

The background of the cover is a landscape photograph. In the foreground, on the right side, there is a large, out-of-focus statue of a person, possibly a historical figure, looking towards the left. The background shows rolling hills under a clear sky. The hills in the mid-ground are covered in green vegetation, while the hills in the far distance appear to have a reddish-brown hue, characteristic of iron-rich soil. The overall lighting is soft, suggesting a dawn or dusk setting.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE
E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA**

João Luís Lobo Monteiro de Castro

**FLORÍSTICA E CONSERVAÇÃO DE UMA ÁREA DE CANGA NA REGIÃO DO
QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS, BRASIL**

Juiz de Fora

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIODIVERSIDADE
E CONSERVAÇÃO DA NATUREZA

João Luís Lobo Monteiro de Castro

FLORÍSTICA E CONSERVAÇÃO DE UMA ÁREA DE CANGA NA REGIÃO DO
QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS, BRASIL

Juiz de Fora

2024

João Luís Lobo Monteiro de Castro

**FLORÍSTICA E CONSERVAÇÃO DE UMA ÁREA DE CANGA NA REGIÃO DO
QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Conservação da Natureza. Área de concentração: Comportamento, Ecologia e Sistemática.

Orientadora: Dra. Fátima Regina Gonçalves Salimena.

Coorientadora: Dra. Ana Paula Gelli de Faria.

Juiz de Fora

2024

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

Castro, João Luís Lobo Monteiro de.

FLORÍSTICA E CONSERVAÇÃO DE UMA ÁREA DE CANGA NA REGIÃO DO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS, BRASIL / João Luís Lobo Monteiro de Castro. – 2024.

116 f. : il.

Orientadora: Fátima Regina Gonçalves Salimena

Coorientadora: Ana Paula Gelli de Faria

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, 2024.

1. Campos rupestres. 2. Campos ferruginosos. 3. Conservação. I. Salimena, Fátima Regina Gonçalves, orient. II. Faria, Ana Paula Gelli de, coorient. III. Título.

JOÃO LUÍS LOBO MONTEIRO DE CASTRO

**FLORÍSTICA E CONSERVAÇÃO DE UMA ÁREA DE CANGA NA REGIÃO DO
QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS, BRASIL**

Dissertação
apresentada
ao Programa de Pós-
Graduação em
Biodiversidade e
Conservação da
Natureza da Universidade
Federal de Juiz de
Fora como requisito
parcial à obtenção do
título de Mestre em
Biodiversidade e
Conservação da
Natureza. Área de
concentração:
Comportamento,
Ecologia e
Sistemática.

Aprovada em 25 de setembro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Fátima Regina Gonçalves Salimena - Orientador

Universidade Federal de Juiz de Fora

Profa. Dra. Ana Paula Gelli de Faria

Universidade Federal de Juiz de Fora

Prof. Dr. Luiz Menini Neto

Profa. Dra. Livia Echternacht Andrade

Universidade Federal de Ouro Preto

Juiz de Fora, 26/08/2024.



Documento assinado eletronicamente por **Fátima Regina Gonçalves Salimena, Usuário Externo**, em 25/09/2024, às 16:36, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ana Paula Gelli de Faria, Professor(a)**, em 25/09/2024, às 17:00, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Luiz Menini Neto, Professor(a)**, em 25/09/2024, às 17:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Livia Echternacht Andrade, Usuário Externo**, em 26/09/2024, às 07:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no Portal do SEI-Ufjf (www2.ufjf.br/SEI) através do ícone Conferência de Documentos, informando o código verificador **1945999** e o código CRC **9622F3A1**.

Dedico este trabalho a todos os que dedicam
suas vidas e lutas pela *Montani Semper
Liberti.*

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação só foi possível graças ao apoio e contribuição de muitas pessoas e instituições ao longo desses dois anos de mestrado. A todos, meu mais sincero agradecimento.

Inicio agradecendo ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pela licença para a coleta de espécies ameaçadas de extinção (89537-2) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pela bolsa de pesquisa (Processo 15016-2022-2). Sou igualmente grato à CAPES pela bolsa concedida nos primeiros meses de estudo e ao projeto *IDEAWILD* pelo fornecimento de um notebook e um GPS, equipamentos fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Manifesto meu reconhecimento à Sociedade Botânica do Brasil pelo *Prêmio Scientia Amabilis*, que impulsionou o aprofundamento de questões essenciais para este trabalho.

Minha coorientadora, Ana Paula Gelli, merece um agradecimento especial. Desde a minha graduação em Direito, ela abriu as portas das Ciências Biológicas para mim e foi fundamental na minha decisão de seguir esse caminho acadêmico, voltado para as plantas e a biodiversidade dos lugares que amo.

À minha orientadora, professora Fátima Salimena, manifesto minha eterna gratidão por aceitar o desafio de me guiar em um estudo sobre a flora de um ambiente marcado por incertezas e distante das familiares Serras de Ibitipoca. Jamais esquecerei que foi você quem me ensinou a coletar e pensar minha primeira planta — a experiência que despertou uma paixão tão grande que hoje já ultrapasso 1.800 coletas. Não poderia ter uma mentora melhor.

Aos professores Luiz Menini Neto e Vinicius de Oliveira Dittrich, agradeço pelas contribuições inestimáveis em identificações, idas a campo e ideias que enriqueceram este trabalho. Tenho a alegria de chamá-los de amigos.

Expresso minha gratidão à professora Lívia Echternacht Andrade, ao professor Diego Rafael Gonzaga e às professoras Mariana Rossi e Andrea Ponzio pelos comentários e sugestões valiosas durante a qualificação.

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza da Universidade Federal de Juiz de Fora pelo suporte institucional.

Aos professores Bruno Milanez, Luiz Jardim Wanderley, Tádzio Peters, Raquel Giffoni Pinto, Gustavo Iorio, Lucas Magno, Marina Penido e Maíra Mansur, minha gratidão pela oferta da disciplina “Extrativismo Mineral, Meio Ambiente e Sociedade”, cujas

discussões foram cruciais para a construção deste estudo. Um agradecimento especial ao Sandoval Souza Pinto, à Márcia Braga e ao Movimento dos Atingidos por Barragens pela incansável luta em defesa das serras e águas de Congonhas.

Aos amigos do Herbário Leopoldo Krieger (CESJ): Bia, Caio, João, Gabi, Júlia, Beatriz e Laquisa meu obrigado pelas horas compartilhadas, ajuda nas montagens e pelos cafés que tornaram essa jornada mais leve. Um agradecimento especial à Andressa por aceitar o desafio de ampliar o conhecimento sobre a Serra do Pires e suas misteriosas orquídeas.

Ao Henrique Migliorini, minha gratidão pelo trabalho conjunto na construção do texto, análise das coletas e idas a campo. Que sorte a minha contar com sua amizade!

Expresso minha profunda gratidão aos amigos Ítalo Pereira, Natália Coimbra, Emanuel Coimbra, Sarah Queiroz, Wellerson Picanço, Flávio do Carmo, Luciana Kamino, Vitor Araújo, Alexandre Magno, Fran Logan, Márcia Campos e Isabela Cioni, cujas valiosas contribuições foram fundamentais, seja nos trabalhos de campo, seja em outras áreas do conhecimento, enriquecendo significativamente este projeto. Ao Hugo Cordeiro meu muito obrigado por todas as colaborações, em especial aos relatórios que tanto ajudaram na proteção da Serra do Pires.

Aos moradores do Pires, meu profundo agradecimento por permitirem o acesso às suas terras e por compartilharem a luta pela proteção desse pedaço tão rico de montanha.

Reconheço também a parceria com o Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais, em nome de Gabriela Brito, durante o PAT-Espinhaço, que nos permitiu desvendar o verdadeiro estado de uma pérola vermelha: a maravilhosa *Cattleya milleri*.

Finalmente, agradeço aos meus pais, Zita e Vanderlei, pela paciência com as bagunças de plantas secando pela casa e pela ajuda logística indispensável. À minha irmã, Isabela, agradeço por sempre reforçar a importância deste trabalho, especialmente nos momentos mais difíceis. Ao meu namorado, Anderson, meu muito obrigado por estar ao meu lado em cada passo desta jornada, desde a organização das coletas até as ideias compartilhadas. Você foi essencial.

Por fim, à minha primeira professora de botânica e sobre ser mineiro, Tonha, meu agradecimento eterno por me ensinar as bases que me trouxeram até aqui.

Tudo exportar bem depressa,
Suando as rotas camisas.
Ficam buracos? Ora essa,
O que vale são divisas
Que tapem outros “buracos”
Do tesouro nacional,
Deixando em redor os cacos
De um país colonial.

[...]

E vem de cima um despacho
Autorizando: derruba!
Role tudo, de alto a baixo,
Como, ao vento, uma embaúba!

E o pico de Itabirito
Será moído, exportado.
Só quedará no infinito
Seu fantasma desolado.

O Pico de Itabirito
Carlos Drummond de Andrade

RESUMO

Este estudo tem como foco a biodiversidade e a conservação dos Campos Rupestres Ferruginosos (CRF), também conhecidos como cangas ferruginosas, localizados na região do Quadrilátero Aquífero-Ferífero (QAF) em Minas Gerais, Brasil. Reconhecida por sua alta diversidade biológica e elevado grau de endemismo, essa região enfrenta ameaças significativas devido às intensas atividades de mineração e à insuficiência de medidas de proteção ambiental. A pesquisa concentra-se na Serra do Pires, localizada ao sul do QAF, uma área que abriga uma extensa formação de canga ferruginosa, cuja flora é, em grande parte, desconhecida pela ciência. O inventário florístico realizado na Serra do Pires identificou 484 espécies de plantas vasculares, distribuídas em 309 gêneros e 98 famílias, das quais 18 são endêmicas do Quadrilátero Ferrífero e 23 encontram-se em alguma categoria de ameaça. Esses dados refletem a singularidade dos ecossistemas locais e a predominância de fitofisionomias características, como campos limpos e sujos com matacões e cangas. Além disso, o estudo avalia a distribuição e o estado das Unidades de Conservação (UCs) no QAF, revelando uma proteção desigual e insuficiente dos CRF, áreas de alta biodiversidade. A análise espacial, combinada com dados de Modelos Digitais de Elevação (MDE), mostra que aproximadamente 12,65% do QAF, situado acima de 1.100 metros de altitude, pode ser classificado como CRF. No entanto, as UCs existentes são inadequadas para garantir a conservação efetiva desses ecossistemas. O estudo também destaca a importância dos movimentos sociais na proteção ambiental, que emergem como atores essenciais na defesa de áreas críticas, como o Pico da Pedra Grande e a Serra do Pires, apontando para a necessidade de políticas públicas mais robustas e uma abordagem integrada na gestão do território para assegurar a preservação da biodiversidade.

Palavras-chave: campos rupestres; campos ferruginosos; conservação.

ABSTRACT

This study focuses on the biodiversity and conservation of Ferruginous Rupestrian Grasslands (FRG), also known as ferruginous cangas, located in the Quadrilátero Aquífero-Ferífero (QAF) region in Minas Gerais, Brazil. Renowned for its high biological diversity and elevated endemism, this region faces significant threats due to intense mining activities and insufficient environmental protection measures. The research focuses on Serra do Pires, located in the southern part of the QAF, an area that houses extensive ferruginous canga formations, whose flora is largely unknown to science. The floristic inventory conducted in Serra do Pires identified 484 species of vascular plants, distributed across 309 genera and 98 families, 18 of which are endemic to the Quadrilátero Ferrífero and 23 are listed under some threat category. These data reflect the uniqueness of the local ecosystems and the predominance of characteristic physiognomies such as clean and dirty fields with rock outcrops and cangas. Additionally, the study assesses the distribution and status of Conservation Units (CUs) in the QAF, revealing uneven and insufficient protection of the FRG, areas of high biodiversity. Spatial analysis, combined with data from Digital Elevation Models (DEM), shows that approximately 12.65% of the QAF, located above 1,100 meters in altitude, can be classified as FRG. However, the existing CUs are inadequate to ensure effective conservation of these ecosystems. The study also highlights the importance of social movements in environmental protection, emerging as essential actors in defending critical areas such as Pico da Pedra Grande and Serra do Pires, pointing to the need for more robust public policies and an integrated approach to land management to ensure biodiversity preservation.

Keywords: rupestrian grasslands; ferruginous grasslands; conservation.

DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

Este estudo destaca a importância dos Campos Rupestres Ferruginosos da Serra do Pires, uma região montanhosa ao sul do Quadrilátero Ferrífero, em Minas Gerais, Brasil. Esses campos rupestres são ecossistemas únicos, ricos em biodiversidade, e abrigam muitas plantas que só existem nesse local. No entanto, essas áreas estão sob ameaça devido à intensa atividade de mineração, que representa um risco significativo para a sobrevivência dessas espécies raras. Por meio de levantamento detalhado, foram registradas 484 espécies de plantas, distribuídas em 309 gêneros e 98 famílias. Entre essas plantas, 18 espécies são exclusivas do Quadrilátero Ferrífero e 23 estão em risco de extinção. Essa descoberta revela que os Campos Rupestres Ferruginosos abrigam uma diversidade biológica extraordinária, com espécies que ainda não foram completamente estudadas e algumas até desconhecidas pela ciência. O estudo também chama a atenção para a falta de áreas protegidas adequadas para preservar esses ecossistemas. Embora uma parte significativa da região esteja acima de 1.100 metros de altitude e possa ser considerada como Campos Rupestres Ferruginosos, as Unidades de Conservação existentes não cobrem de forma eficiente essas áreas de alta biodiversidade. Isso significa que muitas dessas plantas raras e seus habitats estão desprotegidos e vulneráveis às pressões da mineração. Além de apontar a necessidade urgente de políticas públicas mais robustas para proteger esses ecossistemas, o estudo destaca o papel crucial que os movimentos sociais desempenham na defesa dessas áreas. Esses movimentos têm sido fundamentais na proteção de locais críticos, como o Pico da Pedra Grande e a Serra do Pires, mostrando que a participação da sociedade é essencial para a conservação do patrimônio natural do Brasil. Em resumo, este estudo não apenas revela a incrível riqueza biológica dos Campos Rupestres Ferruginosos, mas também alerta para os perigos que esses ecossistemas enfrentam. Proteger esses ambientes é essencial não só para preservar a biodiversidade, mas também para garantir a saúde ambiental e o bem-estar das comunidades que dependem desses ecossistemas. A pesquisa reforça a necessidade de uma abordagem integrada e participativa para a gestão e conservação dessas áreas, assegurando que a riqueza natural da região seja mantida para as futuras gerações.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 — Localização da Serra do Pires, Congonhas, Minas Gerais, Brasil.....	24
Figura 2 — Fitofisionomias da Serra do Pires, Congonhas, Minas Gerais, Brasil.....	26
Figura 3 — Número de espécies para as famílias mais representativas registradas na Serra do Pires, Congonhas, Minas Gerais, Brasil.....	29
Figura 4 — Número de espécies dos gêneros mais representativos registrados na Serra do Pires, Congonhas, Minas Gerais, Brasil.....	30
Figura 5 — Proporção de hábitos das espécies registradas na Serra do Pires, Congonhas, Minas Gerais, Brasil.....	31
Figura 7 — Espécies endêmicas da Serra do Pires, Congonhas, Minas Gerais, Brasil.....	33
Figura 8 — Mapa das Unidades de Conservação nos municípios do Quadrilátero Aquífero-Ferrífero de Minas Gerais.....	62
Figura 9 — Mapa de uso e ocupação do solo nas áreas acima de 1.100 m de altitude nos municípios do Quadrilátero Aquífero-Ferrífero.....	65
Figura 10 — Mapa de uso e ocupação do solo em Congonhas, Minas Gerais, Brasil.....	68

