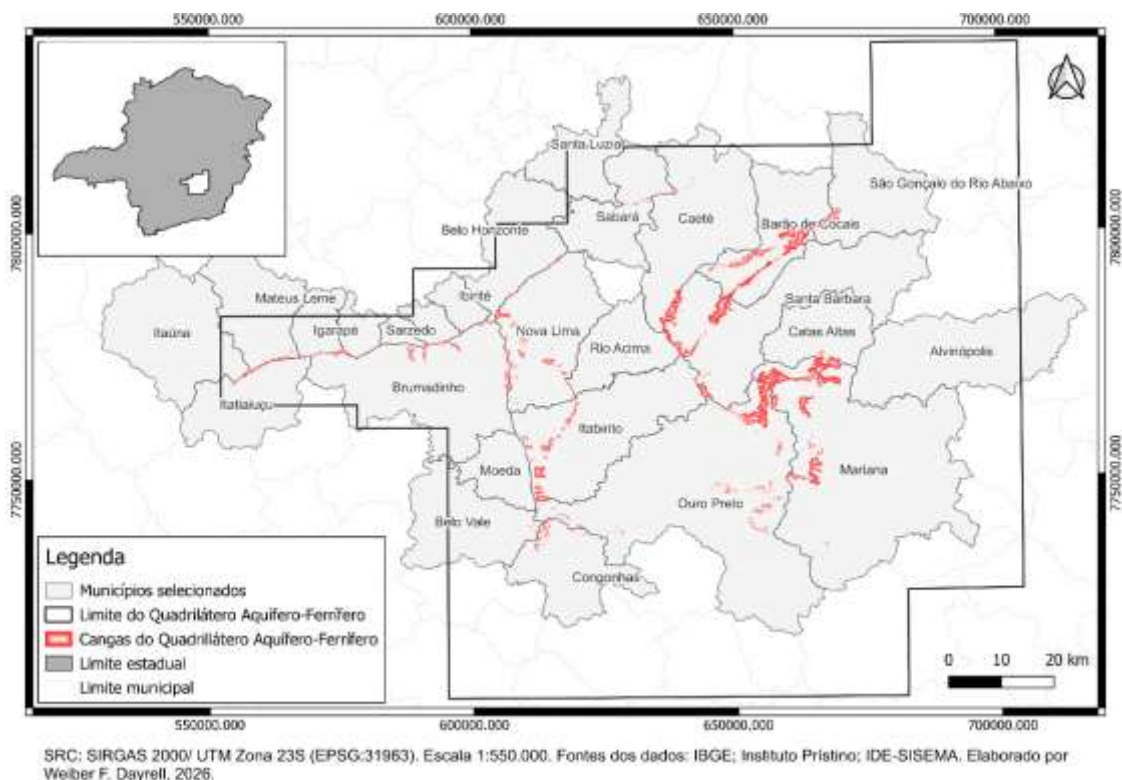
A legislação ambiental brasileira se equipara tecnicamente a jurisdições internacionais. Contudo, a implementação é deficitária gerando problemas para a conservação dos ambientes naturais (Serrano & Fonseca, 2024). No que tange à Canga, a aplicação inapropriada da lei resulta na perda de biodiversidade, principalmente considerando os efeitos classificação equivocada em estágios sucessionais, uma vez que, não existe uma lista de espécies indicadoras desses estágios específica para o Campo Rupestre (Miola *et al.*, 2019; Alvarenga *et al.*, 2022). Além desses problemas, há ainda limitações técnicas na elaboração dos EIAs, como a falta de rigor taxonômico, metodologias de coleta insuficientes e dados sem rastreabilidade (Pereira, 2026; Echternach *et al.*, 2026). Tendo em vista que a definição dos estágios sucessionais é fundamental para a aplicação da LMA, o presente trabalho teve como objetivo analisar como os processos de licenciamento ambiental classificam os ecossistemas sobre Canga do Quadrilátero Aquífero-Ferrífero, em áreas abrangidas pela LMA, e como isso se reflete na compensação ambiental.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Seleção, filtragem e obtenção de dados

A área de estudo foi delimitada no QAF, localizado em uma zona de transição entre os domínios do Cerrado e da Mata Atlântica (IBGE, 2024). Apesar disso, o QAF está integralmente inserido na área de aplicação da LMA. Para a seleção dos processos de licenciamento, foram considerados os municípios pertencentes ao QAF com ocorrência de Canga. Tal filtragem foi realizada através de análise espacial utilizando o programa QGIS (3.40.10), sobrepondo os limites municipais, extraídos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2025), com as áreas de cangas e a abrangência legal da LMA, ambos obtidos no Atlas digital geoambiental do Instituto Prístino (2004, 2012). A aplicação desses critérios resultou na seleção de 25 municípios. Também foi incluído o município de Alvinópolis, devido à relevância de um dos estudos analisados, embora ele não atendesse ao critério de ocorrência de Canga na base cartográfica utilizada. A distribuição dos municípios analisados é apresentada na Figura 1.

Figura 1. Municípios selecionados para análise dos processos de licenciamento ambiental do QAF, Minas Gerais.



Após a delimitação da área de interesse, os processos de licenciamento ambiental de 2019 a 2026 foram extraídos da plataforma Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema

Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema) (FEAM, 2026), totalizando 640 processos. Foi então realizada a segunda filtragem, por meio da sobreposição dos pontos georreferenciados dos processos às camadas previamente estabelecidas (Fig. 1). Em seguida, os dados obtidos foram tabulados e submetidos a outros filtros, descritos a seguir e denominados doravante filtros temáticos.

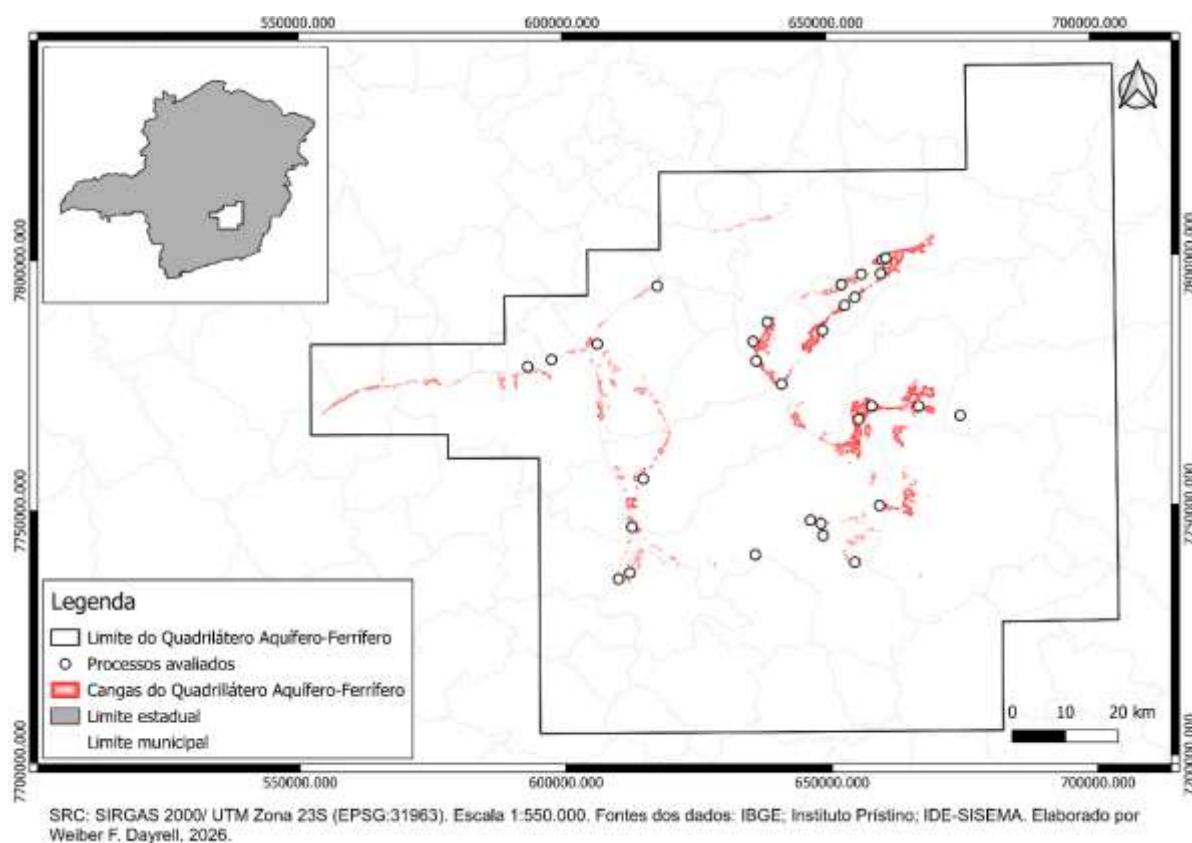
Quanto às modalidades de licenciamento, foram selecionadas LAC1, LAC2 e LAT, por configurarem em geral os empreendimentos de maior potencial poluidor e presumivelmente com estudos ambientais mais completos. Nas descrições de atividades, filtrou-se as categorias “Atividades Minerárias” e “Outras atividades”. Dentre as “Atividades Minerárias”, foram incluídos empreendimentos relacionados à (i) lavra de minério de ferro, (ii) disposição de pilhas de estéril e rejeitos, (iii) unidades de tratamento de minério úmido e seco e (iv) reaproveitamento de materiais. Já na categoria “Outras Atividades”, foram considerados empreendimentos que (v) envolvem supressão de vegetação nativa no bioma Mata Atlântica em estágios médio e/ou avançado de regeneração, sujeitos à elaboração de EIA/RIMA. O resultado destes filtros combinados totalizou 13 processos de licenciamento, todos de Lavra a céu aberto - Minério de Ferro.

Com o objetivo de ampliar o número de processos, foi utilizado o portal EcoSistemas - Sistema de Licenciamento Ambiental (SLA) (Minas Gerais, 2026), a fim de buscar processos de licenciamento que não estavam incorporados ao IDE-Sisema. O SLA abarca processos desde 2019; selecionou-se todos os processos de “Lavra a céu aberto - Minério de ferro” dos municípios previamente delimitados, das modalidades LAC1, LAC2 e LAT que possuíam EIA/RIMA. A partir desta filtragem, 85 processos foram localizados; a verificação manual destes, quanto à ocorrência de Canga, resultou em 22 processos adicionais, totalizando 35 processos analisados (Quadro 1). A modalidade LAC1 foi a mais representativa da amostra, correspondendo a 68,6% dos processos analisados, seguida por LAT, com 17,1% e LAC2, que representou 14,3% da amostra.

Cabe ressaltar que alguns dos processos analisados correspondem ao mesmo projeto em fases diferentes do licenciamento ambiental. Entre eles, os três processos referentes a Mina Dois Irmãos (2621/2022, 3269/2022, 2296/2023) submetidos em fases distintas, e os processos referentes a Mina Patrimônio que possuem o mesmo número no SLA (4682/2021.1, 4682/2021.2), contudo correspondem a diferentes versões. Os processos de licenciamento 2581/2020 e 1372/2021 apresentam classificação pouco específica de áreas de Canga. Ainda assim, esses dois processos foram mantidos nas análises porque descrevem a presença de

afloramentos ferruginosos na Área Diretamente Afetada (ADA) e preveem a supressão de vegetação típica de Canga em suas matrizes de impacto. A Figura 2 representa a localização dos empreendimentos que tiveram seus processos analisados.

Figura 2. Localização dos empreendimentos dos processos de licenciamento ambiental analisados.