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL.....	14
2 CAPÍTULO 1: FLORÍSTICA DE UM COMPLEXO RUPESTRE FERRUGINOSO NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS, BRASIL.....	19
2.1 RESUMO.....	20
2.2 INTRODUÇÃO.....	21
2.3 MATERIAL E MÉTODOS.....	23
2.3.1 Área de estudo.....	23
2.3.2 Estudo florístico.....	28
2.4 RESULTADOS.....	29
2.4.1 Composição florística.....	29
2.5 DISCUSSÃO.....	36
2.6 REFERÊNCIAS.....	41
3. CAPÍTULO 2: UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E MOVIMENTOS SOCIAIS NA CONSERVAÇÃO DOS CAMPOS RUPESTRES FERRUGINOSOS: UM ESTUDO NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO-AQUÍFERO (MINAS GERAIS).....	50
3.1 RESUMO.....	51
3.2 O QUADRILÁTERO AQUÍFERO-FERRÍFERO (QAF).....	57
3.3 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO (UCS) DO QAF.....	59
3.4 ONDE ESTÃO OS CAMPOS RUPESTRES FERRUGINOSOS? UMA PINCELADA SOBRE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO.....	64
3.5 POR QUE TÃO DIFÍCIL PROTEGER? ESTADO DE (DES)PROTEÇÃO E O CASO DE CONGONHAS E O MOVIMENTO PELA SERRA DO PIRES.....	66
3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73
3.7 REFERÊNCIAS.....	74
CONCLUSÃO GERAL.....	82

REFERÊNCIAS (Introdução Geral).....	83
APÊNDICE A — TABELA FLORÍSTICA.....	86
APÊNDICE B — TABELAS DO CAPÍTULO 2: UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E MOVIMENTOS SOCIAIS NA CONSERVAÇÃO DOS CAMPOS RUPESTRES FERRUGINOSOS: UM ESTUDO NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO-AQUÍFERO (MINAS GERAIS).....	114

1 INTRODUÇÃO GERAL

A denominação “Serra do Espinhaço” foi difundida no século XIX pelo geólogo alemão Wilhelm Eschwege, que a empregou de forma sistemática em sua obra *Pluto Brasiliensis* (1833). Em alusão à configuração linear e proeminente dessa cadeia montanhosa, frequentemente comparada a uma espinha dorsal, Eschwege consolidou o termo, que se tornou amplamente aceito na literatura científica. Contratado pela Coroa Portuguesa, Eschwege foi encarregado de realizar levantamentos geológicos no Brasil visando identificar novas oportunidades de exploração mineral, em resposta ao declínio do ciclo do ouro. A escolha da Serra do Espinhaço como foco de suas investigações reflete sua relevância econômica e geológica, sendo uma região rica em depósitos de ouro, diamante, bauxita, cobre, alumínio e ferro (Brasil, 2023).

Do ponto de vista geológico, a litologia da Serra do Espinhaço é composta predominantemente por rochas altamente resistentes ao intemperismo, como quartzitos e formações ferruginosas, datadas entre 2,5 e 1,8 bilhões de anos (Knauer, 2007; Alekmin; Marshak, 1998). Essas rochas contribuíram para a formação de ambientes geomorfológicos únicos, permitindo o desenvolvimento de uma vegetação altamente adaptada a condições climáticas e edáficas extremas. Segundo Messias (2011), essas fitofisionomias, desenvolvidas sobre quartzitos e rochas ferruginosas, receberam diferentes denominações ao longo do tempo, como “campo limpo” (Hoehne, 1923) e “campo alpino” (Silveira, 1922). Foi Magalhães (1966) quem primeiro denominou a vegetação dos afloramentos da Serra do Espinhaço de “campos rupestres”. Desde então, o termo tem sido amplamente utilizado para descrever as fitofisionomias que crescem em áreas de altitude sobre afloramentos de quartzito e formações ferruginosas, abrangendo a Cadeia do Espinhaço, a Serra da Canastra, a Serra de Ibitipoca, bem como formações similares em Goiás, Mato Grosso do Sul e Pará (Silva, 2021; Takahasi; Meirelles, 2014; Lima et al., 2010).

Rizzini (1979) adotou os termos “campo rupestre ferruginoso” e “canga” para descrever as formações vegetais associadas a rochas ferruginosas, denominações que têm sido amplamente utilizadas para as fitofisionomias dos afloramentos presentes nas serras do Quadrilátero Ferrífero desde então. Essa região, também conhecida como Quadrilátero Aquífero-Ferrífero (Coelho, 2012), abrange aproximadamente 7 mil quilômetros quadrados no extremo sul da Cadeia do Espinhaço e é reconhecida como um dos maiores centros de diversidade florística da América do Sul (Harley, 1995; Giulletti et al., 1997). Caracterizado

por terrenos extremamente antigos e de geologia complexa, o Quadrilátero destaca-se pela presença de serras com solos ricos em ferro, onde se desenvolvem fitofisionomias intimamente ligadas a essa composição química, com destaque para os campos rupestres ferruginosos, que representam um exemplo emblemático da interação entre geologia e vegetação (Jacobi; Carmo, 2008).

Embora publicações recentes ainda se refiram às fitofisionomias ferruginosas do Quadrilátero Ferrífero como “canga” ou “campo rupestre ferruginoso”, Rizzini (1979) já havia identificado a heterogeneidade florística desses ambientes, propondo uma distinção entre dois tipos: “canga couraçada”, para formações lateríticas maciças, e “canga nodular”, para aquelas constituídas por rochas ferruginosas fragmentadas. Posteriormente, Semir (1991), ao explorar a diversidade de ambientes em solos ferruginosos, cunhou o termo “complexo rupestre ferruginoso”. Esse termo vem sendo amplamente utilizado para descrever a riqueza de ambientes e a complexidade florística dos ecossistemas ferruginosos (Martins, 2021; Oliveira, 2018; Schaefer, 2015; Messias, 2011).

As plantas dos afloramentos ferruginosos, adaptadas a ambientes antigos com condições edáficas, térmicas, climáticas e hídricas extremamente desafiadoras, evoluíram diversas estratégias para sobreviver. Esses fatores resultaram em uma flora rica em endemismos e alta diversidade, fazendo dessas regiões hotspots de biodiversidade (Silveira et al., 2016; Martins, 2021). Contudo, essas plantas são vulneráveis a alterações antrópicas que modifiquem suas condições naturais. Estudos indicam que uma parte significativa da flora dos campos rupestres ferruginosos é endêmica (Carmo, 2010). Embora haja uma lacuna na avaliação do risco de extinção, dados do CNCFlora mostram que um número considerável dessas espécies está ameaçado, algumas delas classificadas como criticamente ameaçadas.

Uma parte significativa dos campos rupestres ferruginosos do Quadrilátero Ferrífero já foi drasticamente alterada pela mineração de ferro, e as áreas protegidas restantes são insuficientes, enfrentando constantes ameaças de redução pelo poder público (Manuelzão, 2023; ALMG, 2007). Além disso, a legislação vigente é inadequada para atender às especificidades desses campos, onde a proteção legal no Quadrilátero Ferrífero depende de uma interpretação extensiva da Lei da Mata Atlântica, que não considera plenamente as características de um ambiente campestre com baixa capacidade de regeneração natural (Alvarenga; Carmo; Kamino, 2022).

Apesar de os municípios do Quadrilátero Ferrífero estarem entre as áreas mais intensamente ocupadas de Minas Gerais, a distribuição dos estudos sobre a flora é desigual,

concentrando-se em algumas regiões específicas. Em diversas localidades, o número de coletas científicas é extremamente baixo. Por exemplo, enquanto o município de Ouro Preto possui mais de 45 mil registros, Belo Vale conta com apenas 366, de acordo com dados do SPLink (2024). Muitas áreas dos campos rupestres ferruginosos apresentam dificuldades de acesso, tanto devido ao relevo acidentado quanto ao fato de muitas dessas regiões estarem sob propriedade de empresas de mineração, o que limita o acesso da comunidade científica.

Congonhas, localizada na porção sudoeste do Quadrilátero Ferrífero (QF), exemplifica bem o cenário dos campos rupestres ferruginosos. Situada a cerca de 80 quilômetros de Belo Horizonte, a cidade é conhecida tanto por seu papel histórico no ciclo do ouro quanto pelo maior conjunto arquitetônico barroco das Américas, um patrimônio da humanidade reconhecido pela UNESCO. Nas proximidades do centro histórico, as serras do limite sul da Serra da Moeda abrigam grandes minas de minério de ferro, destacando-se a Mina Casa de Pedra, responsável por cerca de 80% da produção da Companhia Siderúrgica Nacional. Segundo dados do Mapbiomas (2024), a área de exploração mineral no município aumentou de 1.489 hectares em 1985 para 4.361 hectares em 2022, muitas delas sobre antigas formações de campos rupestres ferruginosos. Congonhas possui apenas uma Unidade de Conservação, criada como medida de compensação ambiental (Lobo; Cioni, 2024).

O histórico de exploração de ferro em Congonhas remonta aos primórdios da extração desse mineral nas Américas, sendo nesse município que foi instalada a primeira indústria metalúrgica do continente (Landgraf et al., 2021). Atualmente, mais de 60% das áreas originais de Campos Rupestres da cidade foram alteradas pela mineração (Lobo; Cioni, 2024). Entre as poucas áreas preservadas, destaca-se a Serra do Pires, localizada no bairro de mesmo nome. Esse conjunto de escarpas, que compõe a paisagem dos doze profetas de Aleijadinho, permaneceu relativamente intacto até 2019. Nesse ano, atividades de exploração na área suscitaram debates entre os moradores, preocupados com a preservação dos recursos hídricos e da paisagem cultural protegida. Dessa forma, este estudo procurou compreender a biodiversidade vegetal da localidade e analisar a importância de sua proteção em um contexto ambiental e cultural único.

A Serra do Pires, foco do estudo, é ocasionalmente denominada Morro de Santo Antônio por alguns historiadores de Congonhas e registrada como Pico do Engenho pelo Banco de Nomes Geográficos do Brasil, vinculado ao IBGE (2024). No entanto, em consonância com os relatos dos moradores do bairro Pires e respaldado por registros históricos de Martius (1817) e pelos estudos geológicos de Guild (1957) e Dorr (1969), conclui-se que essas denominações correspondem a formações vizinhas: Pico do Engenho

identifica o ponto culminante onde se localiza a mina Casa de Pedra e Morro de Santo Antônio refere-se ao morro quartzítico entre o Engenho e o Pires. A adoção dessa interpretação busca maior precisão terminológica e alinha a nomenclatura utilizada na dissertação ao contexto histórico, geográfico e cultural da região, valorizando o conhecimento local sem desconsiderar referências científicas.

Dada a complexidade e a relevância dos temas abordados no trabalho, foi imprescindível recorrer a autores de diversas áreas do conhecimento, especialmente das Ciências Naturais e Humanas. O termo "Quadrilátero Aquífero-Ferrífero" foi adotado para enfatizar a relação intrínseca entre os ciclos hídricos e as formações rochosas do Quadrilátero Ferrífero, desafiando a lógica que historicamente privilegia o minério de ferro em detrimento dos recursos hídricos. No entanto, por ainda não ser amplamente aceito nas Ciências Naturais, sua utilização foi restrita ao segundo estudo, enquanto a nomenclatura tradicional "Quadrilátero Ferrífero" foi mantida na primeira parte da dissertação. Além disso, no segundo capítulo, a compreensão dos ambientes campestres sobre formações ferruginosas na Serra do Pires ainda era incipiente, justificando a não adoção do termo "complexo rupestre ferruginoso" naquele momento.

Em termos de representatividade de coleta, o levantamento florístico realizado neste estudo desempenhou um papel fundamental ao revelar a flora da Serra do Pires, que até então não possuía registros nas bases de dados, exceto uma exsicata coletada por Carl Friedrich Philipp von Martius em 1817. Além de preencher essa lacuna histórica, o estudo contribuiu significativamente para ampliar o conhecimento sobre a flora de Congonhas. Atualmente, o município possui 3.316 registros, dos quais 862 foram gerados por esta pesquisa, representando cerca de 26% do total e resultando em um aumento de 35,12% no número de registros disponíveis segundo o SpeciesLink (<http://smlink.cria.org.br>).

Durante o desenvolvimento da pesquisa, a divulgação de dados preliminares e a descoberta de espécies extremamente raras, como a *Cattleya milleri*, mobilizaram a opinião pública e fortaleceram iniciativas voltadas à proteção da área. Em decorrência disso, a Serra do Pires tornou-se foco de importantes propostas legislativas e administrativas, como o Projeto de Lei estadual nº 1.367/2023, que visa transformá-la em Monumento Natural, e o Projeto de Lei municipal nº 91/2023, que propõe sua inclusão no tombamento da Serra Casa de Pedra. Além disso, o Decreto nº 7.687/2023 estabeleceu uma limitação administrativa provisória na área. Apesar de representarem avanços significativos, nenhuma dessas medidas foi ainda aprovada em caráter permanente.

Assim, o primeiro capítulo é dedicado a investigar e registrar, a flora da Serra do Pires. O estudo revelou 521 táxons, dos quais 37 permanecem em investigação e 484 espécies de plantas vasculares foram identificadas, incluindo várias endêmicas e ameaçadas. A pesquisa também examina a diversidade de ambientes presentes na área, destacando as fitofisionomias únicas dos campos ferruginosos. Esses resultados não apenas evidenciam a complexidade e singularidade desse complexo rupestre, mas também expõem as limitações das atuais estratégias de conservação. A análise sublinha, assim, a urgente necessidade de políticas públicas mais eficazes e direcionadas para proteger essa biodiversidade tão valiosa e vulnerável.

No segundo capítulo, o foco se amplia para avaliar criticamente o estado de proteção dos CRF, analisando a distribuição e a eficácia das Unidades de Conservação (UCs) dentro do QAF. O estudo examina a disparidade na proteção das áreas de alta biodiversidade, como os CRF, que estão sob constante pressão da mineração. Por meio de análises espaciais e do uso de Modelos Digitais de Elevação (MDE), a pesquisa evidencia a correlação entre a localização das UCs, o uso da terra e a atividade minerária, ressaltando a necessidade de estratégias integradas de gestão territorial. Além disso, o trabalho destaca o papel crucial dos movimentos sociais na defesa ambiental, demonstrando como sua atuação em áreas críticas, como o Pico da Pedra Grande e a Serra do Pires, é essencial para promover uma conservação que esteja alinhada com a proteção efetiva e socialmente orientada do patrimônio natural do QAF.

2 CAPÍTULO 1: FLORÍSTICA DE UM COMPLEXO RUPESTRE FERRUGINOSO NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO, MINAS GERAIS, BRASIL

(Artigo submetido ao periódico *Acta Botanica Brasilica*)

Autores: João Luís Lobo Monteiro de Castro¹, Henrique Migliorini Claudino², Flávio Fonseca do Carmo³, Ana Paula Gelli de Faria⁴, Fátima Regina Gonçalves Salimena⁵.

¹ Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, <https://orcid.org/0000-0001-5763-386X>, joao.lobo@direito.ufjf.br.

² Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, 36036-330, Juiz de Fora–MG, Brasil, <https://orcid.org/0009-0006-6944-9115>, henriquemigliorini90@gmail.com.

³ Instituto Prístino, 30642-180, Belo Horizonte–MG, Brasil, <https://orcid.org/0000-0002-5423-7957>, flavio@institutopristino.org.br.

⁴ Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Botânica, 36036-330, Juiz de Fora–MG, Brasil, <https://orcid.org/0000-0003-0126-0317>, ana.gelli@ufjf.br.

⁵ Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, 36036-330, Juiz de Fora–MG, Brasil, <https://orcid.org/0000-0002-9000-4683>, frsalimena@gmail.com.

2.1 RESUMO

Esse estudo apresenta a riqueza de espécies da flora dos Campos Rupestres Ferruginosos da Serra do Pires, localizada ao sul do Quadrilátero Ferrífero no estado de Minas Gerais, região fortemente ameaçada pela exploração da mineração. A vegetação é formada por um complexo de florestas estacionais semidecíduais montanas e campo ferruginosos com fitofisionomias distintas, onde predominam os campos limpos e campos sujos, com matações e cangas. Foram encontradas 484 espécies de plantas vasculares, distribuídas em 309 gêneros e 98 famílias. Dezenove espécies são endêmicas do Quadrilátero Ferrífero, com 23 em alguma categoria de ameaça. O hábito herbáceo é predominante representado por 257 espécies (49%) refletindo a expressão dos campos ferruginosos na área. Os resultados indicam uma composição florística complexa e única, com várias espécies endêmicas e táxons ainda desconhecidos para a ciência, distribuídos em ambientes singulares. A discussão sublinha a inadequação das estratégias de conservação atuais e sugere a necessidade urgente de políticas públicas mais robustas e específicas para proteção desses ambientes, considerando sua alta diversidade biológica e o risco iminente imposto pela mineração.

Palavras-chave: Cadeia do Espinhaço; canga; conservação; endemismo; mineração; Floresta Atlântica; Cerrado.

ABSTRACT

The present study presents species richness for the flora in the Ferruginous Rupestrian Grasslands of the Pires Mountain Range, located south of the Ferriferous Quadrangle in the state of Minas Gerais, a region under strong threat by mining exploration. The vegetation is composed by a complex of montane semideciduous seasonal forests and ferruginous grasslands with distinct phytophysionomies, where “campo limpo” and “campo sujo” are predominant, alongside boulders and cangas. We found 484 vascular plant species, distributed within 309 genera and 98 families. Nineteen species are endemic to the Ferriferous Quadrangle, and 23 have some endangered status. Herbaceous habit is predominant, found in 257 species (49%), reflecting the expressiveness of ferruginous grasslands in the area. The results point to a complex and unique floristic composition, with many endemic species and taxa still unknown to science, spread over unique environments. Our discussion underlines the

inadequacy of the current conservation strategies and suggests the urgent need for more robust and specific public policies for the protection of these environments, considering their high biological diversity and the imminent risk imposed by mining.

Keywords: Espinhaço Range; *canga*; conservation; endemism; mining; Atlantic Forest; Cerrado.

2.2 INTRODUÇÃO

A Cadeia do Espinhaço, uma cordilheira formada por serras e planaltos entre 800 e 2300 m de altitude se estende por 1200 km na direção N-S na região leste do Brasil, sendo o mais extenso e contínuo cinturão orogênico pré-cambriano da Plataforma Sul-Americana (Almeida-Abreu; Renger, 2002; Magalhães Júnior *et al.*, 2015; Milagres *et al.*, 2023). Ao norte, tem seus limites no estado da Bahia, na região da Chapada Diamantina e em Minas Gerais, se estende até a Serra de Ouro Branco, incluindo o Quadrilátero Ferrífero (QF), uma província mineral (Alkimin; Marshak, 1998; Knauer, 2007; Echternacht *et al.*, 2011). Geologicamente, a Cadeia do Espinhaço é composta por rochas altamente resistentes ao intemperismo, principalmente quartzitos e formações ferríferas (Saadi, 1995).

Sobre o substrato rochoso, acima dos 900 m de altitude, estabeleceu-se um complexo mosaico vegetacional altamente adaptado a condições climáticas e edáficas críticas, os campos rupestres (Porembski; Barthlott, 2000; Michael; Lindenmayer, 2012). Localizados entre os domínios fitogeográficos da Floresta Atlântica e do Cerrado, dois hotspots de biodiversidade (Myers *et al.*; 2000; Mittermeier *et al.*, 2004), os campos rupestres apresentam alta diversidade biológica, que inclui cerca de 15% de todas as espécies vegetais do Brasil em uma área menor que 1% do território nacional, abrigando 40% das espécies endêmicas (BFG, 2015; Silveira *et al.*, 2016).

Estudos florísticos e taxonômicos têm sido realizados para compreender os fatores que promovem a notável diversidade e endemismo nos campos rupestres, sugerindo que essas áreas desempenham um papel crucial como refúgios para linhagens antigas e como ambientes propícios para a evolução de novas espécies (Bitencourt; Rapini, 2013). A interação complexa entre diversos fatores edáficos e ambientais, juntamente com a dispersão das populações, a estabilidade climática e a baixa fertilidade do solo, são elementos determinantes para a exuberância da sua flora, identificando os campos rupestres como um “Old, Climatically

Buffered, Infertile Landscapes (OCBIL)” (Hooper, 2009; Oliveira *et al.*, 2015; Silveira *et al.*, 2016).

A alta biodiversidade apresentada pelos campos rupestres está relacionada, em parte, pela diversidade de microambientes (Benites *et al.*, 2007; Badia *et al.*, 2021) com formação de substratos distintos, reconhecidos sob diferentes denominações (Rizzini, 1979; Semir, 1991). Os geossistemas ferruginosos do QF (Schaefer *et al.*, 2015) incluem um complexo de ambientes de campos rupestres ferruginosos (CRF) ou cangas, bem com outras fitofisionomias associadas aos substratos ferruginosos, distintos floristicamente da vegetação sobre quartzito (Jacobi; Carmo, 2008). Com distribuição restrita e de difícil acesso, representam um dos complexos vegetacionais menos conhecidos do Brasil (Jacobi; Carmo, 2008). Os estudos nesses ambientes na área do QF demonstram uma flora extraordinária, com mais de 2900 espécies de plantas, muitas delas ameaçadas, endêmicas ou com distribuição populacional concentrada nos solos ricos em ferro (Carmo *et al.*, 2018).

As rochas com elevadas concentrações de ferro e manganês, e temperaturas que podem ultrapassar os 60 °C (Vianna; Lombardi, 2007; Carmo *et al.*, 2018), onde os CRF se desenvolvem, são também os locais de maior interesse para a indústria mineral. A Sinclinal Moeda, um dos principais conjuntos montanhosos do QF, reúne mais de 1/3 das reservas de minério de ferro de Minas Gerais, 23% das reservas do Brasil e 7% das reservas conhecidas no mundo (Guimarães; Paiva, 2008),

O conhecimento da flora do QF ainda é considerado limitado, apesar do esforço para a identificação da riqueza florística e de grupos taxonômicos específicos para a região (Andrade *et al.*, 1986; Grandi *et al.*, 1988; Peron, 1989; Brandão; Gavilanes, 1990; Brandão *et al.*, 1991; Brandão; Silva, 1993; Brandão *et al.*, 1994; Mendonça, 2006; Mourão; Stehman, 2007; Viana, 2007; Ataíde *et al.*, 2011; Messias, 2011; Messias *et al.*, 2012; Scalon *et al.*, 2012; Krahl, 2015; Messias *et al.*, 2017; Silva *et al.*, 2023; Almeida *et al.*, 2023). Alguns destes estudos apontam a existência de um complexo de ambientes (Andrade *et al.*, 1986; Brandão; Gavilanes, 1990; Oliveira, 2016), aumentando a dificuldade para a conservação da biodiversidade nessas áreas com lacunas de conhecimento na borda oeste, especialmente na Sinclinal Moeda.

A situação crítica para a conservação da biodiversidade na região do QF é reforçada num quadro atual no qual os campos ferruginosos já perderam irreversivelmente metade de sua área original, destacando a insuficiência das áreas protegidas neste ambiente (Salles *et al.* 2019; (Lobo; Cioni, 2024). Esta situação se agrava ainda mais com a transição energética em

curso, que visa substituir a matriz fóssil por fontes de energia renováveis e que exigirá um aumento de mais de 100% na produção de diversos minerais, muitos deles presentes nessas áreas (Milanez, 2021).

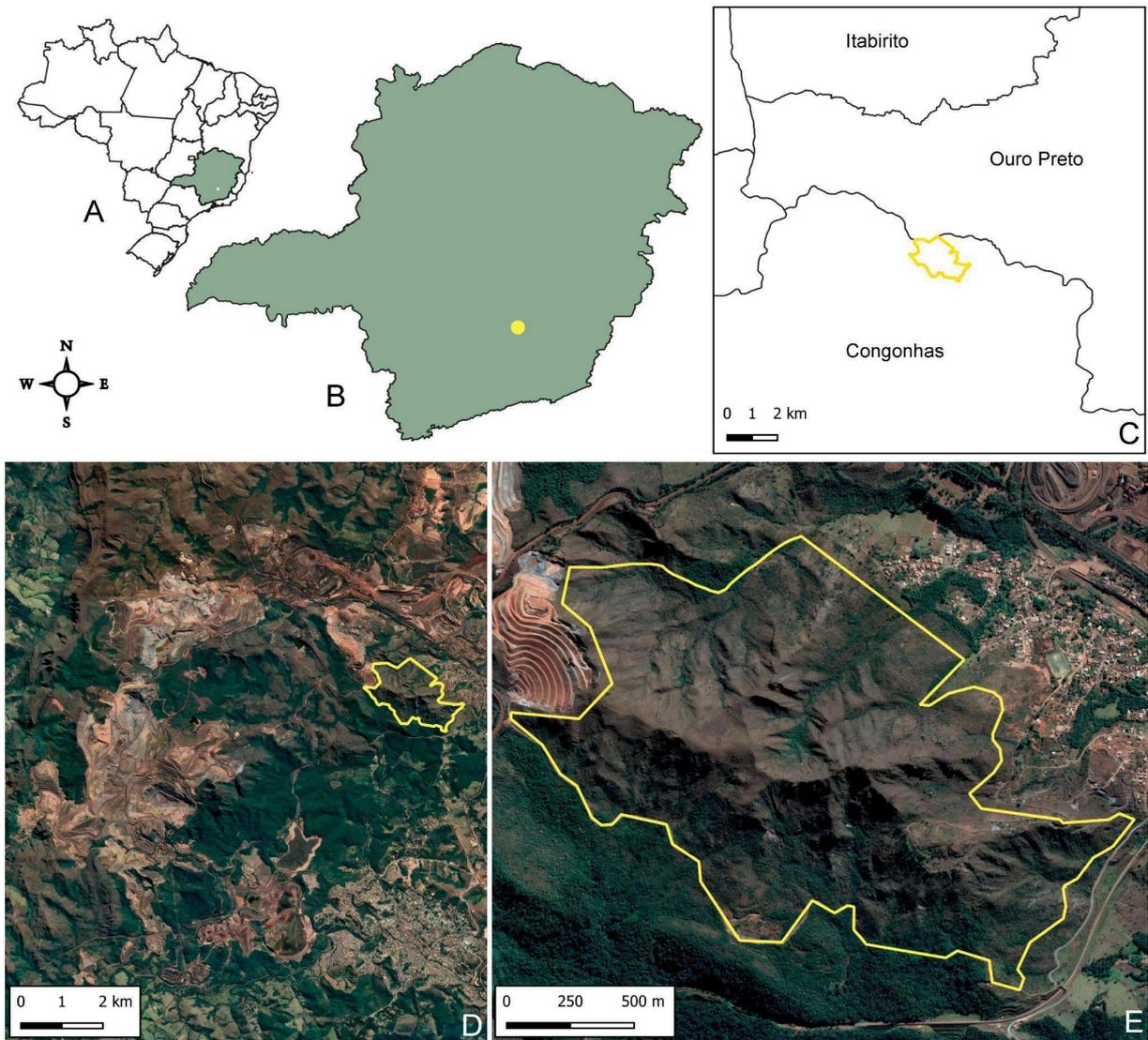
Este estudo foi desenvolvido em uma das poucas áreas preservadas no contexto minerário do QF, a Serra do Pires. Seu objetivo é conhecer a flora desta formação de campo rupestre ferruginoso, bem como as diferentes fitofisionomias apresentadas neste ambiente e suas relações florísticas. Além da necessidade crítica de expandir o conhecimento sobre a riqueza da flora desta área, os resultados poderão subsidiar políticas de conservação e gestão ambiental de complexos rupestres ferruginosos cercados por grandes áreas antrópicas e auxiliar na criação de Unidades de Conservação para proteção da biodiversidade.

2.3 MATERIAL E MÉTODOS

2.3.1 Área de estudo

A Serra do Pires localiza-se no município de Congonhas, extremo sul da Cadeia do Espinhaço, estado de Minas Gerais, entre as coordenadas 20°26'40.71"S e 43°51'34.13"W. Está inserida na Sinclinal Moeda, Série Itacolomi, com litologia predominantemente formada por sequências supracrustais vulcano-sedimentares de quartzito-ferruginoso e itabiritos paleoproterozóicos, com idades entre 2350 e 2100 Ma (Guild, 1957; Duque, 2018) (Figura 1).

Figura 1 — Localização da Serra do Pires, Congonhas, Minas Gerais, Brasil



Legenda: A: Localização em relação ao Brasil. B: Localização em relação à Minas Gerais. C: Localização em relação ao município de Congonhas. D: Limites da área com destaque para a presença de mineração e ocupação urbana. E: Limites geográficos da área de estudo.

Fonte: Menini (2024) com os dados de Google Earth (2023) (D-E).

Distante cerca de 15 km da região central do município, a área apresenta cerca de 243 hectares em altitudes entre 1090 e 1300 m, inserida entre dois *hotspots*, a Mata Atlântica e o Cerrado (Myers *et al.*, 2000; Mittermeier *et al.*, 2004), apresentando um complexo singular de formações vegetais sobre matriz ferruginosa.

O clima na região é do tipo (Cwb) subtropical de altitude, conforme a classificação de Köppen (1936). A média anual de temperatura é de 21.1 °C e a distribuição das chuvas indica

uma estação seca de abril a setembro e uma estação chuvosa de outubro a março, com média anual de 1359.2 mm (Congonhas, 2018).