Quadro 1. Processos de licenciamento ambiental analisados. Legenda: Modalidades de licenciamento: LAC = Licenciamento Ambiental Concomitante em uma fase; LAT = Licenciamento Ambiental Trifásico. Na coluna “Descrição da atividade”, os números correspondem às seguintes atividades licenciadas: (1) Lavra a céu aberto – minério de ferro; (2) Unidade de Tratamento de Minerais, com tratamento a seco; (3) Unidade de Tratamento de Minerais, com tratamento a úmido; (4) Pilhas de rejeito/estéril – minério de ferro; (5) Linhas de transmissão de energia elétrica; (6) Usinas de produção de concreto comum; (7) Estação de tratamento de esgoto sanitário; (8) Estrada para transporte de minério/estéril externa aos limites de empreendimentos minerários; (9) Disposição de estéril ou rejeito da mineração (Classes II-A e II-B, conforme NBR 10004) em cava de mina, em caráter temporário ou definitivo, sem necessidade de barramento para contenção; (10) Atividades ou empreendimentos não listados ou não enquadrados em outros códigos, com supressão de vegetação nativa do bioma Mata Atlântica em estágios médio e/ou avançado de regeneração, sujeitos a EIA/RIMA; (11) Postos revendedores e instalações de abastecimento de combustíveis; (12) Barragem de acumulação de água para abastecimento público, industrial, mineração ou perenização; (13) Terminal de minério; (14) Reaproveitamento de bens minerais metálicos dispostos em pilhas de estéril ou rejeito; (15) Reaproveitamento de bens minerais dispostos em barragem; (16) Lavra a céu aberto - Minerais metálicos, exceto minério de ferro. Zonas de amortecimento de unidades de conservação: APA = Área de Proteção Ambiental; APE = Área de Proteção Especial; ESEC = Estação Ecológica; FE = Floresta Estadual; PARNA = Parque Nacional; PE = Parque Estadual; REBIO = Reserva Biológica.

Processo SLA	Empresa responsável	Ano de publicação	Município	Modalidade	Classe predominante	Descrição da atividade	Zonas de amortecimento
218/2020	Taquaril Mineração S.A.	2019	Nova Lima	LAC2	6	1, 2, 3, 4, 5	PE Serra do Rola Moça
2581/2020	Gerdau Açominas S.A.	2020	Ouro Preto	LAC1	6	1, 2, 6	—
4159/2020	Vale S.A.	2020	Nova Lima	LAC1	4	1, 4, 7	—
1063/2021	Onix Mineração LTDA	2020	Alvinópolis	LAC2	2	1, 2, 16	APA Municipal Carvão de Pedra
5896/2021	CSN Mineração S.A.	2021	Congonhas	LAC1	3	1	—
4977/2021	Vale S.A.	2021	Caeté	LAT	4	1, 2, 4	PARNA Gandarela; APA Juca Vieira
4682/2021 - 1	LC Participações e Consultoria LTDA	2021	Ouro Preto	LAC2	3	1, 2, 11, 16	ESEC Tripuí

1372/2021	Bassari Mineração LTDA	2022	Barão de Cocais	LAC1	2	1, 2, 8	–
199/2023	Mineração Gandruvale LTDA	2022	Ouro Preto	LAC1	2	1, 4, 8	PE da Serra do Ouro Branco
2621/2022	Mineração Serra Azul LTDA	2022	Barão de Cocais	LAC1	3	1, 2, 4, 5, 8	APA Serra da Cambota,
2922/2022	GSM Mineração LTDA	2022	Barão de Cocais	LAC1	3	1	–
1440/2023	JMN Mineração S.A.	2022	Barão de Cocais	LAC2	3	1, 2, 4	–
2877/2022	Vale S.A.	2022	Mariana	LAT	4	1	–
3269/2022	Vale S.A.	2022	Barão de Cocais	LAT	3	1, 4, 8, 9	APA Serra da Cambota
4164/2022	Agrocity Mineração Ltda.	2022	Rio Acima	LAC1	2	1, 8	PARNA Gandarela
15467/2026	SPE MSA Trindade Mineração LTDA	2023	Barão de Cocais	LAC1	3	1, 2	–

4367/2022	Vale S.A.	2023	Nova Lima	LAC1	2	10	PE da Serra do Rola Moça; APE Estadual Córrego dos Fechos; APE Estadual Córrego do Mutuca
7653/2026	Mineração Polaris LTDA	2023	Belo Vale	LAC1	3	1, 8	—
1509/2023	ITAMINAS Comércio de Minérios S.A.	2023	Sarzedo	LAT	6	1, 2, 3, 4, 11, 12, 13, 14, 15	—
3189/2022	Vale S.A.	2023	Ouro Preto	LAT	2	1	PARNA Gandarela; FE Uaimii
2296/2023	Mineração Serra Azul LTDA	2023	Barão de Cocais	LAC1	3	1, 2, 4	APA Serra da Cambota
1192/2024	GSM Mineração LTDA	2024	Barão de Cocais	LAC1	4	1, 2	—
1367/2024	CSN Mineração S.A.	2024	Congonhas	LAC1	3	1, 4	—
1955/2023	SPE MSA Trindade Mineração LTDA	2024	Barão de Cocais	LAC1	2	1, 2	—
2256/2024	BHP Billiton Brasil LTDA	2024	Ouro Preto	LAC1	3	10	APA Municipal Cachoeira das Andorinhas; ESEC Tripuí

3277/2022	Mineração - Ferro Puro LTDA	2024	Santa Bárbara	LAC1	4	1	PARNA Gandarela
3871/2021	Vale S.A.	2024	Mariana	LAC1	2	1, 2, 10	PARNA Gandarela
455/2025	Mineração Três Cruzes LTDA	2024	Ouro Preto	LAC1	3	1	Estação Ecológica do Tripuí
4682/2021 - 2	Patrimônio Mineração LTDA	2024	Ouro Preto	LAC1	5	1, 2, 4, 11, 16	Estação Ecológica do Tripuí
5253/2020	MSM - Mineração Serra da Moeda LTDA	2024	Itabirito	LAC1	4	1, 2, 3, 4, 14, 16	PE Serra da Moeda; REBIO - Campos Rupestres de Moeda Sul
20842/2025	MINAR - Mineração Arêdes LTDA	2024	Itabirito	LAC2	2	1, 2	ESEC Arêdes
294/2025	Walls Engenharia e Mineração LTDA	2024	Mariana	LAT	2	1, 2	APA Municipal Cachoeira das Andorinhas
19576/2025	Hermes Mineração LTDA	2025	Caeté	LAC1	3	1, 2, 4	PARNA Gandarela
2568/2025	Rio Manso Mineração LTDA	2025	Ouro Preto	LAC1	3	1	PE do Itacolomi
13597/2026	MR Mineração LTDA	2026	Barão de Cocais	LAC1	4	1, 2, 4, 9, 11	PARNA Gandarela

Lista de verificação dos processos de licenciamento

Para sistematizar e padronizar a análise dos processos de licenciamento ambiental (Estudos de Impacto Ambiental, Planos de Controle Ambiental e Estudos de Critério Locacional) foi elaborada uma lista de verificação. A lista foi organizada em blocos temáticos: identificação do projeto; caracterização e classificação da Canga; detalhamento da classificação de sucessão ecológica; descrição das metodologias empregadas na coleta de dados primários; descrição e referências para a identificação e classificação da flora; detalhamento das listas de espécies; cobertura do solo; compensação (Quadro 2). A estruturação da lista de verificação baseou-se na metodologia proposta por Pereira (2026) que avaliou a qualidade técnica dos Estudos de Impacto Ambiental, com as adaptações relevantes para responder às perguntas do presente trabalho.

Quadro 2. Lista de verificação utilizada para sistematização das informações extraídas dos processos de licenciamento ambiental.

Bloco temático	Pergunta orientadora
Identificação do projeto	Qual foi a empresa responsável pelo empreendimento?
	Qual foi a empresa responsável pela consultoria ambiental?
	Qual o município do empreendimento?
	O projeto está em zona de amortecimento? Qual(is)?
Descrição da Canga	Como a Canga é classificada?
	Qual é a Área Diretamente Afetada total?
	Qual é a Área Diretamente Afetada de Canga?
Coleta de dados primários	Quais os métodos empregados para o inventário florístico?
Identificação taxonômica	Houve coleta e herborização?
	A identificação foi realizada em campo ou em laboratório/herbário?
	Houve consulta a especialistas?
	Em caso de coleta, o material testemunho foi depositado em herbários indexados?
Perfil vegetacional da Canga	Quantas espécies foram registradas na ADA?
	Quais espécies foram classificadas como ameaçadas e raras?

	Quais espécies foram classificadas como endêmicas?
	Quais espécies foram classificadas como daninhas e ruderais?
	Quais foram as referências utilizadas para a classificação das espécies?
Classificação dos estágios sucessionais	Qual foi o critério geral utilizado na classificação?
	O histórico de uso foi considerado? Se sim, como?
	A cobertura vegetal viva foi considerada? Se sim, como?
	Foram consideradas espécies raras e endêmicas nas análises de diversidade, dominância e espécies indicadoras?
	Foram consideradas espécies daninhas e ruderais nas análises de diversidade, dominância e espécies indicadoras?
	A característica da fitofisionomia foi considerada? Se sim, como?
Compensação	Quais os programas de compensação previstos no projeto?
	Haverá programa de resgate específico para as espécies de interesse identificadas na Canga?
	A Canga será compensada?
	A classificação do estágio sucessional foi determinante para a decisão de compensar ou não a Canga afetada?
	O local de compensação foi descrito?

Para viabilizar a análise dos dados, o preenchimento da lista de verificação foi realizado por meio de um sistema padronizado. Os itens objetivos receberam respostas “sim” ou “não”, enquanto os itens descritivos, como classificação, área, lista de espécies e referências, foram registrados de forma flexível, de acordo com as informações apresentadas em cada estudo. Informações complementares e observações relevantes foram registradas em uma coluna adicional para cada bloco temático.

Análise dos dados

A organização dos dados, a construção dos gráficos de barras e as análises estatísticas foram realizados no software R (versão 4.4.0; R Core Team, 2024). Para avaliar a relação entre o tamanho dos empreendimentos e a intensidade da amostragem fitossociológica, foi calculada, para cada processo, a área total amostrada de Canga a partir do número e dimensões das parcelas. Em seguida, foi estimado o esforço amostral, representando a intensidade de

amostragem em relação ao tamanho da área, expresso em metros quadrados amostrados por hectare de ADA. Dos 35 processos analisados, 21 apresentaram informações suficientes para o cálculo do esforço amostral relativo; os demais foram excluídos dessa análise. A relação entre a ADA e a área amostrada, bem como entre a ADA e o esforço amostral relativo, foi avaliada por meio da correlação de Spearman, escolhida em razão da distribuição não normal dos dados. Para verificar a associação entre a classe do empreendimento (potencial poluidor) e o número de métodos empregados nos levantamentos florísticos, foi utilizado o teste exato de Fisher aplicado à tabela de contingência.