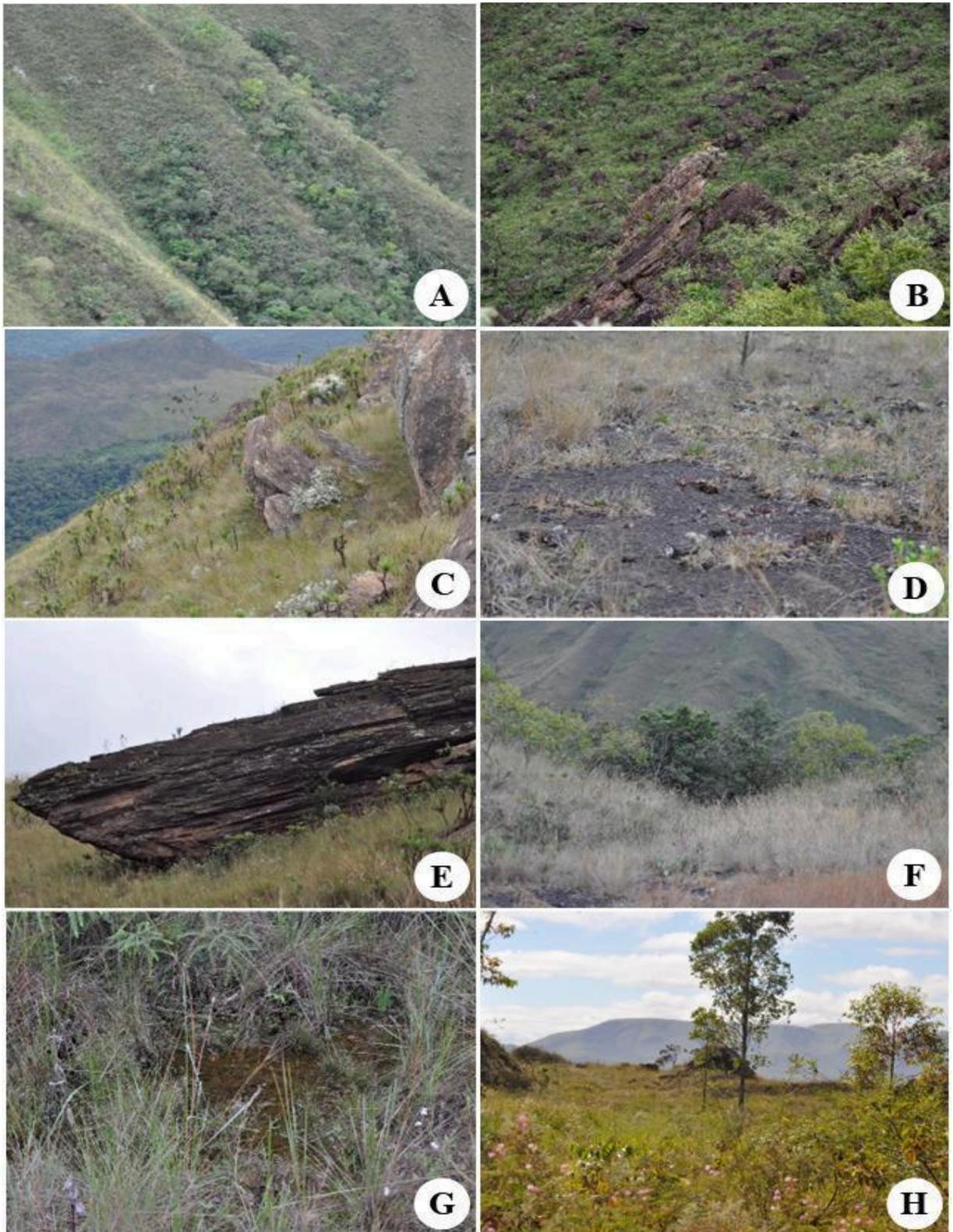
A caracterização do complexo vegetacional da Serra do Pires apresentada a seguir, foi baseada em Rizzini (1979) e Martins e Cavararo (2012), IBGE (2012), além da literatura específica sobre os campos rupestres ferruginosos (Andrade *et al.*, 1986; Grandi *et al.*, 1988; Peron, 1989; Brandão; Gavilanes, 1990; Brandão *et al.*, 1991; Brandão; Silva Filho, 1993; Brandão; Silva Filho, 1994; Mendonça, 2006; Mourão; Stehmann, 2007; Viana; Lombardi, 2007; Ataíde *et al.*, 2011; Messias, 2011; Messias *et al.*, 2012; Scalon *et al.*, 2012; Krahl, 2015; Silva *et al.*, 2023).

O complexo vegetacional apresenta formações florestais e campestres, representadas por afloramentos de canga e grandes extensões de campos limpos, capões e matas semidecíduas (Figura 2). As florestas e capões se localizam nos fundos de vales e sobre dolinas, onde os solos são mais profundos pelo acúmulo de matéria orgânica, predominando as formações de Floresta Estacional Semidecidual Submontana. Nas partes com inclinação mais elevada, são encontradas formações campestres e afloramentos rochosos, com predomínio de campos sujos nas áreas medianas. Com o aumento da altitude, o solo se torna mais pedregoso, surgindo os campos sujos, caracterizados por grandes manchas de cangas nodulares, um tipo de solo composto por diversos fragmentos de rochas e minerais ferruginosos de variada penetrabilidade (Rizzini, 1979). Nas regiões mais elevadas, encontram-se os campos limpos, intercalados por grandes blocos e afloramentos de itabirito, pequenas porções de canga nodular e áreas mais extensas de cangas couraçadas, definidas como uma concreção ferrosa altamente laterizada, formando uma laje contínua (Rizzini, 1979).

Ocorrendo de forma dispersa e irregular, algumas fitosionomias ocupam uma área menor que 5% da Serra do Pires: canga couraçada, vegetação sobre matacões de itabirito, capões de mata sobre canga, brejo ferruginoso e áreas antrópicas.

A Floresta Estacional Semidecidual Submontana (FESS, S2), ocorre em altitudes entre 1000 e 1100 m, localizada próximos a córregos e pequenos riachos, resultando em depósitos aluvionares e acúmulo de matéria orgânica, formando contínuos florestais com blocos de itabirito em seu interior (Figura 2B).

Figura 2 — Fitofisionomias da Serra do Pires, Congonhas, Minas Gerais, Brasil



Legenda: A. Floresta Estacional Semidecidual Submontana. B. Campo sujo ferruginoso. C. Campo limpo ferruginoso. D. Canga couraçada. E. Matacões de itabirito. F. Capões de canga. G. Brejo ferruginoso. H. Área antropizada.

Fonte: Gelli (2024) com as fotos de Pedro Nobre (2023) (A, C) e João L. Lobo (2023) (B, D, E, F, G, H).

Os campos sujos ferruginosos (CSF, S4) estão localizados em altitudes entre 1100 e 1170 m, com declividades que ultrapassam os 30%. Os solos dessa área apresentam um alto teor de quartzito ferruginoso intemperizado e manchas de cangas nodulares, além de grandes matacões de itabirito entre diversos arbustos e árvores retorcidas. Já os campos limpos ferruginosos (CLF, S3), situam-se entre 1170 e 1320 m de altitude, com uma inclinação média de 12%. Esta fitosionomia é marcada por grandes extensões de campos com gramíneas que dominam desde as porções medianas até os cumes dos morros, intercaladas por plantas lenhosas de porte reduzido, e solo caracterizado por cangas nodulares (Figura 2).

A canga couraçada (CC, S7) está representada por áreas com inclinação média de 3.1%, a 1200 m de altitude, totalmente exposta ao sol, com pouquíssima matéria orgânica e altas temperaturas, favorecendo a presença de espécies suculentas com adaptações típicas de ambientes xéricos, como espinhos. As cangas couraçadas são distinguíveis pelas grandes couraças lateríticas enegrecidas, ricas em fragmentos de hematita e outros minerais ferruginosos cimentados e compactados (Figura 2).

Os matacões de itabirito (MI, S1) na Serra do Pires constituem um ambiente formado por grandes blocos de itabirito bandado, dispersos aleatoriamente por toda a extensão da área estudada, apresentando também diferentes graus de inclinação. Esses matacões, sendo essencialmente grandes blocos de pedra desprendidos, servem como ilhas ecológicas para o estabelecimento de centenas de espécies de plantas. A hematita presente neste tipo de rocha é um minério de ferro altamente valorizado pela indústria de mineração (Figura 2).

Capões de mata sobre canga (CMC, S5) se destacam na paisagem, como manchas florestais isoladas em meio a um ambiente dominado por afloramentos rochosos e formações campestres. Estes capões surgem em áreas onde a crosta laterítica está profundamente degradada, resultando em solos mais profundos e porosos que permitem o desenvolvimento de uma estrutura vegetacional arbórea (Figura 2).

Nas áreas de baixa drenagem formam-se brejos ferruginosos (BF, S6), que permanecem alagados durante todo o ano, embora o volume de água seja drasticamente reduzido no inverno. Destacam-se na paisagem como manchas de musgos, licófitas e gramíneas em meio aos campos sujos repletos de árvores. Localizados a uma altitude de 1090 m, com uma inclinação média de 2%. Principalmente no inverno se destacam significativamente do entorno predominantemente seco e rochoso (Figura 2).

Cercada por uma extensa área de mineração, um bairro residencial e uma comunidade quilombola, a paisagem da Serra do Pires reflete a complexa interação entre atividades

humanas e ecossistemas naturais. A presença da mineração é marcante, com sinais visíveis de atividade que se estendem até os limites da área de estudo. Algumas dessas áreas foram recém-adquiridas por empresas de mineração no ano de 2023, enquanto outras tiveram suas atividades encerradas há décadas (Menegassi, 2023). Essas zonas, fortemente modificadas pela ação humana, foram identificadas como áreas antrópicas (AA, S8), e estão situadas entre 1000 e 1150 m de altitude, com inclinações bastante variáveis devido às alterações no solo. Essas áreas apresentam uma paisagem bastante distinta das demais formações naturais da Serra do Pires, mesmo em altitudes e graus de inclinação semelhantes.

2.3.2 Estudo florístico

Foram realizadas expedições de campo mensais de janeiro a dezembro de 2023, para coleta de material botânico, seguindo a técnica de caminhamento (Filgueiras *et al.*, 1994), percorrendo todas as fitofisionomias da área de estudo. Os exemplares férteis de plantas vasculares foram coletados e herborizados seguindo a metodologia de Fidalgo e Bononi (1984) e depositados no Herbário CESJ (acrônimo segundo Thiers, continuamente atualizado), da Universidade Federal de Juiz de Fora. Os espécimes foram georreferenciados com GPS e fotografados em campo com câmera digital.

A identificação das espécies foi baseada na literatura especializada e consulta a especialistas. Foram incluídas em nossa listagem registros de coletas que antecederam este estudo, presentes nos herbários virtuais Reflora (<https://reflora.jbrj.gov.br>) e SpeciesLink (<http://splink.cria.org.br>). Foram considerados os táxons identificados até o nível de gênero para o checklist. A grafia dos nomes e os respectivos autores das espécies seguiram a base Flora e Funga do Brasil (<https://floradobrasil.jbrj.gov.br>). A classificação taxonômica das Angiospermas corresponde ao APG IV (APG, 2016), e das Samambaias e Licófitas segue PPG I (2016). A terminologia utilizada para definição dos hábitos das espécies, segue Gonçalves e Lorenzi (2011). A distribuição geográfica das espécies foi verificada utilizando a Flora e Funga do Brasil 2020 (<https://floradobrasil.jbrj.gov.br>), bases de dados online (<http://reflora.jbrj.gov.br/>, <http://splink.cria.org.br/>).

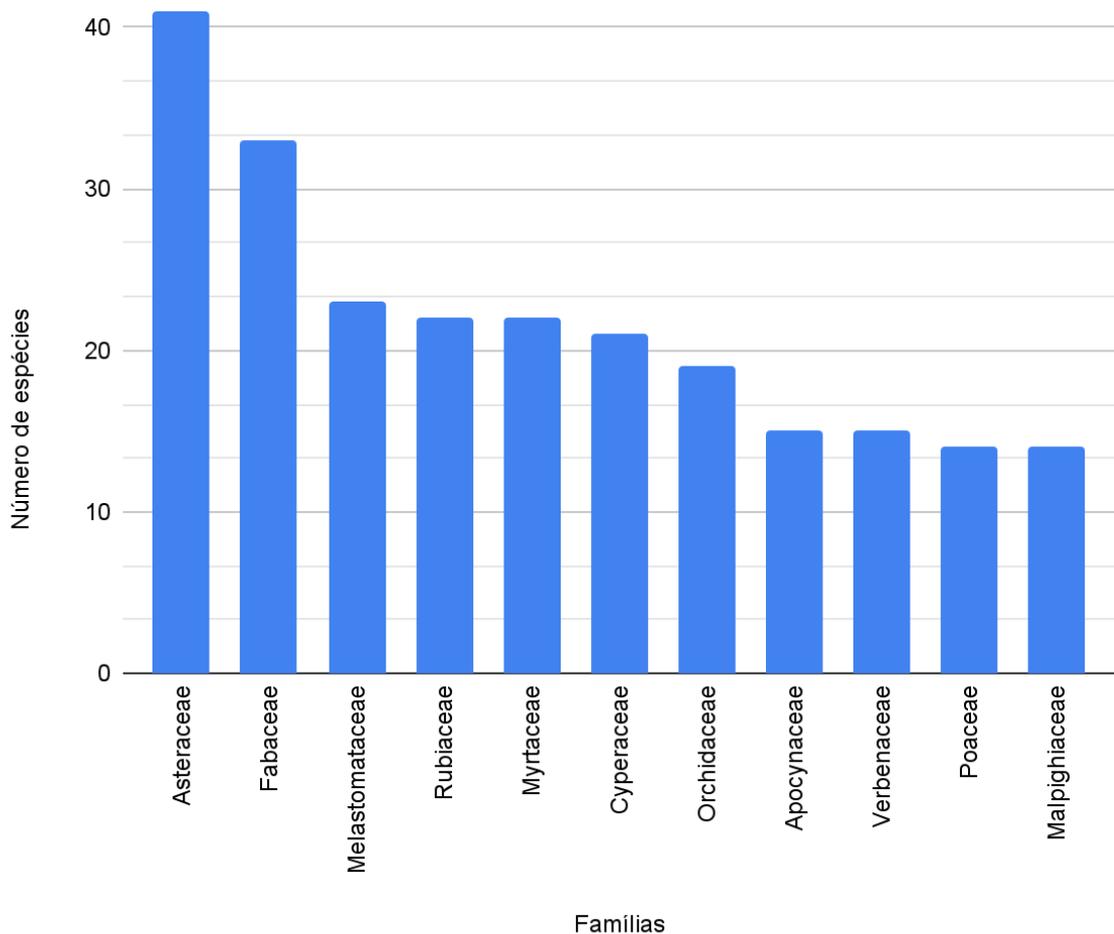
O reconhecimento do *status* de conservação das espécies, em nível nacional, está conforme o CNCFlora (<http://cncflora.jbrj.gov.br>) e a Portaria n.º 148/2022 do MMA (2022) e, em nível estadual, de acordo Drummond *et al.* (2008).

2.4 RESULTADOS

2.4.1 Composição florística

Encontramos 484 espécies de plantas vasculares, distribuídas em 98 famílias e 309 gêneros, 37 táxons seguem sendo investigados quanto a espécie (Tabela 1). As famílias com maior riqueza de espécies são: Asteraceae (41 spp.), Fabaceae (33 spp.), Melastomataceae (23 spp.), Rubiaceae e Myrtaceae (22 spp. cada), Cyperaceae (21 spp.), Orchidaceae (19 spp.), Apocynaceae e Verbenaceae (15 spp. cada), Poaceae e Malpighiaceae (14 spp. cada), reunindo 45.9% de todas as espécies da área de estudo (Figura 3).