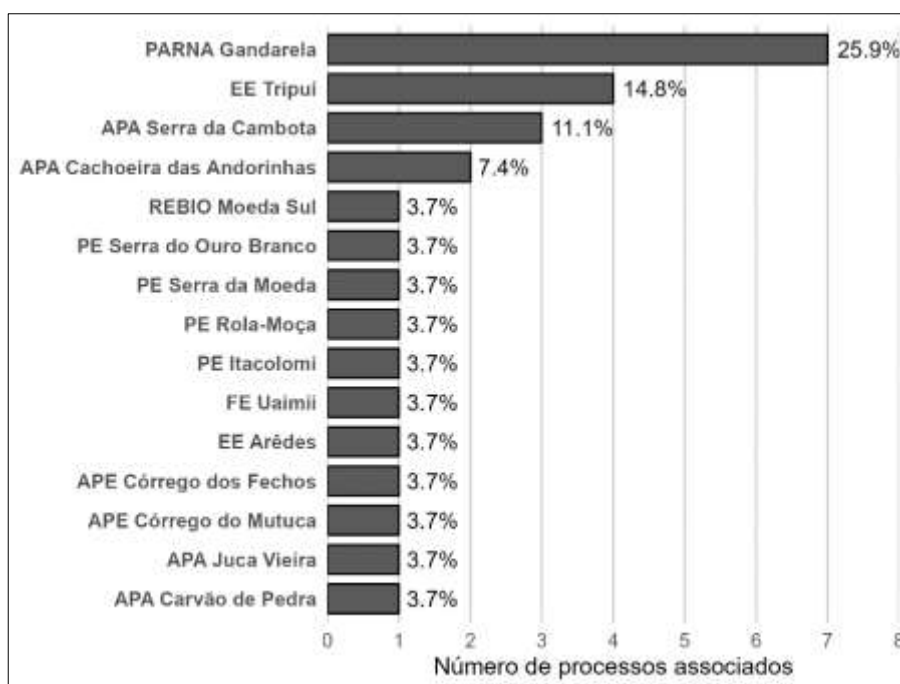
Para a construção da lista de espécies, foram elencadas todas as espécies destacadas nos estudos como ameaçadas, raras, endêmicas, daninhas, ruderais ou “de interesse”, possibilitando a identificação das espécies utilizadas para dar suporte à classificação dos estágios sucessionais e compará-las com a lista de espécies indicadoras para a Região Sudeste prevista na Resolução CONAMA nº423/2010. A atualização e a homogeneização da nomenclatura, bem como a classificação das espécies quanto ao status de conservação, endemismo e hábito, foram realizadas no PlantMiner (Carvalho *et al.*, 2010), com base nos dados do CNCFlora, Flora do Brasil (2020) e da Portaria MMA nº 148/2022, atualizados em 2024. Para a classificação das espécies endêmicas do QAF, foi utilizada a relação apresentada por Carmo *et al.* (2018).

3. RESULTADOS

A análise dos processos permitiu a identificação da forma como os estágios sucessionais de Canga vem sendo classificados nos empreendimentos do QAF entre 2019-2026 e como essa classificação implica ou não na compensação ambiental. Desconsiderando as áreas sobrepostas, as Áreas Diretamente Afetadas (ADAs) dos processos de licenciamento analisados somaram aproximadamente 5.800 hectares, dos quais cerca de 1.040 hectares corresponderam a áreas de Canga classificadas em diferentes estágios de sucessão ecológica.

Dentre os 35 processos analisados, 23 tem parte de sua ADA inserida em zonas de amortecimento de Unidades de Conservação. Destacou-se o Parque Nacional da Serra do Gandarela, que concentrou cerca de 25% dos registros (Fig. 3).

Figura 3. Frequência de processos com área parcialmente inserida em zonas de amortecimento de Unidades de Conservação.



Análise das metodologias de coleta de dados primários

A Tabela 1 apresenta os métodos utilizados na coleta de dados do diagnóstico de flora, discriminados entre formações florestais e abertas quando essa distinção foi apresentada nos estudos. Filgueiras *et al.* (1994) e Braun-Blanquet (1979) foram citados nos estudos como referências para esses métodos, respectivamente. O censo, por sua vez, correspondeu ao registro dos indivíduos arbóreos presentes na área. A fitossociologia foi o método mais adotado, em 24 estudos, sendo o único método aplicado em 6 e associado a outros em 18. O caminhamento foi

utilizado em 22 estudos, sendo empregado sozinho em 3 e combinado a outros métodos em 19. O censo foi utilizado em 6 processos, sempre associado aos demais métodos para o levantamento de indivíduos arbóreos isolados, justificado pela predominância de espécies herbáceo-arbustivas no Campo Rupestre.

Tabela 1. Métodos utilizados na coleta de dados primários de vegetação de Canga nos processos analisados.

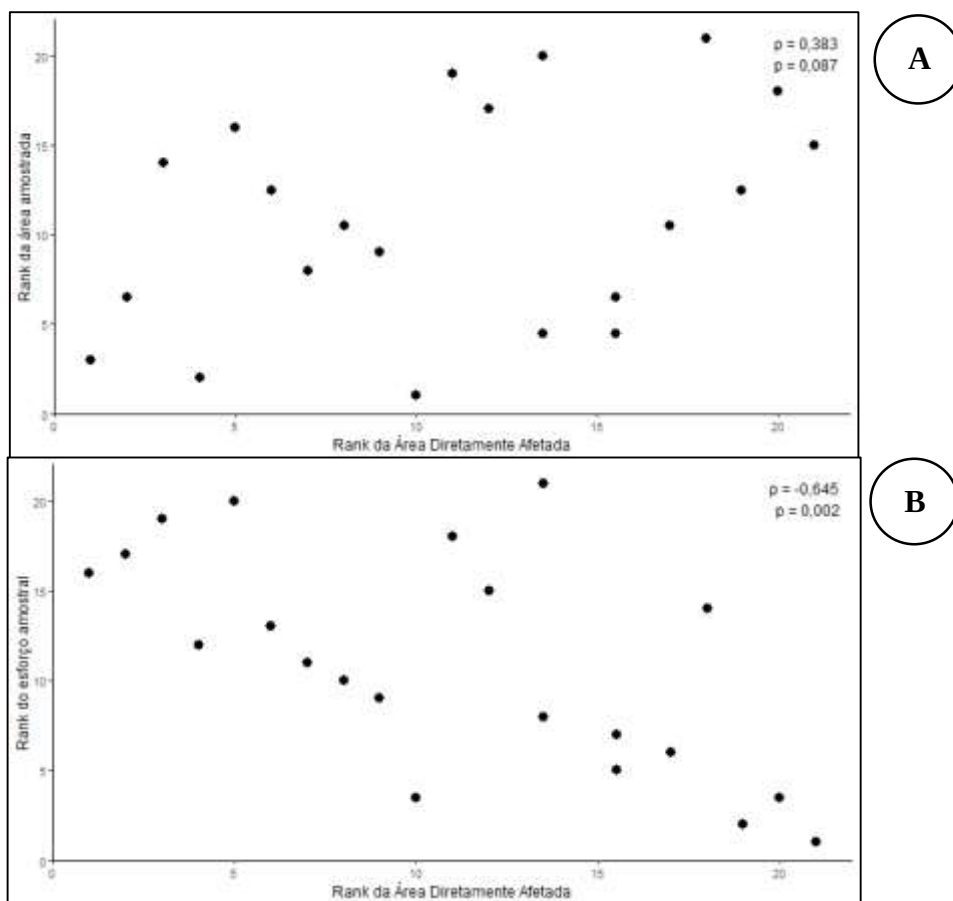
Número do processo	ADA Canga (ha)	Métodos de coleta de dados	Classe	Dimensões das parcelas	Quantidade de parcelas
218/2020	41.84	Caminhamento + Fitossociologia	6	1 x 1 m	216
2581/2020	–	Fitossociologia	6	10 x 10 m	4
4159/2020	194.45	Caminhamento + Fitossociologia	4	20 x 5 m com subparcelas de 1 x 1 m	79
1063/2021	3.795	Caminhamento + Fitossociologia	4	1 x 1 m	30
5896/2021	10.602	Fitossociologia	2	10 x 10 m	5
4977/2021	257.22	Caminhamento + Fitossociologia	3	20 x 5 m com subparcelas de 1 x 1 m	96
4682/2021 - 1	7.4325	–	3	–	–
1372/2021	–	–	4	–	–
199/2023	9.3	Caminhamento + Censo	3	–	–
2621/2022	20.8165	–	2	–	–
2922/2022	7.1159	–	2	–	–
1440/2023	2.2674	–	3	1 x 1 m	15
2877/2022	64.67	Caminhamento + Fitossociologia	3	20 x 5 m com subparcelas de 1 x 1 m	19
3269/2022	2.1194	Caminhamento + Fitossociologia	3	1 x 1 m	29
4164/2022	3.53	Censo + Fitossociologia	3	1 x 1 m	11
15467/2026	11.78	Fitossociologia	4	1,5 x 1,5 m	10
4367/2022	2.29	Caminhamento + Fitossociologia	3	1 x 1 m	15
7653/2026	0.0118	Caminhamento	2	–	–
1509/2023	8.5766	Fitossociologia	3	1 x 1 m	11
3189/2022	5.704	Caminhamento	2	20 x 5 m com subparcelas de 1 x 1 m	9

1192/2024	5.7136	Censo + Fitossociologia	3	—	—
1367/2024	74.178	Caminhamento	6	—	—
1955/2023	11.78	Caminhamento + Fitossociologia	2	1,5 x 1,5m	10
2256/2024	1.62	Caminhamento + Fitossociologia	3	1 x 1 m	18
3277/2022	44.2684	Fitossociologia	4	—	87
3871/2021	34.27	Fitossociologia	3	20 x 5 m com subparcelas de 1 x 1 m	163
455/2025	6.164	Censo + Fitossociologia	3	1 x 1 m	10
4682/2021 - 2	9.7121	—	2	—	—
5253/2020	10.75	Caminhamento + Censo + Fitossociologia	4	1 x 1 m	20
20842/2025	6.6277	Caminhamento + Censo + Fitossociologia	2	—	—
294/2025	5.2124	Caminhamento + Fitossociologia	3	5,65 m de raio - subparcelas de 1 x 1m	4
19576/2025	7.988	Caminhamento + Fitossociologia	5	1 x 1m	57
2568/2025	2.0579	Caminhamento + Fitossociologia	4	1 x 1m	20
2296/2023	20.8199	—	2	—	—
13597/2026	211.74	Caminhamento + Fitossociologia	3	—	53

Nas análises fitossociológicas, todos os processos empregaram o método de parcelas. Estas, variam nas dimensões de 1 x 1 m, 1,5 x 1,5 m e 10 x 10 m (Tabela 1). Não foi encontrada correlação significativa entre o tamanho da ADA e a área amostrada (Figura 4A). Em contrapartida, foi observada correlação negativa significativa entre o tamanho da ADA e o esforço amostral relativo (Figura 4B), indicando redução do esforço proporcional à medida que aumenta a área diretamente afetada. Não foi encontrada associação significativa entre a classe do empreendimento e o número de métodos empregados no levantamentos florísticos ($p=0,139$), ou seja, os empreendimentos de maior classe não necessariamente adotam

metodologias diversificadas de levantamentos florísticos, considerando fitossociologia, caminhamento e censo.

Figura 4. Diagramas de dispersão. A- Relação entre a ADA e a área amostrada por parcelas fitossociológicas. B – Relação entre a ADA e o esforço amostral fitossociológico (m²/ha).



Determinação taxonômica

Dentre os processos analisados, para espécies que não puderam ser identificadas em campo, 23 descreveram sucintamente como foi feita a identificação posterior: em 9 a determinação foi feita apenas com o apoio de registros fotográficos, e em 14 houve coleta e herborização. Destes 14, apenas 7 descrevem a consulta a especialistas e 5 realizaram depósito de material testemunho em herbários indexados. Nenhum deles vinculou *vouchers* à lista de espécies. Os demais processos (12) não detalham como foi realizada a determinação taxonômica (Tabela 2). A Flora e Funga do Brasil foi o principal material de apoio para a identificação de espécies, sendo citado em 20 estudos, seguido da bibliografia especializada, como chaves dicotômicas e guias de campo (16). Outras ferramentas online foram mencionadas em cinco estudos, consulta a herbários físicos em três e o ao acervo da própria empresa em um.