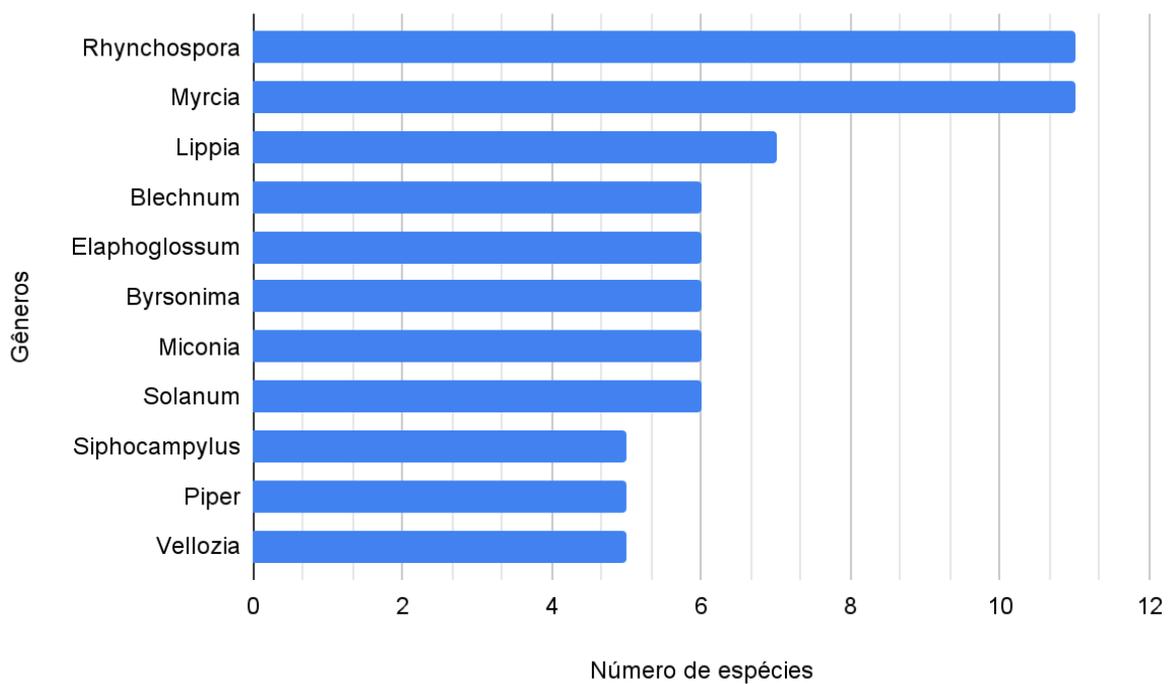
Figura 3 — Número de espécies para as famílias mais representativas registradas na Serra do Pires, Congonhas, Minas Gerais, Brasil



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Dentre os 11 gêneros com maior riqueza de espécies, destacam-se *Rhynchospora* (Cyperaceae) e *Myrcia* (Myrtaceae) com 11 spp. cada, *Lippia* (Verbenaceae) com 7 spp., *Blechnum* (Blechnaceae), *Elaphoglossum* (Dryopteridaceae), *Byrsonima* (Malpighiaceae), *Miconia* (Melastomataceae) e *Solanum* (Solanaceae) com 6 spp. cada e *Siphocampylus* (Campanulaceae), *Piper* (Piperaceae) e *Vellozia* (Velloziaceae) com 5 spp. cada (Figura 4). Também se encontram em análise, por especialistas, quatro prováveis novas espécies para as famílias Bromeliaceae, Blechnaceae e Polypodiaceae. Foram encontradas 46 espécies de Pteridófitas, duas de licófitas e mais 16 táxons distintos desses dois grupos cuja identidade ainda continua sendo investigada.

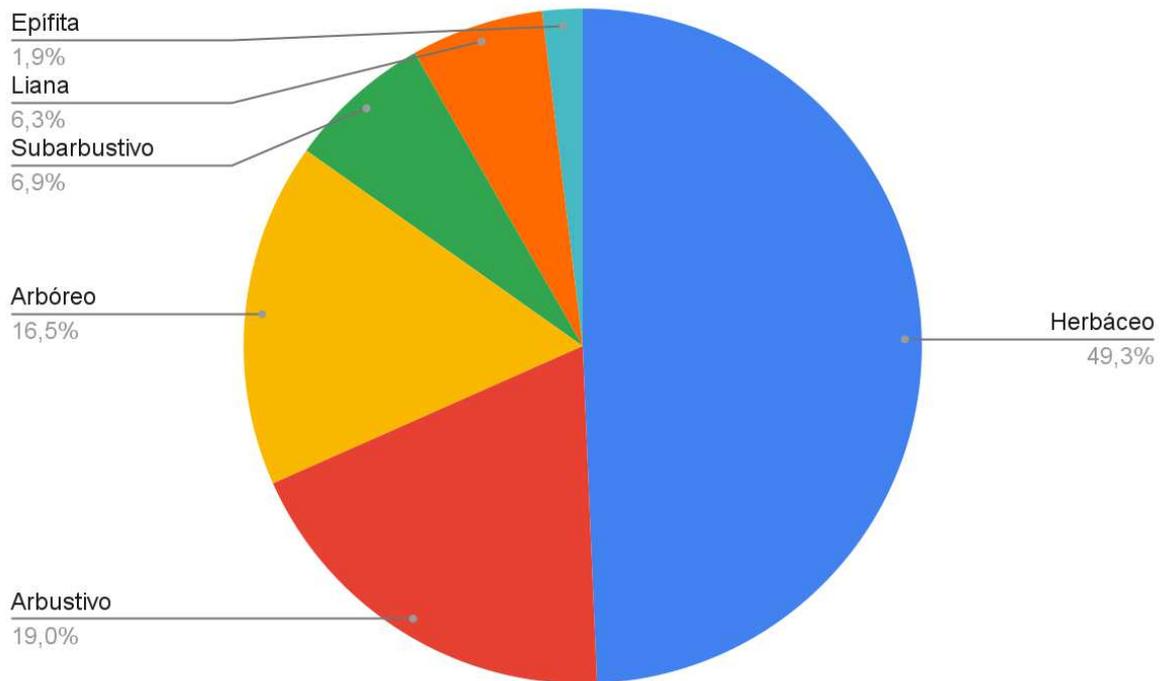
Figura 4 — Número de espécies dos gêneros mais representativos registrados na Serra do Pires, Congonhas, Minas Gerais, Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

O hábito herbáceo é representado pela maior riqueza, com 257 spp. (49.3%), seguido pelo arbustivo com 99 spp. (19%), arbóreo com 86 spp. (16.5%), subarbustivo com 36 spp. (6.9%), lianas por 33 spp. (6.3%) e epífitas por 10 spp. (1.9%). (Figura 5).

Figura 5 — Proporção de hábitos das espécies registradas na Serra do Pires, Congonhas, Minas Gerais, Brasil



Fonte: Elaborado pelos autores (2024).

Apesar de uma porcentagem significativa (73%) das espécies neste estudo ainda não terem sido avaliadas quanto ao *status* de conservação, dentre as já avaliadas, 23 espécies se encontram em algum grau de ameaça nacional, sendo oito categorizadas como “Quase Ameaçadas”, seis como “Vulnerável”, oito como “Em Perigo” e a orquídea *Cattleya milleri* categorizada como “Críticamente em Perigo”. Em nível estadual dez estão na categoria “Vulnerável”, sete “Em Perigo” e seis se encontram como “Críticamente em Perigo”: *Arthrocerus glaziovii*, *Cattleya milleri*, *Paspalum brachytricum*, *Calibrachoa elegans*, *Lippia florida* e *Lippia oxycnemis*.

Foram registradas 19 espécies endêmicas do Quadrilátero Ferrífero (Figuras 6 e 7): *Aiouea tetragona* (Lauraceae) (Fig. 6A), *Arthrocerus glaziovii* (Cactaceae) (Fig. 6B), *Aspilia caudata* (Asteraceae) (Fig. 6C), *Barbacenia itabirensis* (Velloziaceae) (Fig. 6D), *Barbacenia luzulifolia* (Velloziaceae), *Cattleya millerii* (Orchidaceae) (Fig. 6E), *Ditassa pedunculata* (Apocynaceae) (Fig. 6F), *Eriosema pycnanthum* (Fabaceae), *Lupinus comptus* (Fabaceae), *Mimosa pogocephala* (Fabaceae) (Fig. 7B), *Hoplocryptanthus schwackeanus* (Bromeliaceae) (Fig. 7A), *Vriesea minarum* (Bromeliaceae) (Fig. 7F), *Paepalanthus amoenus* (Eriocaulaceae)

(Fig. 7C), *Paepalanthus blepharocnemis* (Eriocaulaceae), *Paepalanthus vestitus* (Eriocaulaceae) (Fig. 7D), *Paspalum brachytrichum* (Poaceae), *Sinningia rupicola* (Gesneriaceae) (Fig. 7E), and *Styrax aureus* (Styracaceae).

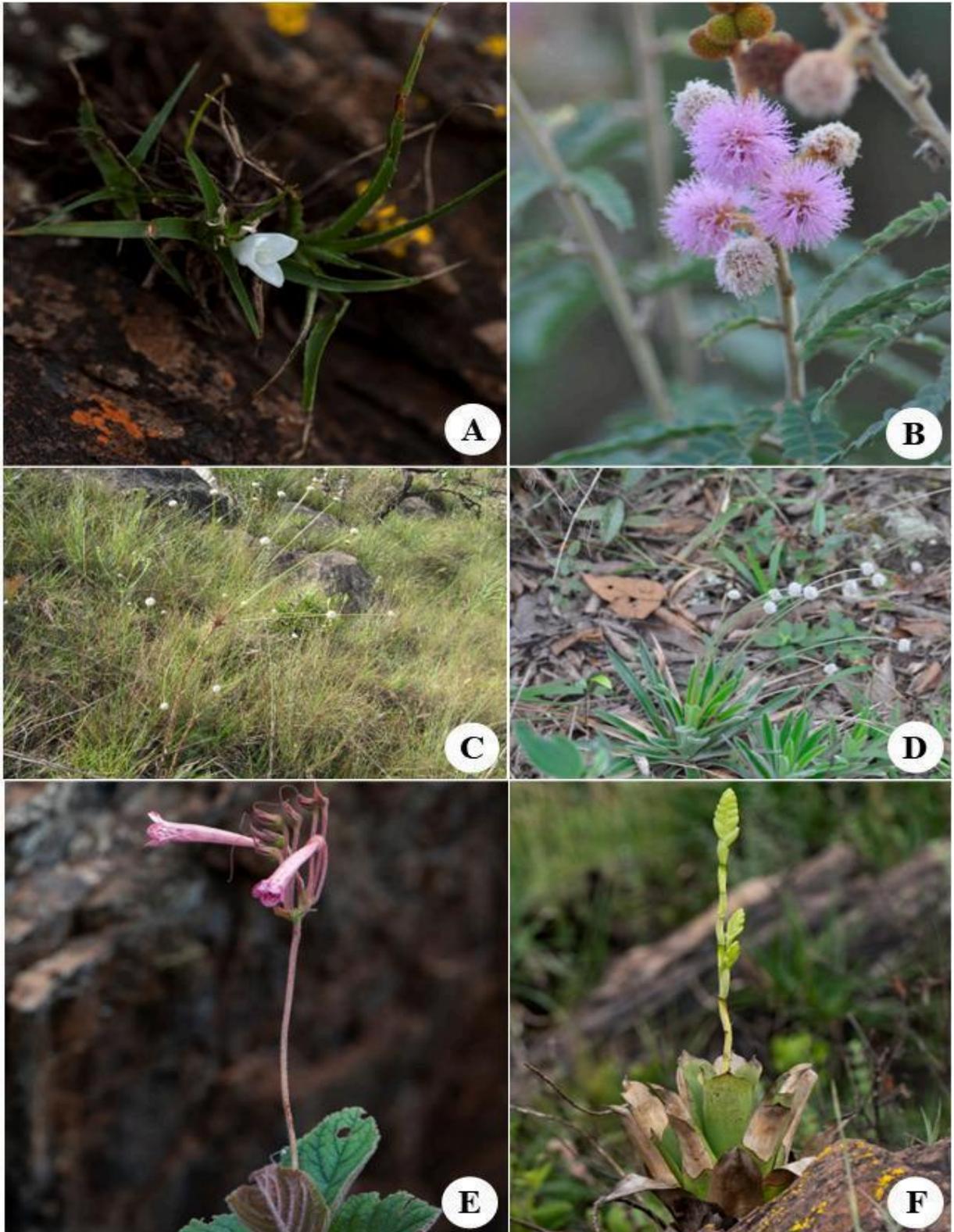
Figura 6 — Espécies endêmicas da Serra do Pires, Congonhas, Minas Gerais, Brasil



Legenda: A. *Aiouea tetragona*. B. *Arthrocerus glaziovii*. C. *Aspilia caudata*. D. *Barbacenia itabirensis*. E. *Cattleya millerii*. F. *Ditassa pedunculata*.

Fonte: Gelli (2024) com as fotos de João L. Lobo (2023) (A–C, E, F) e de Pedro H. Nobre (2023) (D).

Figura 7 — Espécies endêmicas da Serra do Pires, Congonhas, Minas Gerais, Brasil



Legenda: A. *Hoplocryptanthus schwackeanus*. B. *Mimosa pogocephala*. C. *Paepalanthus amoenus*. D. *Paepalanthus vestitus*. E. *Sinningia rupicola*. F. *Vriesea minarum*.

Fonte: Gelli (2024) com as fotos de João L. Lobo (2023) (B–D) e Pedro H. Nobre (2023) (A, E, F).

As formações florestais reúnem 129 espécies, com a maior riqueza encontrada nas florestas estacionais semidecíduais submontanas, fitofisionomia representada por 108 espécies distribuídas em 48 famílias e 91 gêneros. Deste total, Melastomataceae (9 spp.), Rubiaceae (8 spp.), Asteraceae, Cyperaceae e Myrtaceae (5 spp. cada) se destacam como as famílias mais representativas. O hábito herbáceo é representado por 46% do total das espécies, seguido pelo arbóreo (25%), arbustivo (17.1%), subarbustivo (5.4%) e pelas lianas e epífitas (3.1% cada). Nos capões de mata sobre canga ocorrem 27 táxons, distribuídos em 17 famílias, sendo Myrtaceae (6 spp.), Orchidaceae (3 spp.), Melastomataceae, Bromeliaceae e Santalaceae (2 spp. cada) as mais representativas. Neste ambiente, o hábito predominante é arbóreo, representado por 37% das espécies, seguido pelo herbáceo (33.3%), pelas epífitas (11.1%), arbustos e lianas (7.4% cada) e pelos subarbustos (3.7%).

Nas florestas estacionais semidecíduais submontanas, a ocorrência de várias espécies ciófitas ou heliófitas facultativas, com presença significativa de samambaias dos gêneros *Elaphoglossum*, *Blechnum*, *Amauropelta* e a alta representatividade de espécies de Thelypteridaceae, ressalta a singularidade deste ambiente, incluindo ainda o registro de *Paepalanthus vestitus* (Eriocaulaceae), espécie endêmica do QF. Nesse ambiente, a maioria das espécies herbáceas foram encontradas em borda de florestas e clareiras, formadas pelos grandes blocos de itabirito. Entre as fitofisionomias florestais, nos capões de mata sobre canga são encontradas grandes populações de *Clusia mexiae* (Clusiaceae), alcançando até cinco metros de altura, servindo como forófitos para *Philodendron minarum* (Araceae) e *Prosthechea pachysepala* (Orchidaceae). Além disso, diversas espécies de epífitas e rupícolas se beneficiam crescendo nessas áreas abrigadas da radiação solar. No interior dos capões são formados microambientes muito úmidos onde samambaias e musgos se desenvolvem com abundância, abrigando comunidades de *Acianthera ramosa* (Orchidaceae). A alta riqueza de espécies destaca esses microambientes como locais com a maior diversidade de epífitas da Serra do Pires. Além disso, duas possíveis novas espécies de Blechnaceae e Polypodiaceae, foram registradas nesta área.

Os campos sujos ferruginosos representam 28.3% da riqueza total, com 147 espécies distribuídas em 46 famílias e 112 gêneros. Asteraceae (13 spp.) se destaca como a família mais representativa, seguida por Myrtaceae e Malpighiaceae (12 spp. cada), Fabaceae e Melastomataceae (11 spp. cada). Nesta fitofisionomia 35.8% das espécies são herbáceas, 23.6% árvores, 21.6% arbustos, 10.8% subarbustos e 8.1% lianas, sem registro de espécies epífitas. Neste ambiente, se destacam grandes populações de *Plenckia populnea*

(Celastraceae) e *Vochysia thyrsoidea* (Vochysiaceae) em solos menos pedregosos, e *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae) predominante nas áreas líticas.