Tabela 2. Procedimentos taxonômicos empregados nos estudos analisados. X indica o registro do procedimento no respectivo estudo.

Número do processo	Registro fotográfico	Coleta e herborização	Consulta a especialistas	Depósito em herbário	Atribuição de voucher à lista de espécies	Material de apoio
218/2020	–	X	–	X	–	REFLORA, Bibliografia especializada e consulta a herbários
2581/2020	–	X	–	–	–	<i>SpeciesLink</i> , bibliografia especializada e consulta ao INCT e herbário (BHCB)
4159/2020	–	X	–	X	–	REFLORA, INCT, <i>NYBG Steere Herbarium</i> , Guia de campo
1063/2021	X	–	–	–	–	REFLORA e acervo próprio
5896/2021	–	X	–	–	–	REFLORA e bibliografia especializada
4977/2021	–	X	X	X	–	REFLORA e bibliografia especializada
4682/2021 - 1	–	–	–	–	–	–
1372/2021	–	–	–	–	–	REFLORA e bibliografia especializada
199/2023	–	–	–	–	–	–

2621/2022	–	–	–	–	–	–
2922/2022	–	–	–	–	–	REFLORA e bibliografia especializada
1440/2023	X	–	–	–	–	–
2877/2022	X	–	–	–	–	–
3269/2022	X	–	X	–	–	REFLORA e bibliografia especializada
4164/2022	–	X	X	–	–	–
15467/2026	–	–	–	–	–	REFLORA e INCT
4367/2022	–	–	–	–	–	REFLORA e bibliografia especializada
7653/2026	–	–	–	–	–	REFLORA
1509/2023	X	–	–	–	–	–
3189/2022	–	X	–	X	–	–
1192/2024	–	X	X	–	–	–
1367/2024	–	X	X	–	–	REFLORA e bibliografia especializada
1955/2023	X	–	–	–	–	REFLORA, <i>The Plant List</i> e bibliografia especializada
2256/2024	X	–	–	–	–	Bibliografia especializada e consulta a herbário

3277/2022	–	–	–	–	–	<i>SpeciesLink</i>
3871/2021	–	X	X	X	–	REFLORA, <i>SpeciesLink</i> e bibliografia especializada
455/2025	–	X	–	–	–	REFLORA e bibliografia especializada
4682/2021 - 2	–	–	–	–	–	REFLORA e <i>SpeciesLink</i>
5253/2020	–	X	–	–	–	REFLORA e bibliografia especializada
20842/2025	X	–	–	–	–	–
294/2025	X	–	–	–	–	–
19576/2025	–	X	–	–	–	–
2568/2025	–	–	–	–	–	REFLORA e bibliografia especializada
2296/2023	–	–	–	–	–	REFLORA, INCT e <i>SpeciesLink</i>
13597/2026	X	X	X	–	–	REFLORA e bibliografia especializada

Parâmetros para a classificação dos estágios de sucessão ecológica

A Tabela 3 é resultado da compilação de todas as espécies consideradas indicadoras do estágio sucessional nos processos analisados. Ao todo, foram registradas 174 espécies, das quais 148 foram agrupadas como ameaçadas, raras ou endêmicas, e 26 como daninhas e ruderais. Entre as espécies registradas, 74 são endêmicas do estado de Minas Gerais. Destas, 18 são endêmicas do QAF.

As espécies registradas foram agrupadas de acordo com seu hábito. Como algumas espécies apresentam mais de um hábito, elas foram consideradas em todas as categorias correspondentes. Na lista de espécies indicadoras predominaram as herbáceas (86 espécies), seguidas das arbustivas (56), subarbustivas (51) e arbóreas (14). Dracenóides, trepadeiras, lianas e suculentas representaram uma parcela menos expressiva da amostra (10). Apenas 6,39% das espécies indicadoras registradas nos estudos analisados corresponderam àquelas recomendadas pela Resolução CONAMA nº 423/2010 (Tabela 4).

Tabela 3. Compilação das espécies indicadoras mencionadas nos processos analisados. Em verde = espécies endêmicas de Minas Gerais; em vermelho = espécies daninhas ou ruderais. DD = Dados Insuficientes; LC = Pouco Preocupante; NT = Quase Ameaçada; VU = Vulnerável; EN = Em Perigo; CR = Criticamente Ameaçada. X = endêmica do QAF. CONAMA nº 423/2010 (sudeste): 1 = estágio inicial de regeneração; 2 = vegetação primária e estágios médio e avançado de regeneração; 3 = espécie endêmica ou rara.

Família	Espécie	Hábito	CNCFlora	MMA nº148/2022	Endêmicas do QAF	CONAMA nº423/2010
Alstroemeriaceae	<i>Alstroemeria plantaginea</i>	Erva	–	–	–	2
Alstroemeriaceae	<i>Alstroemeria rupestris</i>	Erva	–	–	–	–
Amaryllidaceae	<i>Hippeastrum glaucescens</i>	Erva	–	–	–	2
Amaryllidaceae	<i>Hippeastrum morelianum</i>	Erva	VU	VU	–	2, 3
Amaryllidaceae	<i>Zephyranthes irwiniana</i>	Erva	VU	VU	–	–
Apocynaceae	<i>Ditassa laevis</i>	Liana, trepadeira, Subarbusto	EN	EN	–	–
Apodanthaceae	<i>Pilostyles blanchetii</i>	Erva	–	–	–	–
Araceae	<i>Anthurium minarum</i>	Erva	–	–	–	–
Araceae	<i>Philodendron rhizomatosum</i>	Erva	EN	–	–	–
Araliaceae	<i>Didymopanax lucumoides</i>	Arbusto	EN	–	–	–
Asteraceae	<i>Achyrocline satureioides</i>	Erva	–	–	–	2
Asteraceae	<i>Ageratum fastigiatum</i>	Arbusto, Erva, Subarbusto	–	–	–	–
Asteraceae	<i>Aspilia ovatifolia</i>	Subarbusto	CR	CR	–	–
Asteraceae	<i>Aspilia subpetiolata</i>	Arbusto, Subarbusto	–	–	–	–
Asteraceae	<i>Baccharis crispa</i>	Subarbusto	–	–	–	2
Asteraceae	<i>Baccharis dracunculifolia</i>	Arbusto	–	–	–	–
Asteraceae	<i>Calea lemmatioides</i>	Arbusto	–	–	–	–

Asteraceae	<i>Calea rotundifolia</i>	Arbusto, Subarbusto	–	–	–	–
Asteraceae	<i>Chaptalia integerrima</i>	Erva	–	–	–	2
Asteraceae	<i>Chresta sphaerocephala</i>	Arbusto	LC	–	–	–
Asteraceae	<i>Chromolaena laevigata</i>	Arbusto, Subarbusto	–	–	–	–
Asteraceae	<i>Chromolaena multiflosculosa</i>	Arbusto	–	–	–	–
Asteraceae	<i>Cyrtocymura scorpioides</i>	Subarbusto	–	–	–	–
Asteraceae	<i>Dasyphyllum sprengelianum</i>	Arbusto	–	–	–	–
Asteraceae	<i>Eremanthus erythropappus</i>	Árvore	–	–	–	2
Asteraceae	<i>Eremanthus glomerulatus</i>	Árvore	–	–	–	–
Asteraceae	<i>Eremanthus incanus</i>	Árvore	–	–	–	–
Asteraceae	<i>Eremanthus reticulatus</i>	Árvore	EN	EN	–	–
Asteraceae	<i>Eremanthus syncephalus</i>	Árvore	EN	EN	–	–
Asteraceae	<i>Lessingianthus stoechas</i>	Subarbusto	VU	VU	–	–
Asteraceae	<i>Lucilia lycopodioides</i>	Erva	–	–	–	2
Asteraceae	<i>Lychnophora passerina</i>	Arbusto	NT	–	–	–
Asteraceae	<i>Lychnophora pinaster</i>	Arbusto, Árvore	NT	–	–	–
Asteraceae	<i>Lychnophora sp. Nova</i>	Arbusto, Árvore	–	–	–	–
Asteraceae	<i>Lychnophorella triflora</i>	Arbusto, Árvore	–	–	–	–
Asteraceae	<i>Mikania glauca</i>	Subarbusto	EN	EN	–	–
Asteraceae	<i>Mikania glaziovii</i>	Liana, Trepadeira	–	–	–	–
Asteraceae	<i>Mikania sessilifolia</i>	Subarbusto	–	–	–	–

Asteraceae	<i>Moquiniastrum velutinum</i>	Arbusto	–	–	–	–
Asteraceae	<i>Porophyllum ruderale</i>	Erva	–	–	–	–
Asteraceae	<i>Pseudobrickellia angustissima</i>	Arbusto	–	–	–	–
Asteraceae	<i>Richterago discoidea</i>	Erva, Subarbusto	–	–	–	–
Asteraceae	<i>Symphyopappus brasiliensis</i>	Subarbusto	–	–	–	–
Bignoniaceae	<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	Árvore	–	–	–	–
Bromeliaceae	<i>Dyckia consimilis</i>	Erva, Suculenta	–	–	X	–
Bromeliaceae	<i>Dyckia hennigiana</i>	Erva	–	–	–	–
Bromeliaceae	<i>Dyckia rariflora</i>	Erva, Suculenta	EN	EN	X	–
Bromeliaceae	<i>Dyckia saxatilis</i>	Erva, Suculenta	–	–	–	–
Bromeliaceae	<i>Hoplocryptanthus ferrarius</i>	Erva	–	–	X	–
Bromeliaceae	<i>Hoplocryptanthus schwackeanus</i>	Erva	–	–	X	–
Bromeliaceae	<i>Vriesea hoehneana</i>	Erva	LC	–	–	–
Bromeliaceae	<i>Vriesea longistaminea</i>	Erva	CR	CR	X	–
Bromeliaceae	<i>Vriesea minarum</i>	Erva	EN	EN	X	–
Bromeliaceae	<i>Vriesea oligantha</i>	Erva	–	–	–	–
Cactaceae	<i>Arthrocereus glaziovii</i>	Subarbusto, Suculenta	EN	EN	X	–
Campanulaceae	<i>Wahlenbergia brasiliensis</i>	Erva	–	–	–	2
Convolvulaceae	<i>Jacquemontia linarioides</i>	Erva	–	–	X	–
Convolvulaceae	<i>Jacquemontia prostrata</i>	Liana, Trepadeira	–	–	–	–
Cyperaceae	<i>Bulbostylis capillaris</i>	Erva	–	–	–	2

Cyperaceae	<i>Bulbostylis juncooides</i>	Erva	–	–	–	–
Cyperaceae	<i>Bulbostylis scabra</i>	Erva	–	–	–	2
Cyperaceae	<i>Lagenocarpus rigidus</i>	Erva	–	–	–	2
Cyperaceae	<i>Rhynchospora consanguinea</i>	Erva	–	–	–	–
Cyperaceae	<i>Rhynchospora tenuis</i>	Erva	EN LC	–	–	–
Cyperaceae	<i>Trilepis lhotzkiana</i>	Erva	–	–	–	2
Dennstaedtiaceae	<i>Pteridium sp.</i>	Erva	–	–	–	–
Ericaceae	<i>Gaylussacia brasiliensis</i>	Arbusto, Árvore, Subarbusto	–	–	–	–
Ericaceae	<i>Gaylussacia chamissonis</i>	Subarbusto	–	–	–	2
Eriocaulaceae	<i>Paepalanthus uncinatus</i>	Erva	DD	–	–	–
Euphorbiaceae	<i>Croton serratifolius</i>	Arbusto, Erva, Subarbusto	–	–	–	–
Fabaceae	<i>Centrosema coriaceum</i>	Liana, trepadeira, Subarbusto	–	–	–	–
Fabaceae	<i>Chamaecrista desvauxii</i>	Arbusto, Subarbusto	–	–	–	–
Fabaceae	<i>Chamaecrista mucronata</i>	Arbusto, Subarbusto	–	–	–	–
Fabaceae	<i>Chamaecrista secunda</i>	Subarbusto	–	–	X	–
Fabaceae	<i>Mimosa calodendron</i>	Arbusto	–	–	X	–
Fabaceae	<i>Mimosa pogocephala</i>	Arbusto	–	–	–	–
Fabaceae	<i>Periandra mediterranea</i>	Arbusto, Subarbusto	–	–	–	–
Fabaceae	<i>Senna rugosa</i>	Arbusto, Subarbusto	–	–	–	–
Gentianaceae	<i>Calolisianthus pedunculatus</i>	Erva, Subarbusto	–	–	–	2
Gesneriaceae	<i>Paliavana sericiflora</i>	Arbusto	–	–	–	–

Gesneriaceae	<i>Sinningia rupicola</i>	Erva	EN	EN	X	–
Iridaceae	<i>Deluciris rupestris</i>	Erva	–	–	–	–
Iridaceae	<i>Neomarica glauca</i>	Erva	NT	–	–	–
Iridaceae	<i>Sisyrinchium vaginatum</i>	Erva	–	–	–	2
Lamiaceae	<i>Cyanocephalus lippioides</i>	Árvore, Subarbusto	–	–	–	2
Lamiaceae	<i>Hyptis adamantium</i>	Arbusto, Subarbusto	–	–	–	–
Lauraceae	<i>Aiouea tetragona</i>	Arbusto	–	–	X	–
Loranthaceae	<i>Struthanthus flexicaulis</i>	Erva	CR EN DD	–	–	–
Lythraceae	<i>Diplusodon buxifolius</i>	Subarbusto	–	–	–	–
Lythraceae	<i>Diplusodon villosissimus</i>	Subarbusto	VU	VU	–	–
Malpighiaceae	<i>Byrsonima intermedia</i>	Arbusto	–	–	–	–
Malpighiaceae	<i>Byrsonima variabilis</i>	Arbusto	LC	–	–	2
Malpighiaceae	<i>Glicophyllum microphyllum</i>	Arbusto	–	–	–	–
Malvaceae	<i>Callianthe monteiroi</i>	Arbusto	DD	–	–	–
Malvaceae	<i>Pavonia viscosa</i>	Arbusto	–	–	–	–
Malvaceae	<i>Sida glaziovii</i>	Subarbusto	–	–	–	–
Malvaceae	<i>Waltheria communis</i>	Subarbusto	LC	–	–	–
Melastomataceae	<i>Cambessedesia corymbosa</i>	Arbusto, Subarbusto	–	–	–	–
Melastomataceae	<i>Cambessedesia pityrophylla</i>	Arbusto	EN	–	–	–
Melastomataceae	<i>Leandra erostrata</i>	Subarbusto	–	–	–	2
Melastomataceae	<i>Marcetia taxifolia</i>	Arbusto, Subarbusto	–	–	–	2

Melastomataceae	<i>Microlicia crenulata</i>	Arbusto	–	–	–	–
Melastomataceae	<i>Microlicia isophylla</i>	Arbusto, Subarbusto	NT	–	–	2
Melastomataceae	<i>Microlicia multicaulis</i>	Subarbusto	–	–	–	–
Melastomataceae	<i>Microlicia tenuifolia</i>	Arbusto, Subarbusto	EN	–	–	–
Melastomataceae	<i>Microlicia trichocalycina</i>	Subarbusto	CR	–	–	–
Melastomataceae	<i>Pleroma ferricolum</i>	Arbusto	–	–	X	–
Melastomataceae	<i>Trembleya rosmarinoides</i>	Arbusto	EN	–	X	–
Myrtaceae	<i>Myrcia tomentosa</i>	Arbusto, Árvore	–	–	–	2
Myrtaceae	<i>Psidium grandifolium</i>	Arbusto, Subarbusto	LC	–	–	–
Ochnaceae	<i>Luxemburgia ciliosa</i>	Arbusto	–	–	–	–
Orchidaceae	<i>Acianthera prolifera</i>	Erva	–	–	–	2
Orchidaceae	<i>Acianthera teres</i>	Erva	LC	–	–	2
Orchidaceae	<i>Cattleya caulescens</i>	Erva	EN	EN	–	–
Orchidaceae	<i>Cattleya cinnabarina</i>	Erva	LC	–	–	–
Orchidaceae	<i>Cattleya crispata</i>	Erva	NT	–	–	–
Orchidaceae	<i>Cattleya fournieri</i>	Erva	–	–	–	–
Orchidaceae	<i>Cattleya kettieana</i>	Erva	–	–	–	–
Orchidaceae	<i>Cattleya milleri</i>	Erva	CR	CR	X	–
Orchidaceae	<i>Cattleya rupestris</i>	Erva	–	–	–	–
Orchidaceae	<i>Epidendrum campestre</i>	Erva	–	–	–	–
Orchidaceae	<i>Epidendrum secundum</i>	Erva	LC	–	–	2

Orchidaceae	<i>Gomesa gracilis</i>	Erva	–	–	X	–
Orchidaceae	<i>Gomesa ramosa</i>	Erva	LC	–	–	2
Orchidaceae	<i>Gomesa warmingii</i>	Erva	LC	–	–	–
Orchidaceae	<i>Sarcoglottis schwackei</i>	Erva	–	–	–	–
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus leptophyllus</i>	Subarbusto	–	–	–	–
Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus niruri</i> subsp. <i>lathyroides</i>	Erva	LC	–	–	–
Piperaceae	<i>Peperomia decora</i>	Erva	–	–	–	–
Poaceae	<i>Andropogon brasiliensis</i>	Erva	–	–	–	–
Poaceae	<i>Apochloa poliophylla</i>	Erva	–	–	–	–
Poaceae	<i>Aristida recurvata</i>	Erva	–	–	–	2
Poaceae	<i>Axonopus aureus</i>	Erva	LC	–	–	–
Poaceae	<i>Axonopus pressus</i>	Erva	LC	–	–	1
Poaceae	<i>Axonopus siccus</i>	Erva	–	–	–	2
Poaceae	<i>Dichanthelium sciurotis</i>	Erva	–	–	–	–
Poaceae	<i>Echinolaena inflexa</i>	Erva	–	–	–	–
Poaceae	<i>Eleusine indica</i>	Erva	–	–	–	–
Poaceae	<i>Melinis minutiflora</i>	Erva	–	–	–	–
Poaceae	<i>Mesosetum ferrugineum</i>	Erva	LC	–	–	–
Poaceae	<i>Paspalum brachytrichum</i>	Erva	NT	–	X	–
Poaceae	<i>Paspalum flaccidum</i>	Erva	–	–	–	–
Poaceae	<i>Paspalum polyphyllum</i>	Erva	–	–	–	2

Poaceae	<i>Schizachyrium tenerum</i>	Erva	–	–	–	2
Poaceae	<i>Setaria scabrifolia</i>	Erva	–	–	–	2
Poaceae	<i>Sporobolus metallicolus</i>	Erva	–	–	–	–
Poaceae	<i>Urochloa decumbens</i>	Erva	–	–	–	–
Portulacaceae	<i>Portulaca mucronata</i>	Erva	–	–	–	–
Primulaceae	<i>Myrsine villosissima</i>	Arbusto	EN	EN	–	–
Proteaceae	<i>Euplassa semicostata</i>	Arbusto, Árvore	EN	EN	–	–
Rubiaceae	<i>Borreria capitata</i>	Erva, Subarbusto	–	–	–	–
Rubiaceae	<i>Borreria rosmarinifolia</i>	Subarbusto	DD	–	–	–
Rubiaceae	<i>Borreria verticillata</i>	Subarbusto	–	–	–	1
Rubiaceae	<i>Galianthe angustifolia</i>	Subarbusto	–	–	–	2
Rubiaceae	<i>Hexasepalum teres</i>	Erva, Subarbusto	–	–	–	–
Solanaceae	<i>Brunfelsia rupestris</i>	Subarbusto	VU	–	–	–
Solanaceae	<i>Calibrachoa elegans</i>	Subarbusto	EN	EN	–	–
Solanaceae	<i>Solanum viarum</i>	Arbusto	–	–	–	1
Styracaceae	<i>Styrax aureus</i>	Arbusto, Árvore	–	EN	–	–
Velloziaceae	<i>Barbacenia flava</i>	Erva, Subarbusto	–	–	–	–
Velloziaceae	<i>Barbacenia itabirensis</i>	Erva, Subarbusto	–	–	–	–
Velloziaceae	<i>Vellozia albiflora</i>	Erva, Subarbusto	NT	–	–	–
Velloziaceae	<i>Vellozia compacta</i>	Dracénóide, Subarbusto	–	–	–	–
Velloziaceae	<i>Vellozia glabra</i>	Dracénóide, Subarbusto	EN	EN	–	–

Velloziaceae	<i>Vellozia graminea</i>	Erva	–	–	–	–
Velloziaceae	<i>Vellozia sellowii</i>	Erva	EN	–	X	–
Velloziaceae	<i>Vellozia tragacantha</i>	Erva	–	–	–	–
Verbenaceae	<i>Lantana fucata</i>	Arbusto	–	–	–	–
Verbenaceae	<i>Lantana lundiana</i>	Arbusto	–	–	–	–
Verbenaceae	<i>Lippia florida</i>	Arbusto	–	–	–	–
Verbenaceae	<i>Lippia organoides</i>	Arbusto	–	–	–	–
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta ajugifolia</i>	Arbusto	EN	–	–	–
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta commutata</i>	Arbusto	–	–	–	–
Verbenaceae	<i>Stachytarpheta glabra</i>	Arbusto	–	–	–	–

Tabela 4. Correspondência entre as espécies indicadoras registradas nos estudos analisados e aquelas recomendadas pela Resolução CONAMA nº 423/2010.

Espécies indicadoras	Espécies indicadoras CONAMA nº423/2010 (Sudeste)	Espécies coincidentes	%
Estágio Inicial	35	3	8,57
Vegetação Primária e dos Estágios Médio e Avançado	474	32	6,75
Endêmicas ou Raras	54	1	1,85
Total	563	36	6,39

Dos 35 processos analisados, 27 utilizaram os critérios previstos na Resolução CONAMA nº423/2010 para a classificação em estágios sucessionais da Canga, 3 processos não mencionaram a referência empregada na classificação, enquanto os demais 5 não classificaram. A tabela 5 demonstra os critérios utilizados para basear a classificação dos estágios sucessionais. O histórico de uso da área foi o parâmetro mais frequentemente considerado (em 20 processos), seguido pela cobertura vegetal viva (19), presença de espécies exóticas e ruderais (18) e espécies raras e endêmicas (15). Em contrapartida, a fitofisionomia característica foi o menos utilizado (1).

O histórico de uso da área foi descrito de forma variável entre os estudos, geralmente baseado em evidências de atividade antrópica, como supressão pretérita da área, histórico de mineração, ocorrência de incêndios, pastagens, vestígios da presença de bovinos ou cavalos, trilhas, entre outras intervenções. A cobertura vegetal viva foi obtida, em geral, a partir das análises fitossociológicas. Já os critérios relacionados à composição florística foram abordados independentemente baseando-se na classe das espécies indicadoras.