Os campos limpos abrigam 90 espécies, distribuídas em 33 famílias, sendo Poaceae (10 spp.), Asteraceae e Apocynaceae (9 spp. cada), Cyperaceae (8 spp.) e Verbenaceae (7 spp.) as mais representativas. Os gêneros com maior riqueza de espécies são: *Rychnosphora* (Cyperaceae), *Blepharodon* (Apocynaceae) e *Lippia* (Verbenaceae). As espécies herbáceas representam 63.1%, seguidas pelos arbustos 16.8%, árvores/arvoretas 6.3%, lianas 7.3% e subarbustos 6.3%. Nessa fitofisionomia, formam-se grandes extensões de populações de *Vellozia variabilis* e *V. compacta* (Velloziaceae) sobre canga nodular. Somados aos campos sujos, os campos limpos ferruginosos representam a paisagem predominante na Serra do Pires, e reúnem 225 espécies, quase metade da riqueza total da flora encontrada neste estudo.

Nos brejos ferruginosos estão distribuídas 21 espécies em 14 famílias, com maior riqueza para Melastomataceae e Cyperaceae (3 spp. cada), Asteraceae, Droseraceae e Rubiaceae (2 spp. cada). O hábito predominante é o herbáceo (63.6%), seguido pelo arbustivo (27.2%), subarbustivo e pelas lianas (4.5% cada). Em pequenas extensões de solo hidromórfico, os brejos ferruginosos abrigam uma flora exclusiva, dominada por espécies bem adaptadas a estes ambientes encharcados, como Droseraceae, Xyridaceae, Utriculariaceae, e *Lavoisiera imbricata* (Melastomataceae). As espécies se distribuem sobre um abundante tapete de musgos com a ocorrência de orquídeas sazonais dos gêneros *Cleistes* e *Habenaria* que se estabelecem na estação chuvosa.

Associadas aos matacões de itabirito foram encontradas 67 espécies e 33 famílias., com maior representatividade para Bromeliaceae (7 spp.), Velloziaceae (5 spp.) e Gesneriaceae (4 spp.), além do predomínio de herbáceas (58.5% das espécies), seguido por arbustos (20%), árvores e lianas (7.1% cada), subarbustos (4.2%) e epífitas (2.8%). Nos matacões de itabirito dispersos pela Serra do Pires, semelhante às cangas couraçadas, espécies de monocotiledôneas rupícolas ocorrem com grande frequência, formando maciços que, devido ao isolamento proporcionado pela rocha, são protegidos do fogo. Nestes locais isolados e com alta concentração de ferro, a estrutura rochosa repleta de fendas e fissuras abriga com exclusividade sete das 17 plantas endêmicas do QF na área de estudo: *Aiouea tetragona*, *Barbacenia luzulifolia*, *Cattleya millerii*, *Hoplocrypanthus schwackeanus*, *Sinningia rupicola*, *Styrax aureus* e *Vriesea minarum*.

Sobre as cangas couraçadas foram registradas 52 espécies distribuídas em 21 famílias, destacando-se Asteraceae (13 spp.), Fabaceae (5 spp.), Velloziaceae (4 spp.), Orchidaceae e

Lythraceae (3 spp. cada). Os gêneros com maior riqueza foram *Vellozia* (Velloziaceae), *Lippia* (Verbenaceae) e *Eugenia* (Myrtaceae). As espécies herbáceas representam 59.2%, subarbustos 18.5%, arbustos 12.9%, lianas 5.5%, árvores e epífitas, 1.8% cada. Além de suculentas como *Arthrocerus glaziovii* (Cactaceae), este ambiente reúne espécies poiquilohídricas, caracterizadas por sua resistência à seca, calor e irradiação elevada e capazes de sobreviverem até a quase completa dessecação durante o período de estiagem. Sobre as couças lateríticas, a presença de *Lychnophora pinaster* (Asteraceae) desempenha um importante papel na formação de matéria orgânica decorrente da decomposição de fragmentos de galhos e folhas, que servem como berçário para o estabelecimento de espécies de Velloziaceae e Orchidaceae. Neste ambiente encontram-se os únicos registros de *Vellozia graminea*, *Ditassa pedunculata* e *Paspalum brachytrichum* na Serra do Pires.

Nas áreas antrópicas foram encontradas 30 espécies distribuídas em 17 famílias, com destaque para Fabaceae (10 spp.), Asteraceae, Solanaceae, Orchidaceae e Verbenaceae (2 sp. cada). A maior riqueza é representada por espécies herbáceas (36.3%), seguida pelas arbustivas (33.3%), árvores (24.2%) e subarbustos e lianas (3% cada). Em geral, há pouca representatividade de espécies nativas e o predomínio de espécies invasoras como *Melinis minutiflora*, *Pinus spp.*, *Leucaena leucocephala* e *Brachiaria spp.*

2.5 DISCUSSÃO

O estudo demonstrou que a Serra do Pires, apesar de sua área limitada e isolamento devido a vários empreendimentos minerários, apresenta uma riqueza florística notavelmente superior à de outras áreas ferruginosas do QF, que até então eram as mais diversas em termos de número de espécies para coletas de um ano, como a Serras da Piedade (Brandão; Gavilanes, 1990) e da Calçada (Viana; Lombardi, 2007). Esta comparação sublinha a importância da Serra do Pires não apenas como um ponto de alto interesse para a biodiversidade, mas também como um reservatório genético crucial para muitas espécies endêmicas, em uma região onde grande parte dos campos rupestres ferruginosos já foram convertidos em cavas de mineração (Lobo; Cioni, 2024).

Com relação às famílias mais ricas em espécies, resultados semelhantes a este estudo foram encontrados por Brandão e Gavilanes (1990), Viana e Lombardi (2007) e Brandão *et al.* (1994) em outras áreas do QF. Tais famílias estão entre as dez mais representativas da flora

(1994) em outras áreas do QF. Tais famílias estão entre as dez mais representativas da flora brasileira, reunindo também o maior número de espécies endêmicas (Forzza *et al.*, 2010; Zappi *et al.*, 2015).

A análise comparativa dos estudos florísticos realizados no QF revela um padrão consistente de riqueza entre as famílias Asteraceae, Fabaceae, Melastomataceae, Rubiaceae, Myrtaceae, Cyperaceae e Orchidaceae (Jacobi *et al.*, 2007; Viana; Lombardi, 2007; Ataíde *et al.*, 2011; Messias *et al.*, 2012). Tais estudos também apontam Asteraceae como a mais rica, dominando amplas áreas abertas e sublinhando sua importância como a maior família de plantas vasculares do mundo (Hattori; Nakajima, 2008).

A segunda família mais representativa na área de estudo, Fabaceae, também é a que representa a maior riqueza na flora brasileira (Zappi *et al.*, 2015). O predomínio dessa família em áreas antrópicas da Serra do Pires é um indicativo da capacidade adaptativa de suas espécies, reconhecidas por sua habilidade em fixar nitrogênio, o que é particularmente valioso em solos degradados (Lambers *et al.*, 2020). Como neste estudo, Melastomataceae também foi uma das três principais famílias destacadas em levantamentos focados em áreas campestres e florestais no QF, realizados por Brandão e Gavilanes (1990), Brandão *et al.* (1994) e Messias *et al.* (2012).

A notável diversidade de samambaias encontrada neste estudo pode ser atribuída à localização da área como um ecótono entre a Mata Atlântica e o Cerrado (Salino; Almeida, 2008), evidenciando a interação e sobreposição de espécies desses dois hotspots que marcam o QF (Carmo *et al.*, 2018). Entre os estudos conduzidos no QF, apenas Jacobi *et al.* (2007) incluíram as samambaias, formando uma lacuna no conhecimento deste grupo vegetal nestes ambientes.

Apenas dois estudos sobre a flora do QF anteriores a este, analisaram os hábitos vegetativos. Carmo & Jacobi (2013) registraram que, entre 980 espécies em afloramentos ferruginosos, 37% eram herbáceas, seguidas por arbustos (21%), subarbustos (20%), árvores (11%) e trepadeiras (10%). Por outro lado, Scalon *et al.* (2012) observaram que em fragmentos de canga couraçada, a maior proporção era de espécies arbustivas (37.6%), seguidas por herbáceas (20.8%) e subarbustivas (18.8%).

Conforme apontado por Carmo e Kamino (2022), a atual regra de compensação ambiental assume erroneamente que os campos rupestres ferruginosos podem ser compensados pela conservação de campos rupestres quartzíticos, ignorando a complexidade heterogênea das vegetações. Além disso, a maioria dos estudos de impacto ambiental não

inclui informações sobre os hábitos das espécies, priorizando o registro de árvores e negligenciando as herbáceas (MPF, 2004; Pimenta; Fonseca, 2021). Isso compromete a eficácia das políticas de conservação, destacando a necessidade de abordagens que considerem os campos rupestres como um complexo de ambientes.

Neste estudo, os campos sujos ferruginosos destacaram-se como os ambientes com maior riqueza de espécies encontradas, o que pode ser atribuído à maior heterogeneidade estrutural proporcionada pela mistura de arbustos, pequenas árvores e gramíneas. Esta heterogeneidade é frequentemente associada a uma maior disponibilidade de nichos ecológicos, permitindo a coexistência de uma diversidade de espécies vegetais (Mittelbach; McGill, 2019). Os padrões observados corroboram com a literatura existente, que sugere que a heterogeneidade ambiental, incluindo variações edáficas e microclimáticas, é um fator-chave na manutenção da biodiversidade em ecossistemas campestres (Carvalho *et al.*, 2014).

A maior representatividade das famílias Melastomataceae, Rubiaceae e Myrtaceae nas áreas florestais do estudo pode estar relacionada às características ecológicas e evolutivas dessas famílias em ambientes tropicais, que incluem uma diversidade de estratégias de dispersão e adaptação a diferentes níveis de luz e umidade (Gentry, 1995; Oliveira-Filho; Ratter, 2002). Entendemos que a predominância de espécies herbáceas (46%) nas florestas estacionais semidecíduais submontanas pode ser atribuída à formação frequente de clareiras, causada pela presença de grandes blocos de itabirito, onde essas clareiras criam microambientes favoráveis para espécies heliófitas e ciófitas facultativas, como *Elaphoglossum* e *Blechnum*. Este padrão é consistente com estudos que destacam o papel das clareiras na manutenção da diversidade de plantas herbáceas e samambaias em florestas tropicais (Whitmore, 1989).

A especialização edáfica nos matacões de itabirito e nas cangas couraçadas, onde a vegetação é caracterizada pela adaptação a solos pobres em nutrientes e condições climáticas extremas típicas de afloramentos rochosos descrita por Barthlott e Porembski (2000), desempenha um papel crucial na manutenção das espécies endêmicas. Estas fisionomias abrigam o maior número de plantas endêmicas na Serra do Pires, similar a outras regiões com características geológicas comparáveis (Mota *et al.*, 2018; Veldman *et al.*, 2015; Barros *et al.*, 2015). Estudos indicam que ambientes com pressões seletivas intensas são especialmente propensos a abrigar uma diversidade significativa de flora endêmica, como observado em regiões montanhosas e áreas de alta altitude (Ent; Lambers, 2016; Hopper, 2009). O alto número de espécies endêmicas nessas áreas são especialmente preocupantes para a

conservação, tendo em vista que o itabirito é uma das rochas mais demandadas pela exploração mineral de ferro do QF e que grandes áreas de Canga Couraçada precisam ser removidas para acessá-lo (Rosière; Chemale, 2000).

Os solos hidromórficos dos Brejos Ferruginosos são caracterizados por uma alta capacidade de retenção de água e estão sujeitos a processos de oxi-redução, que influenciam suas propriedades físicas e químicas, além da diversidade de espécies presentes (Violante *et al.*, 2003). Essas áreas são exemplos das zonas de rebaixamento de drenagem associadas às cangas, como indicado por Schaefer *et al.* (2015). Isso destaca a importância dos solos nos quais os Campos Rupestres Ferruginosos se desenvolvem para o ciclo hidrogeológico do QF. A remoção dessas camadas fragiliza não só ambientes com uma flora singular, como o identificado em nosso estudo, mas também afeta o abastecimento hídrico para uso humano, já que essas áreas são responsáveis por aproximadamente 80% da recarga hídrica dos aquíferos itabiríticos da região (Gama; Matias, 2015; Mourão, 2007).

A dominância de espécies invasoras nas áreas antrópicas da Serra do Pires resulta tanto de sua rápida capacidade de propagação quanto de intervenções humanas, incluindo práticas de recuperação que inadvertidamente favorecem sua introdução e expansão, como é o caso de iniciativas de mineração (Le Stradic *et al.*, 2013; Rezende *et al.*, 2021). Tais espécies invasoras podem alterar drasticamente a estrutura e a dinâmica dos ecossistemas, levando à perda de biodiversidade e à homogeneização das paisagens (Simberloff *et al.*, 2013).

Mesmo que as áreas dos campos rupestres ferruginosos do QF estejam abarcadas pela Lei Brasileira de Proteção à Mata Atlântica (Lei n.º 11.428 de 2006), compreendemos que os padrões florísticos identificados, com a coexistência de formações campestres e florestais multifacetadas, podem dificultar a aplicação dos padrões legais pensados originalmente para florestas. Essa complexidade é agravada pelo intenso interesse na exploração mineral e pela dificuldade em distinguir florestas em regeneração e áreas naturalmente campestres durante o processo de compensação ambiental (Silveira *et al.*, 2020).

Embora as altas concentrações de ferro sejam um limitador natural do crescimento vegetal (Zaid *et al.*, 2020), este mesmo fator pode promover a especiação e endemismo na flora do QF (Messias *et al.*, 2012). No entanto, faltam estudos detalhados sobre quais espécies são realmente metalófitas ou hiperacumuladoras de ferro (Santana *et al.*, 2014). Exemplos como *Cattleya milleri* e *Barbacenia luzulifolia*, encontradas exclusivamente sobre itabirito e quartzito ferruginoso, sugerem essa tolerância a níveis elevados de metais. Futuros estudos sobre o comportamento fisiológico dessas espécies poderão esclarecer sua capacidade de

adaptação a solos ferruginosos, reforçando a relação entre endemismo e esses ambientes sujeitos a grandes pressões pelo interesse da mineração (Araújo *et al.*, 2014).

Diante da extensa atividade de mineração no QF, que removem o solo nas formações ricas em ferro para exploração, ocupando grandes áreas quartzíticas para suporte e maquinário, as espécies endêmicas identificadas, sejam elas metalófitas ou não, estão em uma situação de grande fragilidade. Ainda assim, dentre as 18 espécies endêmicas do QF encontradas neste estudo, 11 não constam na mais recente lista oficial de plantas ameaçadas (MMA, 2022): *Barbacenia itabirensis*, *Barbacenia luzulifolia*, *Vellozia graminea*, *Ditassa pedunculata*, *Eriosema pycnanthum*, *Hoplocrypanthus schwackeanus*, *Mimosa pogocephala*, *Paepalanthus amoenus*, *Paepalanthus blepharocnemis*, *Paepalanthus vestitus* e *Paspalum brachytrichum*.

A predominância de espécies endêmicas de Velloziaceae e Eriocaulaceae do QF (33.3% do total) neste estudo, reflete a importância dessas famílias para os campos rupestres, onde representam parte significativa da diversidade e dos endemismos florísticos (Giulietti *et al.*, 1997). Velloziaceae, conhecida como “engenheira de ecossistemas”, promove a fragmentação das rochas com suas raízes especializadas e possui folhas resistentes à desidratação (Alcântara *et al.*, 2018; Camargo *et al.*, 2019). Eriocaulaceae, em paralelo, forma associações simbióticas com microrganismos do solo para obter nutrientes essenciais, como fósforo, contribuindo significativamente para a colonização de ambientes edáficos (Oliveira *et al.*, 2017).

Desde junho de 2009, a lista de espécies ameaçadas do estado de Minas Gerais perdeu validade legal, mas continua sendo tecnicamente reconhecida e utilizada como referência em processos ambientais no estado (Pimenta, 2020). A persistência desta lista, aliada à falta de consideração das avaliações de especialistas, evidencia a desatualização e a desarmonia entre as listas oficiais de espécies ameaçadas (Pimenta, 2020; Santos, 2022; Hammes *et al.*, 2020).