A aplicação e o grau de detalhamento da Resolução CONAMA nº 423/2010 variaram entre os estudos. Os quatro processos que propuseram adaptações ao modelo (CONAMA 423*) consideraram o histórico de uso, a cobertura vegetal viva, a presença de espécies exóticas e ruderais e de espécies raras e endêmicas. As adaptações foram justificadas tecnicamente pelas equipes responsáveis, que apontaram inadequações na aplicação direta da resolução às áreas estudadas e propuseram critérios complementares e um novo sistema de pontuação, fundamentados na literatura sobre a flora regional. Em 17 estudos, a Resolução CONAMA nº 423/2010 foi aplicada sem adaptações, enquanto em seis não foram especificados os critérios considerados para sua aplicação. Os três estudos que não mencionaram a referência empregada na classificação também não apresentaram critérios alternativos para subsidiar a decisão.

Tabela 5. Métodos de classificação de estágios sucessionais de Canga aplicados em processos de licenciamento ambiental. CONAMA 423 = aplicação integral da resolução; CONAMA 423* = aplicação adaptada da resolução; CONAMA 423• = descreve genericamente, sem especificar os itens.

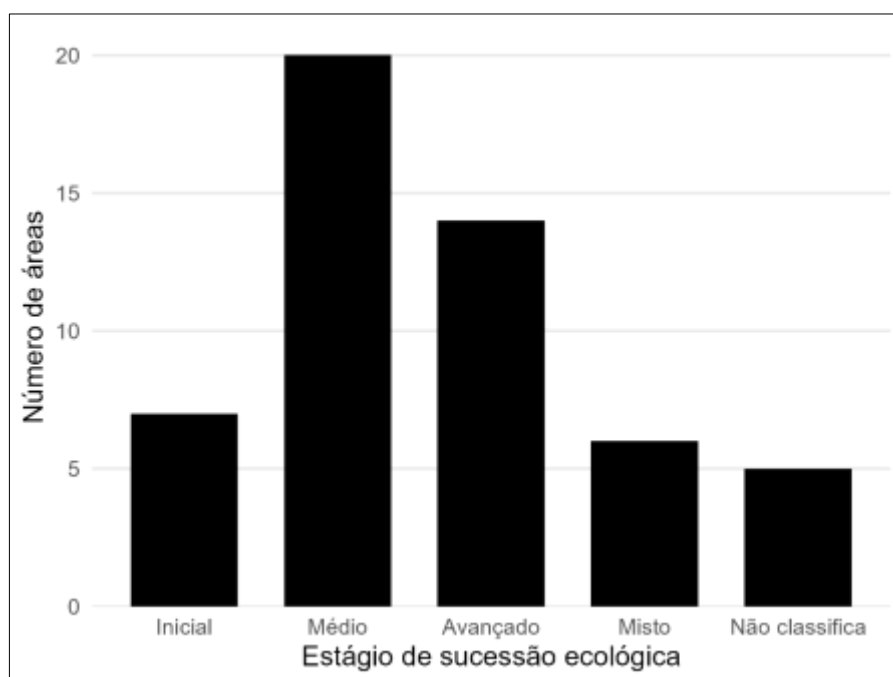
Método de classificação	Nº de processos	Histórico de uso	Cobertura vegetal viva	Exóticas e ruderais	Raras e endêmicas	Fitofisionomias características
CONAMA 423	17	13	13	12	9	1
CONAMA 423*	4	4	4	4	4	–
CONAMA 423•	6	3	2	2	2	–
Método não informado	3	–	–	–	–	–
Sem classificação	5	–	–	–	–	–
Total	35	20	19	18	15	1

Classificação da vegetação e estágio sucessional analisado

Foi observado que as áreas de estudos dos EIAs frequentemente contemplam Cangas classificadas em diferentes estágios sucessionais, com variações relacionadas às formas de vida dominantes (arbórea, arbustiva ou herbácea) e no litotipo. Nos 35 processos analisados foram registrados 52 áreas diferentes de Canga, das quais 47 foram classificadas quanto a seu estágio sucessional e 5 não apresentaram qualquer classificação.

Dentre elas, 7 áreas foram classificadas como estágio inicial de sucessão, 20 como médio, 14 como avançado e 6 como “misto”, essa categoria corresponde ao agrupamento das classificações “médio/avançado” e “avançado/médio”. Tal simplificação foi adotada porque a distinção entre esses dois estágios geralmente é pouco clara, e as classificações ambíguas raramente são acompanhadas de justificativas que sustentem essa diferenciação (Fig. 5).

Figura 5. Classificação das Cangas quanto ao estágio sucessional.



Compensação ambiental

A classificação nem sempre é determinante na proposição de medidas compensatórias, uma vez que cinco processos previam a compensação mesmo tendo classificado a vegetação como secundária em estágio inicial de regeneração. Apenas duas das sete áreas classificadas como estágio inicial de regeneração foram explicitamente excluídas da compensação ambiental. Além disso, uma das áreas que não recebeu classificação sucessional também não teve compensação prevista para a Canga. Para sete áreas, a compensação foi registrada como “menção a legislação”, sem informações sobre sua execução ou sobre as fitofisionomias a serem contempladas. Em outras três áreas, os documentos indicavam que a compensação seria realizada, porém sem detalhamento adicional (Tabela 6).

Tabela 6. Relação entre a classificação dos estágios sucessionais e a compensação. Sim = prevê compensação; Não = não prevê compensação. Menciona legislação = menciona a legislação sobre compensação, mas descreve quais fitofisionomias serão contempladas; Sem detalhes = nenhuma menção a compensação.

Estágio sucessional	Sim	Não	Menciona legislação	Sem detalhes
Inicial	5	2	0	0
Médio	16	0	4	0
Avançado	11	0	2	1
Misto	4	0	0	2
Não classifica	3	1	1	0
Total	39	3	7	3

Em apenas cinco processos foram especificadas as áreas destinadas à compensação. Embora sua localização tenha sido detalhada, não foi apresentada a caracterização das fitofisionomias presentes, o que impossibilitou verificar diretamente se as áreas propostas para compensação eram ecologicamente equivalentes às áreas afetadas. Além das medidas compensatórias territoriais, são previstos outros programas de compensação ambiental, como o resgate de flora e a coleta e realocação de *top soil*. Todos os processos analisados previram ou apresentaram descrição dos procedimentos de resgate e reintrodução de flora. Em 27 processos, foi prevista a realocação de *top soil* (Tabela 7).

Tabela 7. Programas e medidas relacionados à compensação ambiental identificados nos processos analisados. *Top soil* = previsão de coleta e realocação da camada superficial do solo; Resgate de flora = previsão de resgate de espécies vegetais nas áreas afetadas; X = medida prevista no processo; – = medida não mencionada no processo.

Número do processo	Resgate de flora	<i>Top soil</i>	Descrição da área destinada à compensação
218/2020	X	X	–
2581/2020	X	X	–
4159/2020	X	X	X
5896/2021	X	X	–
4977/2021	X	–	–
1372/2021	X	–	X
199/2023	X	X	–
2621/2022	X	–	–
2922/2022	X	–	–
1440/2023	X	X	–
2877/2022	X	X	–
3269/2022	X	X	–
15467/2026	X	X	–
4367/2022	X	X	–
7653/2026	X	X	–
1509/2023	X	–	–
3189/2022	X	X	X
1192/2024	X	X	–
1367/2024	X	–	–
1955/2023	X	X	–
2256/2024	X	X	–
3277/2022	X	–	–
3871/2021	X	X	–
455/2025	X	X	–
4682/2021 - 1	X	X	X
5253/2020	X	X	–
20842/2025	X	X	–

294/2025	X	—	—
19576/2025	X	X	—
2568/2025	X	X	—
2296/2023	X	X	—
4682/2021 - 2	X	X	—
13597/2026	X	X	—
4164/2022	X	X	—
1063/2021	X	X	X

4. DISCUSSÃO

As metodologias de coleta de dados primários adotadas apresentaram grande heterogeneidade, tanto em relação aos procedimentos aplicados quanto ao detalhamento dos dados disponibilizados. Embora a maioria dos processos contemple as etapas básicas de um levantamento florístico, foram observadas diferenças significativas na descrição dos métodos empregados, no esforço amostral e na identificação taxonômica. Além disso, há processos que não apresentam qualquer descrição metodológica. Essas limitações comprometem a avaliação da qualidade técnica dos levantamentos florísticos, além de impossibilitarem a comparabilidade entre os processos e a reprodutibilidade e confiabilidade dos estudos. As inconsistências observadas nos diagnósticos de flora corroboram os resultados de Pereira (2026), que ao analisar a qualidade técnica de EIAs, identificou lacunas metodológicas semelhantes. Analogamente, Dias *et al.* (2022) identificaram que estudos de avaliação de impacto careciam de detalhamento e rigor científico, com frequente insuficiência descritiva do delineamento amostral. Mesmo assim, os autores destacam que essas limitações raramente comprometem a expedição das licenças ambientais.

Amostragens pouco representativas podem distorcer a caracterização da comunidade vegetal e comprometer a noção real da diversidade (Ling *et al.*, 2025). Considerando que a intensidade amostral não aumentou proporcionalmente com a dimensão das ADAs, os resultados demonstraram a potencial subamostragem de áreas comparativamente maiores. Além disso, a ausência de associação entre a classe dos empreendimentos e a combinação dos métodos de levantamento revela que o grau poluidor não foi determinante para o delineamento amostral. Embora a legislação não estabeleça a classe como critério direto para a escolha dos métodos de levantamento, seria esperado que empreendimentos de maior porte e potencial poluidor apresentem diagnósticos ambientais mais robustos (Rabelo & Salgado, 2022).

A identificação taxonômica está entre as etapas mais importantes de um diagnóstico florístico. Em geral, as espécies encontradas na área de estudo foram analisadas como critério decisivo para a classificação da vegetação. No entanto, os métodos utilizados para a identificação de espécies frequentemente não foram descritos. Mesmo entre aqueles que apresentaram essa descrição, menos da metade incluía a coleta e herborização dos espécimes. Isso é grave, uma vez que a identificação baseada apenas em registros fotográficos ou observações pode ser insuficiente para a correta determinação taxonômica como identificado por Echternach *et al.* (2026) e Pereira (2026). Além disso, apenas 14% dos processos mencionaram depósito de material testemunho em herbários indexados e nenhum processo

atribuiu o voucher à lista de espécies. A falta desse procedimento compromete a rastreabilidade dos estudos.

A compatibilidade entre a lista de espécies indicadoras de estágios sucessionais da Resolução CONAMA nº423/2010 e as espécies indicadoras dos EIAs analisados foi baixa, corroborando com o resultado observado por Miola *et al.* (2019). Enquanto Miola *et al.* (2019) avaliaram a correspondência da lista legal com a flora do Campo Rupestre como um todo, o presente estudo se restringiu a análise às espécies efetivamente utilizadas como indicadoras nos estudos ambientais. Mesmo assim, a sobreposição permaneceu reduzida, reforçando a inadequação da lista prevista na resolução para a caracterização sucessional desse ecossistema. Essa limitação é reconhecida em parte dos processos, nos quais são propostas adaptações baseadas na seleção de espécies indicadoras a partir de levantamentos próprios e na relevância regional das espécies registradas. Entretanto, na ausência de uma lista norteadora legalmente prevista torna-se difícil avaliar se as espécies adotadas são suficientemente representativas para a indicação dos estágios sucessionais desse ecossistema. Além disso, esse procedimento não representa um padrão entre os processos analisados. Embora a maioria tenha complementado a classificação, as listas previstas na resolução continuaram sendo utilizadas como referência para a tipificação da vegetação. Dessa maneira, as adaptações propostas reduzem limitações da legislação, mas não as eliminam.

Considerando que a Canga é uma fitofisionomia aberta e predominantemente composta por espécies herbáceo-arbustivas, a baixa compatibilidade observada suscita outra discussão. Segundo Pimenta & Fonseca (2021), as avaliações de impacto ambiental de Minas Gerais frequentemente concentram os esforços de coleta na vegetação arbórea, enquanto ervas, arbustos e subarbustos são subamostrados em decorrência de metodologias insuficientes. Como grande parte das espécies indicadoras registradas neste estudo apresenta esses hábitos, a elevada diversidade do Campo Rupestre podem contribuir para a subestimação da correspondência observada, uma vez que parte dessas espécies pode não ser amostrada ou, mesmo quando registrada em campo, não ser adequadamente identificada. Essa interpretação é corroborada pelas limitações metodológicas já discutidas anteriormente, principalmente quanto à insuficiências na coleta de dados e nos procedimentos de identificação taxonômica.

Ainda que a Resolução CONAMA nº423/2010 preveja alguns parâmetros objetivos para a classificação, como a porcentagem de cobertura vegetal viva e a dominância de espécies indicadoras, outros parâmetros são subjetivos, como o histórico de uso, em que o peso atribuído aos diferentes tipos de impactos antrópicos variaram. Alvarenga *et al.* (2022) destacam que a

resolução não estabelece limites claros entre os estágios médio e avançado. Os efeitos dessa imprecisão foram observados neste estudo, em que processos não diferenciam esses estágios, classificando a vegetação de Canga como estágios “médio/avançado” ou “avançado/médio”. Embora essa classificação não tenha reverberado em diferenças nas medidas compensatórias propostas, ela evidencia limitações da legislação ao permitir brechas na definição da vegetação.

Os autores também destacam limitações quanto a aplicabilidade dos parâmetros previstos pela resolução, considerando-os subjetivos e incompatíveis com a singularidade ecológica do Campo Rupestre. Para Alvarenga *et al.* (2022) esses critérios não contemplam aspectos inerentes a esses ecossistemas, como a influência dos fatores edáficos e microclimáticos sobre a estrutura da vegetação, o que gera uma elevada heterogeneidade estrutural não abrangida pelos parâmetros previstos na legislação.

Miola *et al.* (2019) apontam que a resolução CONAMA nº423/2010 é inadequada para a classificação do Campo Rupestre em estágios sucessionais. Segundo os autores, essa inadequação decorre não apenas da resolução ter sido elaborada com base em outra fitofisionomia, mas também das particularidades da dinâmica sucessional do Campo Rupestre. Nesse sentido, sugerem que esses ambientes apresentam uma dinâmica mais compatível com a sucessão retrogressiva. Esse processo difere do modelo sucessional progressivo, onde há aumento progressivo de biomassa e do porte da vegetação, pois é caracterizado pela redução da estatura e na produtividade, acompanhada pelo aumento do número de espécies especialistas (Peltzer *et al.*, 2010). A variabilidade observada entre os estudos analisados está relacionada à baixa aplicabilidade do modelo ao Campo Rupestre. Como destacado por Miola *et al.* (2019), a sucessão ecológica desses ecossistemas ainda é pouco compreendida, dificultando a aplicação de instrumentos legais baseados em modelos desenvolvidos para outros tipos de vegetação.

O planejamento das medidas compensatórias e dos programas de mitigação estão entre os principais condicionantes para a concessão de licenças ambientais. Serrano & Fonseca (2024) analisaram uma grande amostra de processos de licenciamento ambiental e identificaram graves fragilidades na execução, monitoramento e comprovação da compensação ambiental. Neste estudo, além da ausência de detalhamento em parte dos processos, verificou-se a falta de padronização na forma em que medidas eram apresentadas. Enquanto alguns processos descreviam minimamente as áreas ou fitofisionomias contempladas, outros apenas mencionavam genericamente, sem especificar sua forma de implementação ou fitofisionomias efetivamente consideradas. Embora a classificação dos estágios sucessionais seja prevista na legislação vigente, não foi observado um padrão consistente entre a classificação sucessional e

a previsão de compensação ambiental. Apesar da classificação como estágio inicial não implicar automaticamente na ausência de compensação, em dois processos ela foi determinante para justificar sua não previsão.

A mera menção da Canga como alvo de compensação não garante que ela será realizada em área equivalente, uma vez que o Decreto Estadual nº 47.749/2019 estabelece que a compensação por supressão da Mata Atlântica pode ocorrer em outras fitofisionomias com características ecológicas semelhantes (Minas Gerais, 2019). Além disso, o empreendedor ainda pode optar pela regularização fundiária de áreas de conservação previamente estabelecidas, incluindo em áreas que não abrangem ecossistemas de Canga (Silveira *et al.*, 2020; Carmo & Kamino, 2023). Tendo em vista as características únicas e variáveis entre os ecossistemas sobre Canga, Silveira *et al.* (2020) concluem que não há equivalência ecológica e funcional mesmo entre os diferentes tipos de Campo Rupestre, de modo que essa flexibilização não garante a efetiva compensação desses ecossistemas.

Entre os processos analisados, apenas cinco identificaram, ainda que sucintamente a região ou propriedade onde a compensação seria realizada, e a caracterização das fitofisionomias contempladas não foram descritas. Portanto, mesmo quando a compensação era prevista, não foi possível verificar se ela ocorreria em áreas de Canga. Em um conjunto de processos de licenciamento anterior, Carmo & Kamino (2023) destacaram a situação crítica da Canga, além dos impactos inerentes à mineração, não são propostas medidas compensatórias capazes de efetivamente garantir a conservação desses ecossistemas, em muitos casos prevalece a simples regularização fundiária de áreas previamente protegidas em detrimento da criação de novas áreas destinadas à conservação. Conjuntamente, esses resultados indicam que a flexibilidade prevista na legislação, quando associada à insuficiência de informações nos processos de licenciamento, pode comprometer a efetividade da compensação ambiental e, consequentemente, a proteção de ecossistemas altamente especializados e irrecuperáveis.

5. CONCLUSÃO

A avaliação de impacto ambiental é um instrumento antecipatório e preventivo, fundamental para mitigar os efeitos negativos da exploração de recursos naturais. Para tanto, os diagnósticos ambientais devem ser realizados com rigor metodológico e científico, buscando representar adequadamente a realidade ecológica dos ecossistemas avaliados. A profundidade do diagnóstico ambiental, por sua vez, depende dos objetivos e do escopo do estudo (Sánchez, 2013). A partir de diagnósticos confiáveis é possível subsidiar decisões técnicas consistentes, na emissão de licenças ambientais e na definição de medidas compensatórias equivalentes. Por isso, quando há problemas na coleta e interpretação dos dados ou na aplicação de conceitos ecológicos, decisões quanto a mitigação dos impactos são comprometidas, podendo resultar em perdas irreversíveis de biodiversidade (Dias *et al.*, 2022).

O presente trabalho buscou compreender como a classificação dos estágios sucessionais da vegetação é realizada em estudos de impacto ambiental e como isso influencia na definição de medidas compensatórias em empreendimentos minerários que preveem supressão de vegetação nativa. Os processos analisados mostraram que tal classificação não é padronizada, carece de detalhamento metodológico, comprometendo a tomada de decisão quanto à compensação ambiental. Tais inconsistências são reflexos da ausência de critérios legais específicos que contemplem a singularidade dos ecossistemas sobre Canga.

Os resultados evidenciam a inadequação da resolução CONAMA nº 423/2010 para a aplicação aos Campos Rupestres Ferruginosos, bem como lacunas metodológicas em diferentes etapas dos diagnósticos florísticos, corroborando com evidências de outros estudos. Embora a literatura referente à compensação ambiental seja vasta, o gargalo no presente caso está, em grande medida, nos equívocos observados nos estudos sobre a sucessão ecológica, sobretudo em ecossistemas cujos processos sucessionais são pouco compreendidos.

Nesse contexto, mais do que adaptar os critérios atualmente empregados, é necessário reconsiderar a própria utilização dos estágios de sucessão ecológica progressiva como principal parâmetro para a classificação e proteção da Canga. A baixa similaridade desses ecossistemas com os Campos de Altitude, para os quais a Resolução CONAMA nº 423/2010 foi originalmente elaborada, somada as particularidades de sua dinâmica sucessional, limita a aplicação desse instrumento à Canga. Assim, conforme proposto por Miola *et al.* (2019), uma regulamentação específica para a Canga poderia estabelecer critérios fundamentos em suas particularidades ecológicas, tanto para subsidiar sua caracterização quanto para assegurar que as áreas destinadas a compensação apresentem efetiva equivalência ecológica. Diante da

reconhecida limitada capacidade de regeneração natural da Canga (Silveira *et al.*, 2026), tais medidas devem estar associadas a priorização de alternativas que evitem ou reduzam ao máximo a supressão desses ecossistemas.

6. REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, Luciano J.; CARMO, Flávio F. do; KAMINO, Luciana H.Y. Uma compensação que não compensa: o caso dos campos ferruginosos associados à Mata Atlântica em Minas Gerais. **Revista Magíster de Direito Ambiental e Urbanístico**, v. 103, 2022.
- ALVES, R.; SILVA, N. G.; OLIVEIRA, J. A.; MEDEIROS, D. Circumscribing campo rupestre: megadiverse Brazilian rocky montane savannas. **Brazilian Journal of Biology**, v. 74, n. 2, p. 355–362, 2014.
- ARRUDA, André J. *et al.* Ten principles for restoring campo rupestre, a threatened tropical, megadiverse, nutrient-impooverished montane grassland. **Restoration Ecology**, v. 31, n. 7, p. e13924, 2023.
- AZEVEDO, Luísa *et al.* On the rocks: biogeography and floristic identity of rocky ecosystems in eastern South America. **Journal of Systematics and Evolution**, v. 62, n. 2, p. 305–320, 2024.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 1, de 23 de janeiro de 1986**. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 2548–2549, 17 fev. 1986.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997**. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. *Diário Oficial da União*: seção 1, Brasília, DF, n. 247, p. 30.841–30.843, 22 dez. 1997.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 392, de 25 de junho de 2007**. Define a vegetação primária e secundária de regeneração da Mata Atlântica no Estado de Minas Gerais. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 121, p. 41–42, 26 jun. 2007.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 423, de 13 de abril de 2010**. Dispõe sobre parâmetros básicos para definição de vegetação primária e secundária de regeneração da Mata Atlântica no Estado de Minas Gerais. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 14 abr. 2010.
- BRASIL. **Decreto nº 6.660, de 21 de novembro de 2008**. Regulamenta a Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006, que dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do bioma Mata Atlântica. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 nov. 2008.
- BRASIL. **Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006**. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do bioma Mata Atlântica. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 26 dez. 2006.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Portaria nº 148, de 7 de junho de 2022**. Altera os Anexos da Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014, da Portaria nº 444, de 17 de dezembro de 2014, e da Portaria nº 445, de 17 de dezembro de 2014, referentes à atualização da Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ed. 108, p. 74, 8 jun. 2022.

BRAUN-BLANQUET, J. **Fitossociologia**: bases para el estudio de las comunidades vegetales. Madrid: Blume, 1979.

BUISSON, Elise *et al.* Resilience and restoration of tropical and subtropical grasslands, savannas, and grassy woodlands. **Biological Reviews**, v. 94, n. 2, p. 590–609, 2019.

CARMO, Flávio F. do *et al.* Communities structure and plant diversity in endangered canga (ironstone) vegetation: a reference ecosystem in the Brazilian semiarid region. **Biota Neotropica**, v. 24, n. 4, 2024.