A combinação de alta diversidade, elevado número de espécies endêmicas e desconhecimento da flora, somado ao grande interesse de exploração mineral, coloca a biodiversidade dos CRF em vulnerabilidade extrema (Alvarenga *et al.*, 2022). Sem políticas públicas efetivas e com o rápido avanço da mineração, muitos desses ambientes estão fragmentados e isolados entre grandes empreendimentos de exploração mineral. O município de Congonhas, no sudoeste do QF, exemplifica bem a situação: mais da metade de sua área original de CRF foram convertidas em minas e a totalidade das áreas estão sob algum tipo de processo minerário (Lobo; Cioni, 2024).

Reconhecendo os CRF como ambientes biodiversos, ameaçados e frágeis diante das intervenções humanas, diversos movimentos sociais e Organizações da Sociedade Civil defendem que a proteção integral dessas áreas é essencial para preservar sua riqueza natural (Menegassi, 2023). Embora a instituição de Unidades de Conservação de grandes extensões exija a desapropriação de grandes propriedades privadas e mobilizações significativas. Nosso estudo, ao ressaltar a grande diversidade florística de uma pequena área, repleta de endemismos e peculiaridades ambientais, não só sublinha a importância da conservação da Serra do Pires, como também exemplifica a necessidade de conservação dos remanescentes e áreas fragmentadas dos CRF.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos especialistas que colaboraram na identificação das espécies; ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) pela licença concedida para a coleta das espécies ameaçadas de extinção (89537-2) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela bolsa de pesquisa (Processo 15016-2022-2).

2.6 REFERÊNCIAS

ALCANTARA, Suzana; REE, Richard H.; MELLO-SILVA, Renato. Accelerated diversification and functional trait evolution in Velloziaceae reveal new insights into the origins of the campos rupestres' exceptional floristic richness. **Annals of botany**, v. 122, n. 1, p. 165–180, 2018.

ALKMIM, Fernando F.; MARSHAK, Stephen. Transamazonian orogeny in the Southern Sao Francisco craton region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero. **Precambrian Research**, v. 90, n. 1-2, p. 29–58, 1998.

ALMEIDA-ABREU, Pedro Angelo; RENGER, Friedrich Ewald. Serra do Espinhaço Meridional: um orógeno de colisão do Mesoproterozóico. **Brazilian Journal of Geology**, v. 32, n. 1, p. 1–14, 2008.

ALMEIDA, Roberto Baptista Pereira; MURER, Beatriz Moraes; SANO, Paulo Takeo. What is being published on floristics? an overview of floristic studies carried out in the Espinhaço Range. **Acta Botanica Brasilica**, v. 37, p. e20220267, 2023.

ALVARENGA, Luciano José; CARMO, Flávio Fonseca do; KAMINO, Luciana Hiromi Yoshino. Uma compensação que não compensa: o caso dos campos ferruginosos associados à

Mata Atlântica em Minas Gerais. **Revista Magister de Direito Ambiental e Urbanístico**, v. 18, n. 103, p. 5–21, ago./set. 2022.

ANDRADE, PM de; GONTIJO, T. de A.; GRANDI, T. S. M. Composição florística e aspectos estruturais de uma área de Campo Rupestre do Morro do Chapéu, Nova Lima, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 9, n. 1, p. 13–21, 1986.

ARAÚJO, Talita Oliveira; FREITAS-SILVA, Larisse de; SANTANA, Brenda Vila Nova; KUKI, Kacilda Naomi; PEREIRA, Eduardo Gusmão; AZEVEDO, Aristéa Alves; SILVA, Luzimar Campos da. Tolerance to iron accumulation and its effects on mineral composition and growth of two grass species. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 21, p. 2777-2784, 2014.

ARROS, Michel J. F.; SILVA-ARIAS, Gustavo A.; FREGONEZI, Jeferson N.; TURCHETTO-ZOLET, Andreia C.; IGANCI, João R. V.; DINIZ-FILHO, José Alexandre F.; FREITAS, Loreta B. Environmental drivers of diversity in Subtropical Highland Grasslands. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 17, n. 5, p. 360–368, 2015.

ATAÍDE, Eduardo Silva; CASTRO, Paulo de Tarso Amorim; FERNANDES, Geraldo Wilson. Florística e caracterização de uma área de campo ferruginoso no complexo minerário Alegria, Serra de Antônio Pereira, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil. **Revista Árvore**, v. 35, p. 1265–1275, 2011.

BADIA, Clara da Cruz Vidart; MESSIAS, Maria Cristina Teixeira Braga; ECHTERNACHT, Livia. Zooming in on quartzitic outcrops: micro-habitat influences on flora and vegetation. *Rodriguésia*, v. 72, p. e01792019, 2021.

BENITES, Vinicius M.; SCHAEFER, Carlos Ernesto G. R.; SIMAS, Felipe N. B.; SANTOS, Humberto G. Soils associated with rock outcrops in the Brazilian mountain ranges Mantiqueira and Espinhaço. **Brazilian Journal of Botany**, v. 30, p. 569–577, 2007.

BFG. Brazil Flora Group. Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. **Rodriguésia**, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2175-7860201566411>.

BITENCOURT, Cássia; RAPINI, Alessandro. Centres of endemism in the Espinhaço Range: identifying cradles and museums of Asclepiadoideae (Apocynaceae). **Systematics and Biodiversity**, v. 11, n. 4, p. 525–536, 2013.

BRANDÃO, M.; GAVILANES, M. L. Mais uma contribuição para o conhecimento da Cadeia do Espinhaço em Minas Gerais (Serra da Piedade)-II. **Daphne**, v. 1, n. 1, p. 26–43, 1990.

BRANDÃO, M.; GAVILANES, M. L.; ARAÚJO, M. G. Aspectos físicos e botânicos de campos rupestres do estado de Minas Gerais. **Daphne**, v. 4, n. 1, p. 17–38, 1994.

BRANDÃO, M. et al. Contribuição para o conhecimento da Cadeia do Espinhaço em Minas Gerais (Serra de Itabirito)-III. **Daphne**, v. 1, n. 3, p. 39–41, 1991.

BRANDÃO, M.; SILVA FILHO, P. V. Os campos rupestres no município de Barão de Cocais, MG. **Daphne**, v. 3, n. 2, p. 11–20, 1993.

BRANDÃO, M.; SILVA FILHO, P. V. Município de Barão de Cocais, MG, formações florestais e suas implicações florísticas. **Daphne**, v. 4, p. 42–53, 1994.

CAMARGO, Antonio Pedro et al. Microbiomes of Velloziaceae from phosphorus-impooverished soils of the campos rupestres, a biodiversity hotspot. **Scientific data**, v. 6, n. 1, p. 140, 2019.

CARMO, Flávio Fonseca do; JACOBI, Claudia Maria. A vegetação de canga no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: caracterização e contexto fitogeográfico. **Rodriguésia**, v. 64, p. 527–541, 2013.

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

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

CARMO, Flavio Fonseca; MOTA, Rubens Custódio da; KAMINO, Luciana Hiromi Yoshino; JACOBI, Claudia Maria. Check-list of vascular plant communities on ironstone ranges of south-eastern Brazil: dataset for conservation. **Biodiversity Data Journal**, n. 6, 2018.

DE CARVALHO, Fernanda; GODOY, Edward Luis; LISBOA, Francy J. G.; MOREIRA, Fatima Maria de Souza; SOUZA, Francisco Adriano de; BERBARA, Ricardo Luis Louro; FERNANDES, G. Wilson. Relationship between physical and chemical soil attributes and plant species diversity in tropical mountain ecosystems from Brazil. **Journal of Mountain Science**, v. 11, p. 875–883, 2014.

CONGONHAS. Câmara Municipal de Congonhas. Dados Geográficos. **Congonhas**, 2018. Disponível em: <https://www.congonhas.mg.leg.br/congonhas/historia/dados-geograficos>. Acesso em: 13 nov. 2023.

DUQUE, T. R. F. O grupo Itacolomi em sua área tipo: estratigrafia, estrutura e significado tectônico. 2018. **Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018**.

DRUMMOND, G. M.; MACHADO, A. B. M.; MARTINS, C. S.; MENDONÇA, M. P.; STEHMANN, J. R. Listas Vermelhas das Espécies da Fauna e da Flora Ameaçadas de Extinção em Minas Gerais. 2. ed. Belo Horizonte: **Fundação Biodiversitas**, 2008.

ECHTERNACHT, L.; TROVÓ, M.; OLIVEIRA, C. T.; PIRANI, J. R. Areas of endemism in the Espinhaço range in Minas Gerais, Brazil. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, v. 206, p. 782-791, 2011.

ENT, A.; LAMBERS, H. Plant-soil interactions in global biodiversity hotspots. *Plant and Soil*, v. 403, p. 1-5, 2016.

FIDALGO, O.; BONONI, V. L. Técnicas de coleta, preservação e herborização de material botânico. São Paulo: Instituto de Botânica, 1984. (Manual n. 4).

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

FORZZA, R. C.; LEITMAN, P. M.; COSTA, A.; CARVALHO JR, A. A. D.; PEIXOTO, A. L.; WALTER, B. M. T.; SOUZA, V. C. Catálogo de plantas e fungos do Brasil-Vol. 2. Rio de Janeiro: JBRJ, 2010.

GAMA, E. M.; MATIAS, G. P. Hidrogeologia e os geossistemas ferruginosos. In: GUIMARÃES, C. M.; PAIVA, J. E. M. (Orgs.). Geossistemas Ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais. Belo Horizonte: 3i Editora, 2015. v. 1, p. 103-124.

GENTRY, A. H. Diversity and floristic composition of neotropical dry forests. *Seasonally Dry Tropical Forests*, v. 1, p. 146-194, 1995.

GIULIETTI, A. M.; PIRANI, J. R.; HARLEY, R. M. Espinhaço Range Region, Eastern Brazil. In: *Centres of Plant Diversity: A Guide and Strategy for their Conservation*. 1997.

GONÇALVES, E. G.; LORENZI, H. Morfologia vegetal. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2011.

GRANDI, T. S. M.; SIQUEIRA, J. S.; PAULA, J. A. Levantamento florístico da flora fanerogâmica dos campos rupestres da Serra da Piedade, Caeté, Minas Gerais. *Pesquisas Botânicas*, v. 39, p. 89-74, 1988.

GUILD, P. H. Geology and mineral resources of the Congonhas district, Minas Gerais, Brazil. Washington: United States Government Printing Office, 1957.

GUIMARÃES, C. M.; PAIVA, J. E. M. (Orgs.). Patrimônio natural-cultural e zoneamento ecológico-econômico da Serra da Moeda: uma contribuição para sua conservação. Belo Horizonte: Brandt Meio Ambiente, 2008. v. 1, p. 157-348.

HAMMES, J. K.; COELHO, M. A.; TEMPONI, L. G.; LOMBARDI, J. A. Two new species of *Anthurium* Schott (Araceae) from the Atlantic Forest in Minas Gerais, Brazil. *Phytotaxa*, v. 440, p. 292-300, 2020.

HATTORI, E. K. O.; NAKAJIMA, J. N. A família Asteraceae na estação de pesquisa e desenvolvimento ambiental galheiro, perdizes, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*, v. 59, p. 687-749, 2008.

HOPPER, S. D. OCBIL theory: towards an integrated understanding of the evolution, ecology and conservation of biodiversity on old, climatically buffered, infertile landscapes. *Plant and Soil*, v. 322, p. 49-86, 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

JACOBI, C. M.; CARMO, F. D. Diversidade dos campos rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, MG. *Megadiversidade*, v. 4, p. 24-32, 2008.

JACOBI, C. M.; CARMO, F. F.; VINCENT, R. C.; STEHMANN, J. R. Plant communities on ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem. *Biodiversity and Conservation*, v. 16, p. 2185-2200, 2007.

JARDIM BOTÂNICO DO RIO DE JANEIRO. Flora e Funga do Brasil. [S.d.]. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>. Acesso em: 21 abr. 2024.

KNAUER, L. G. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: considerações sobre sua estratigrafia e seu arranjo estrutural. *Geonomos*, v. 15, p. 81-90, 2007.

KÖPPEN, W. Classificação climática de Köppen-Geiger. 1936. Contributors: Alchimista, Angrense, DCandido, Dante Raglione.

KRAHL, A. H. Contribuição ao conhecimento das Bromeliaceae e Orchidaceae de fragmentos florestais de Minas Gerais, Sudeste do Brasil. *Natureza Online*, v. 13, p. 64-68, 2015.

LAMBERS, H.; DE BRITTO COSTA, P.; OLIVEIRA, R. S.; SILVEIRA, F. A. Towards more sustainable cropping systems: lessons from native Cerrado species. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, v. 32, n. 3, p. 175-194, 2020.

LE STRADIC, S.; BUISSON, E.; NEGREIROS, D.; CAMPAGNE, P.; WILSON FERNANDES, G. The role of native woody species in the restoration of Campos Rupestres in quarries. *Applied Vegetation Science*, v. 17, n. 1, p. 109-120, 2013. doi:10.1111/avsc.12058

LOBO, J. L.; CIONI, I. 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.

MAGALHÃES JUNIOR, A. P.; DE PAULA BARROS, L. F.; FELIPPE, M. F. Southern Serra do Espinhaço: the impressive plateau of quartzite ridges. In: *Landscapes and Landforms of Brazil*. p. 359-370, 2015.

MARTINS, L.; CAVARARO, R. Manual técnico da vegetação brasileira: sistema fitogeográfico, inventário das formações florestais e campestres, técnicas e manejo de coleções botânicas, procedimentos para mapeamentos. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

MENDONÇA, M. P. Coleta e cultivo das espécies vegetais dos campos ferruginosos: mina de minério de ferro Capão Xavier, Nova, Lima – MG. Relatório final de atividades. Fundação Zoo Botânica de Belo Horizonte, Brasil, 2006.

MENEGASSI, D. Sob olhar dos profetas e protesto dos moradores, mineração avança na Serra do Pires. *O Eco*, 2023. Disponível em: <https://oeco.org.br/reportagens/sob-olhar-dos-profetas-e-protesto-dos-moradores-mineracao-a-vanca-na-serra-do-pires/>.

MESSIAS, M. C. T. B. Fatores ambientais condicionantes da diversidade florística em campos rupestres quartzíticos e ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. 2011. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2011.

MESSIAS, M. C. T. B.; LEITE, M. G. P.; MEIRA-NETO, J. A. A.; KOZOVITS, A. R. Fitossociologia de campos rupestres quartzíticos e ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. *Acta Botanica Brasilica*, v. 26, p. 230-242, 2012.

MESSIAS, M. C. T. B.; SOUSA, H. C. de; SCALON, V. R.; ROSCHEL, M. B.; CÂNDIDO, E. S.; FUJACO, M. A. G. Phanerogamic flora and vegetation of Itacolomi State Park, Minas Gerais, Brazil. *Biota Neotropica*, v. 17, n. 1, e20160236, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1676-0611-BN-2016-0236>.

MESSIAS, M. C. T. B.; TONACO, A. C.; MEIRA NETO, J. A. A.; LEITE, M. G. P. Levantamento florístico de um campo rupestre ferruginoso na Serra de Antônio Pereira, Ouro Preto, Minas Gerais. *MG Biota*, v. 5, p. 4-18, 2012. Disponível em: http://www.ief.mg.gov.br/images/stories/mg_biota/2014/mg.biota%20v.5%20n.3.pdf.

MICHAEL, D. R.; LINDENMAYER, D. B. Vegetation structure and floristics of granite landforms in the South-west Slopes of New South Wales. *Cunninghamia*, v. 9620, p. 309-323, 2012.