CARMO, Flávio F. *et al.* Check-list of vascular plant communities on ironstone ranges of south-eastern Brazil: dataset for conservation. **Biodiversity Data Journal**, v. 6, p. e27032, 2018.

CARMO, Flávio F.; KAMINO, Luciana H.Y. Controversies and hidden risks in biodiversity offsets in critically threatened Canga (ironstone) ecosystems in Brazil. **Oryx**, v. 57, n. 1, p. 63–71, 2023.

CARVALHO, G. H.; CIANCIARUSO, M. V.; BATALHA, M. A. Plantminer: a web tool for checking and gathering plant species taxonomic information. *Environmental Modelling & Software*, v. 25, n. 6, p. 815–816, 2010.

CONCEIÇÃO, Abel A.; PIRANI, José R. Succession on the rocky outcrop vegetation: a rupestrian grassland scheme. In: FERNANDES, Geraldo W. (org.). *Ecology and Conservation of Mountaintop Grasslands in Brazil*. Cham: **Springer**, p. 181–203. 2016.

DIAS, Amanda M. S. *et al.* Are Environmental Impact Assessments effectively addressing the biodiversity issues in Brazil? **Environmental Impact Assessment Review**, v. 95, p. 106801, jul. 2022.

DRURY, W. H.; NISBET, C. T. Succession. **Journal of the Arnold Arboretum**, v. 54, p. 331–368, 1973.

ECHTERNACHT, Livia *et al.* Areas of endemism in the Espinhaço Range in Minas Gerais, Brazil. **Flora**, v. 206, n. 9, p. 782–791, 2011.

ECHTERNACHT, Livia *et al.* Technical quality of flora baseline surveys in environmental impact assessment: a counterproof study of a mining project in Minas Gerais, Brazil. **Impact Assessment and Project Appraisal**, p. 1–16, 2026.

FERNANDES, G. Wilson *et al.* Mining Legacy Constrains Campo Rupestre Regeneration After 50 and 300 Years. **Ecological Management & Restoration**, v. 27, n. 3, p. e70061, 2026.

FERNANDES-FILHO, Elpídio I. *et al.* The unique and endangered Campo Rupestre vegetation and protected areas in the Iron Quadrangle, Minas Gerais, Brazil. **Journal for Nature Conservation**, v. 66, p. 126131, 2022.

FILGUEIRAS, T. S.; NOGUEIRA, P. E.; BROCHADO, A. L.; GUALA II, G. F. Caminhamento: um método expedito para levantamentos florísticos qualitativos. **Cadernos de Geociências**, n. 12, p. 39–43, 1994.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). Licenças ambientais emitidas pelo Sistema de Licenciamento Ambiental (SLA). Belo Horizonte: FEAM, 2026. Base de dados geoespaciais. Disponível na Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IDE-Sisema). Acesso em: 13 de abril de 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Malha Municipal Digital. Rio de Janeiro: IBGE, 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Biomas e Sistema Costeiro-Marinheiro do Brasil: compatível com a escala 1:250 000. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. 2. ed. rev. ampl. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

INSTITUTO PRÍSTINO. Área de Aplicação da Lei da Mata Atlântica. Camada vetorial. Belo Horizonte: Instituto Prístino, 2012. Disponível em: <https://institutopristino.org.br/atlas/>. Acesso em: 13 abr. 2026.

INSTITUTO PRÍSTINO. Área de Entorno do Geossistema Ferruginoso do Quadrilátero Ferrífero. Camada vetorial. Belo Horizonte: Instituto Prístino, 2017. Disponível em: <https://institutopristino.org.br/atlas/>. Acesso em: 13 abr. 2026.

JACOBI, Claudia M. *et al.* Plant communities on ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem. **Biodiversity and Conservation**, v. 16, n. 7, p. 2185–2200, 2007.

JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO (JBRJ). Flora e Funga do Brasil. Rio de Janeiro: JBRJ, 2020.

LAMOUNIER, Wanderson L. *et al.* Influência da litologia na distribuição da cobertura vegetal e no uso do solo na Serra do Gandarela, Quadrilátero Ferrífero – MG. **Revista Geografias**, v. 6, n. 1, p. 152–165, 2010.

LE STRADIC, Soizig; FERNANDES, Geraldo W.; BUISSON, Elise. No recovery of campo rupestre grasslands after gravel extraction: implications for conservation and restoration. **Restoration Ecology**, v. 26, n. S2, 2018.

LING, Hongrui *et al.* Influence of divergent sampling intensity across plant growth forms on estimating elevational richness patterns and their drivers. **Plant Diversity**, v. 48, n. 2, p. 330–339, mar. 2025.

LOBO, João Luís; CIONI, Isabela F. Unidades de Conservação e movimentos sociais na conservação dos campos rupestres ferruginosos: Um estudo no Quadrilátero Aquífero-Ferrífero (Minas Gerais). **AMBIENTES: Revista de Geografia e Ecologia Política**, v. 6, n. 1. 2024.

MACEDO, Cássia R. *et al.* The influence of mining in the Quadrilátero Ferrífero: landscape spatial-temporal dynamics. **Journal of Hyperspectral Remote Sensing**, v. 11, n. 2, p. 96–112, 2021.

MESSIAS, Maria Cristina T. B.; CARMO, Flávio F. Flora e vegetação em substratos ferruginosos do sudeste do Quadrilátero Ferrífero. In: CARMO, Flávio F.; KAMINO, Luciana H. Y. (org.). *Geossistemas ferruginosos do Brasil*. Belo Horizonte: 3i Editora, 2015. p. 335–360.

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental. **Deliberação Normativa COPAM nº 201, de 24 de outubro de 2014**. Estabelece regra transitória até que o COPAM edite norma sobre os parâmetros básicos para a definição de estágio sucessional de formações savânicas existentes na área do mapa de aplicação da Lei Federal nº 11.428/2006, para fins de aplicação do regime jurídico de proteção do Bioma Mata Atlântica. Belo Horizonte: COPAM, 2014.s

MINAS GERAIS. Conselho Estadual de Política Ambiental. **Deliberação Normativa COPAM nº 217, de 6 de dezembro de 2017**. Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, bem como os critérios locacionais a serem utilizados para definição das modalidades de licenciamento ambiental de empreendimentos e atividades utilizadores de recursos ambientais no Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Belo Horizonte: COPAM, 2017.

MINAS GERAIS. **Decreto nº 47.749, de 11 de novembro de 2019**. Dispõe sobre os processos de autorização para intervenção ambiental e sobre a produção florestal no âmbito do Estado de Minas Gerais e dá outras providências. Diário do Executivo – Minas Gerais, Belo Horizonte, 12 nov. 2019.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Sistema de Licenciamento Ambiental (SLA): acesso visitante. Belo Horizonte: SISEMA. Disponível em: <https://www.sla.mg.gov.br/>. Acesso em: 20 abr. 2026.

MINAS GERAIS. Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Infraestrutura de Dados Espaciais do Sisema (IDE-Sisema). Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>. Acesso em: 17 abr. 2026.

MIOLA, Deise T. B. *et al.* Silent loss: misapplication of an environmental law compromises conservation in a Brazilian biodiversity hotspot. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 17, n. 2, p. 84–89, 2019.

MYERS, Norman *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853–858, 2000.

NEGREIROS, Daniel *et al.* CSR analysis of plant functional types in highly diverse tropical grasslands of harsh environments. **Plant Ecology**, v. 215, n. 4, p. 379–388, 2014.

NEVES, Danilo M. *et al.* Lack of floristic identity in campos rupestres: a hyperdiverse mosaic of rocky montane savannas in South America. **Flora**, v. 238, p. 24–31, 2018.

ONÉSIMO, Cecilia M. G. *et al.* Ecological succession in areas degraded by bauxite mining indicates successful use of topsoil. **Restoration Ecology**, v. 29, n. 1, p. e13303, 2021.

OVERBECK, Gerhard E. *et al.* Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. **Diversity and Distributions**, v. 21, n. 12, p. 1455–1460, 2015.

PELTZER, Duane A. *et al.* Understanding ecosystem retrogression. v. 80, n. 4, 2010.

PEREIRA, Estefânia I. Diagnósticos de flora em estudos de impacto ambiental: uma análise da qualidade técnica e de suas implicações para as predições de impacto no Quadrilátero Ferrífero em Minas Gerais. 2026. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2026.

PIMENTA, Mariana Antunes; FONSECA, Alberto. To what extent are threatened plant species considered in impact assessment decision-making? Insights from southeastern Brazil. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 86, p. 106516, jan. 2021.

R CORE TEAM. *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna: **R Foundation for Statistical Computing**, 2024.

RABELO, Franciely A. L.; SALGADO, Eduardo G. Caracterização dos processos de licenciamento ambiental em Minas Gerais. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 13, n. 2, p. 328–347, 2022.

RIBEIRO, Milton C. *et al.* The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141–1153, 2009.

ROESER, Hubert M. P.; ROESER, Patricia Angelika. O Quadrilátero Ferrífero – MG, Brasil: aspectos sobre sua história, seus recursos minerais e problemas ambientais relacionados. **Geonomos**, v. 18, n. 1, p. 33–37, 2010.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. 2. ed. São Paulo: **Oficina de Textos**, 2013.

SCHAEFER, C. E. G. R. *et al.* The physical environment of rupestrian grasslands (campos rupestres) in Brazil: geological, geomorphological and pedological characteristics, and interplays. In: FERNANDES, Geraldo Wilson (org.). Ecology and Conservation of Mountaintop Grasslands in Brazil. Cham: **Springer**, p. 15–53, 2016.

SERRANO, Alessandra M.; FONSECA, Alberto. License to pollute? A longitudinal analysis of environmental performance, compliance, and enforcement in 232 licensed projects in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 434, p. 139977, 2024.

SILVA, K. C. *et al.* High resilience of campos rupestres plants to the interaction of drought and fire. **Plant Biology**, v. 28, n. 3, p. 792–802, 2026.

SILVEIRA, Fernando A. O. *et al.* Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. **Plant and Soil**, v. 403, n. 1–2, p. 129–152, 2016.

SILVEIRA, Fernando A. O. *et al.* Vegetation misclassification compromises conservation of biodiversity and ecosystem services in Atlantic Forest ironstone outcrops. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 18, n. 4, p. 238–242, 2020.

SONTER, Laura J. *et al.* Global demand for steel drives extensive land-use change in Brazil's Iron Quadrangle. **Global Environmental Change**, v. 26, p. 63–72, 2014.

SOUZA, Fernanda Cristina R.; CARMO, Flávio F. Geossistemas ferruginosos no Brasil. In: CARMO, Flávio F.; KAMINO, Luciana H. Y. (org.). **Geossistemas ferruginosos do Brasil**. Belo Horizonte: 3i Editora. p. 47–76, 2015.

VASCONCELOS, Thais N. C. *et al.* Fast diversification through a mosaic of evolutionary histories characterizes the endemic flora of ancient Neotropical mountains. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, v. 287, n. 1923, p. 20192933, 2020.

VELOSO, H. P.; GÓES-FILHO, L. Fitogeografia brasileira: classificação fisionômico-ecológica da vegetação neotropical. Salvador: Projeto RADAMBRASIL, (Boletim Técnico, Série Vegetação, n. 1), 86 p. 1982.

WALKER, Joe; REDDELL, Paul. Retrogressive succession and restoration on old landscapes. In: WALKER, Lawrence R.; WALKER, Joe; HOBBS, Richard J. (ed.). *Linking restoration and ecological succession*. New York: Springer, p. 69–89. 2007.