MILAGRES, A. R.; OLIVEIRA, F. S.; VARAJÃO, A. F. D. C.; VARAJÃO, C. A. C.; DE MEDEIROS JÚNIOR, E. B.; RAMANAIDOU, E. R. Lithological control on the formation of ferruginous duricrusts in the Espinhaço Range (Minas Gerais, Brazil). *Catena*, v. 231, 107374, 2023.

MILANEZ, B. Crise climática, extração de minerais críticos e seus efeitos para o Brasil. Brasília: Diálogo dos Povos, Sinfrajupe, Movimento pela Soberania Popular na Mineração (MAM), 2021.

MITTELBAACH, G. G.; MCGILL, B. J. Species coexistence and niche theory. *Community Ecology*. Oxford University Press, 2019.

MITTERMEIER, R. A.; GIL, P. R.; HOFFMANN, M.; PILGRIM, J.; BROOKS, J.; MITTERMEIER, C. G.; LAMOUREUX, J.; FONSECA, G. A. B. Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Washington, DC: Cemex, 2004.

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, nº 108, Seção 1, p. 74-91, 08 jun. 2022.

MOURÃO, A.; STEHMANN, J. R. Levantamento da flora do campo rupestre sobre canga hematítica couraçada remanescente na Mina do Brucutu, Barão de Cocais, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*, v. 58, p. 775-786, 2007.

MOURÃO, M. A. A. Caracterização hidrogeológica do Aquífero Cauê, Quadrilátero Ferrífero, MG. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

MOTA, N. F. D. O.; WATANABE, M. T. C.; ZAPPI, D. C.; HIURA, A. L.; PALLOS, J.; VIVEROS, R. S.; ... & VIANA, P. L. Cangas da Amazônia: a vegetação única de Carajás evidenciada pela lista de fanerógamas. *Rodriguésia*, v. 69, n. 3, p. 1435-1488, 2018.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. Deficiências em estudos de impacto ambiental: síntese de uma experiência. 4º Câmara de Coordenação e Revisão. Brasília: Escola Superior do Ministério Público da União, 2004.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, v. 403, p. 853–858, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/35002501>.

OLIVEIRA-FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Vegetation physiognomies and woody flora of the cerrado biome. In: *The Cerrados of Brazil: Ecology and Natural History of a Neotropical Savanna*. Columbia University Press, p. 91-120, 2002.

OLIVEIRA, L. F. A. Flora vascular dos campos rupestres: composição florística, esforço amostral e riqueza de espécies. 2017. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2019.1326>.

OLIVEIRA, R. S.; GALVÃO, H. C.; CAMPOS, M. C. R.; ELLER, C. B.; PEARSE, S. J.; LAMBERS, H. Nutrição mineral de espécies de plantas de campos rupestres em tipos de solos contrastantes e pobres em nutrientes. *Novo Fitologista*, v. 205, p. 1183–1194, 2015.

PERON, M. V. Listagem preliminar da flora fanerogâmica dos campos rupestres do Parque Estadual do Itacolomi-Ouro Preto/Mariana, MG. *Rodriguésia*, v. 41, p. 63-69, 1989.

PIMENTA, M. A. Espécies ameaçadas da flora no processo decisório da avaliação de impacto ambiental em Minas Gerais. 2020. 72 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade Socioeconômica Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Núcleo de Pesquisas e Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Ouro Preto, 2020.

- PIMENTA, M. A.; FONSECA, A. To what extent are threatened plant species considered in impact assessment decision-making? Insights from southeastern Brazil. *Environmental Impact Assessment Review*, v. 86, 106516, 2021.
- POREMBSKI, S.; BARTHLOTT, W. Granitic and gneissic outcrops (inselbergs) as centers of diversity for desiccation-tolerant vascular plants. *Plant Ecology*, v. 151, p. 19-28, 2000.
- PPG I. A community-derived classification for extant lycophytes and ferns. *Journal of Systematics and Evolution*, v. 54, p. 563-603, 2016.
- REZENDE, L. A. L.; FERNANDES, G. W.; BRAGA, R. D. P.; DIAS, L. E.; GOMES, V. M. Topsoil depth influences the recovery of rupestrian grasslands degraded by mining. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 45, e0210056, 2021.
- RIZZINI, C. T. Tratado de fitogeografia do Brasil. v. 2. Aspectos ecológicos. São Paulo: Hucitec/Edusp, 1979.
- ROSIÈRE, C. A.; CHEMALE JR, F. Itabiritos e minérios de ferro de alto teor do Quadrilátero Ferrífero – uma visão geral e discussão. *Geonomos*, 2000.
- SAADI, A. A geomorfologia da Serra do Espinhaço em Minas Gerais e de suas margens. *Geonomos*, v. 3, n. 1, p. 41-63, 1995.
- SALLES, D. M.; DO CARMO, F. F.; JACOBI, C. M. Habitat loss challenges the conservation of endemic plants in mining-targeted Brazilian mountains. *Environmental Conservation*, v. 46, p. 140-146, 2019.
- SALINO, A.; ALMEIDA, T. E. Diversidade e conservação das pteridófitas na Cadeia do Espinhaço, Brasil. *Megadiversidade*, v. 4, p. 78-98, 2008.
- SANTANA, B. V. N.; DE ARAÚJO, T. O.; ANDRADE, G. C.; DE FREITAS-SILVA, L.; KUKI, K. N.; PEREIRA, E. G.; ... & DA SILVA, L. C. Leaf morphoanatomy of species tolerant to excess iron and evaluation of their phytoextraction potential. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 21, p. 2550-2562, 2014.
- SANTOS, D. R. Eriocaulaceae from Quadrilátero Ferrífero: endemism, threats and commented list of species. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.
- SCALON, V. R.; LEANDRO, C. M.; CÂNDIDO, E. S. Florística dos remanescentes de campo rupestre sobre canga no Campus Morro do Cruzeiro/UFOP, Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil. *MG Biota*, v. 5, p. 19-47, 2012.
- SCHAEFER, C. E.; CÂNDIDO, H. G.; CORRÊA, G. R.; PEREIRA, A.; NUNES, J. A.; SOUZA, O. F.; ... & KER, J. C. Solos desenvolvidos sobre canga ferruginosa no Brasil: uma revisão crítica e papel ecológico de termiteiros. In: GUIMARÃES, C. M.; PAIVA, J. E. M. (Orgs.). *Geossistemas Ferruginosos do Brasil: Áreas prioritárias para conservação da*

diversidade geológica e biológica, patrimônio cultural e serviços ambientais. Belo Horizonte: 3i Editora, 2015. p. 77-102.

SEMIR, J. Revisão taxonômica de *Lychnophora* Mart. (Vernoniaeae: Compositae). 1991. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Biologia, Campinas, SP, 1991.

SILVA, V. A.; CARDOSO, P. H.; ECHTERNACHT, L. Verbenaceae in Itacolomi State Park, Minas Gerais, Brazil: richness, geographical distribution, and a new synonym for *Stachytarpheta commutata*. *Rodriguésia*, v. 4, e00642022, 2023.

SILVEIRA, F. A. O.; NEGREIROS, D.; BARBOSA, N. P. U.; BUISSON, E.; CARMO, F. F.; CARSTENSEN, D. W.; CONCEIÇÃO, A. A.; CORNELISSEN, T. G.; ECHTERNACHT, L.; FERNANDES, G. W.; GARCIA, Q. S.; GUERRA, T. J.; JACOBI, C. M.; LEMOS-FILHO, J. P.; LE STRADIC, S.; MORELLATO, L. P. C.; NEVES, F. S.; OLIVEIRA, R. S.; SCHAEFER, C. E. G. R.; VIANA, P. L.; LAMBERS, H. Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority. *Plant and Soil*, v. 403, p. 129–152, 2016.

SILVEIRA, F. A.; PERILLO, L. N.; CARMO, F. F.; KAMINO, L. H.; MOTA, N. F.; VIANA, P. L.; ... & SANTOS, F. M. 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.

SIMBERLOFF, D.; MARTIN, J. L.; GENOVESI, P.; MARIS, V.; WARDLE, D. A.; ARONSON, J.; ... & VILÀ, M. Impacts of biological invasions: what's what and the way forward. *Trends in Ecology & Evolution*, v. 28, n. 1, p. 58-66, 2013.

VIANA, P. L.; LOMBARDI, J. A. Florística e caracterização dos campos rupestres sobre canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil. *Rodriguésia*, v. 58, p. 157-177, 2007.

VIOLANTE, A.; BARBERIS, E.; PIGNA, M.; BOERO, V. Factors affecting the formation, nature, and properties of iron precipitation products at the soil–root interface. *Journal of Plant Nutrition*, v. 26, n. 10-11, p. 1889-1908, 2003.

VELDMAN, J. W.; et al. Toward an old-growth concept for grasslands, savannas, and woodlands. *Frontiers in Ecology and Environment*, v. 13, n. 3, p. 154-162, abr. 2015.

WHITMORE, T. Canopy gaps and the two major groups of forest trees. *Ecology*, v. 70, n. 3, p. 536-538, 1989.

ZAID, A.; AHMAD, B.; JALEEL, H.; WANI, S. H.; HASANUZZAMAN, M. A critical review on iron toxicity and tolerance in plants: role of exogenous phytoprotectants. In: HASANUZZAMAN, M. (Ed.). *Plant Micronutrients: Deficiency and Toxicity Management*. p. 83-99, 2020.

ZAPPI, D. C.; FILARDI, F. L. R.; LEITMAN, P.; SOUZA, V. C.; WALTER, B. M.; GOMES DA COSTA, G. A. Growing knowledge: an overview of seed plant diversity in Brazil. *Rodriguésia*, v. 66, p. 1085-1113, 2015.

3. CAPÍTULO 2: UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E MOVIMENTOS SOCIAIS NA CONSERVAÇÃO DOS CAMPOS RUPESTRES FERRUGINOSOS: UM ESTUDO NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO-AQUÍFERO (MINAS GERAIS)

(Artigo publicado no periódico *Ambientes — Revista de Geografia e Ecologia Política*, volume 6, número 1, 2024, pp. 28–68. ISSN: 2674-6816 DOI: <https://doi.org/10.48075/amb.v6i1.33162>)

Autores: João Luís Lobo⁶, Isabela Freitas Cioni⁷.

⁶ Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Biológicas, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação da Natureza, <https://orcid.org/0000-0001-5763-386X>, joao.lobo@direito.ufjf.br.

⁷ Urbanismo pela Universidade Federal de São João del-Rei, Programa Interdepartamental de Pós-Graduação Interdisciplinar em Artes, Urbanidades e Sustentabilidade (PIPAUS/UFSJ), <https://orcid.org/0009-0000-5215-3875>, isabela.cioni@gmail.com.

3.1 RESUMO

A região do Quadrilátero Aquífero-Ferífero (QAF) em Minas Gerais, Brasil, abriga uma biodiversidade única e de grande importância ecológica, porém enfrenta significativos desafios em sua conservação devido às atividades de mineração e medidas inadequadas de proteção. Este estudo examina a distribuição e o estado das Unidades de Conservação (UCs) dentro do QAF, concentrando-se em seu papel na salvaguarda dos ecossistemas críticos, especialmente os Campos Rupestres Ferruginosos (CRF). Por meio de análises espaciais e extração de dados de Modelos Digitais de Elevação (MDE), constatou-se que uma parte significativa do QAF, aproximadamente 12,65%, está acima de 1.100 metros de altitude e pode ser considerada como CRF. No entanto, a distribuição das UCs apresenta-se de maneira desigual entre os municípios do QAF e insuficiente em relação aos CRF, áreas de alta biodiversidade que carecem de proteção adequada. A correlação entre a distribuição das UCs, o uso da terra e as áreas de atividades de mineração destaca a necessidade urgente de políticas de conservação mais robustas e abordagens integradas de gestão do território. Apesar das deficiências governamentais, iniciativas dos movimentos sociais surgem como atores-chave nos esforços de proteção ambiental, advogando pela preservação de locais críticos, como o Pico da Pedra Grande em Itatiaiuçu e a Serra do Pires em Congonhas. Este estudo enfatiza a importância dos movimentos sociais na proteção do patrimônio natural do QAF, considerando a interação entre planejamento territorial e conservação ambiental socialmente direcionados como peças-chave na proteção da biodiversidade.

Palavras-chave: Quadrilátero Aquífero-Ferífero; Campos Rupestres Ferruginosos; Unidades de Conservação; Serra do Pires (Congonhas/MG).

ABSTRACT

The Aquifer-Iron Quadrangle (AIQ) region in Minas Gerais, Brazil, houses a unique biodiversity of great ecological importance, but faces significant challenges in its conservation due to mining activities and inadequate protection measures. This study examines the distribution and status of Conservation Units (CUs) within AIQ, focusing on their role in safeguarding critical ecosystems, especially the Ferruginous Rupestrian Grassland (FRGs). Through spatial analysis and data extraction of Digital Elevation Models

(DEM), it was found that a significant part of the AIQ, approximately 12.65%, is above 1,100 meters of altitude and can be considered as FRG. However, the distribution of CUs is uneven among the municipalities of AIQ and insufficient in relation to FRGs, areas of high biodiversity that lack adequate protection. The correlation between UCs distribution, land use and areas of mining activities highlights the urgent need for more robust conservation policies and integrated land management approaches. Despite government deficiencies, social movements initiatives emerge as key actors in environmental protection efforts, advocating for the preservation of critical sites such as Pico da Pedra Grande in Itatiaiuçu and Serra do Pires in Congonhas. This study emphasizes the importance of social movements in the protection of the natural heritage of AIQ, considering the interaction between territorial planning and environmental conservation socially directed as key pieces in the protection of biodiversity.

Keywords: Aquífer-Iron Quadrangle (AIQ); Ferruginous Rupestrian Grassland (FRG); Conservation Units; Serra do Pires (Congonhas/MG)

3.2 INTRODUÇÃO

O Quadrilátero Ferrífero (QF) é uma região notavelmente reconhecida por abrigar uma das principais reservas de minério de ferro do Brasil, situada na porção central do estado de Minas Gerais, sendo seus limites delineados de forma similar a um quadrado e delimitados pelos municípios de Belo Horizonte (NO), Itabira (NE), Ouro Preto (SE) e Congonhas (SO). Recentemente, movimentos sociais propõem uma nova denominação para a região: Quadrilátero Aquífero-Ferrífero (QAF), destacando a importância dos recursos hídricos locais associados às formações ferríferas. Essa mudança visa romper com a visão historicamente centrada na exploração mineral, reconhecendo a conexão intrínseca entre as formações de ferro e a disponibilidade de água na região (MovSAM, 2018; Souza, 2021).

Estudos hidrogeomorfológicos demonstram a importância das rochas que recobrem as jazidas de ferro exploradas pela mineração para os principais aquíferos que abastecem o QAF. Nessa região, a exploração mineral tem se colocado como um ponto de conflito constante e um desafio para o abastecimento hídrico da população de Minas Gerais que vive nos municípios do QAF, que perfaz 22% da população total do estado (Beato; Monsore; Bertachini, 2006; Dias, 2021).

Sobre as camadas de solo responsáveis pela absorção de água, fatores como antiguidade, alta concentração de ferro e elevadas temperaturas geraram pressões extraordinárias sobre os seres vivos da região (Jacobi et al., 2007), formando um dos ambientes naturais mais singulares do planeta: os Campos Rupestres Ferruginosos (CRF). A antiguidade das formações geológicas do QAF ajuda a explicar a importância das serras para a água na região: formações ferruginosas com idades entre 2,5 a 1,8 bilhões de anos (Knauer, 2007; Alkimin; Marshak, 1998) são cobertas por camadas lateríticas altamente intemperizadas, porosas e com grande capacidade de absorção hídrica, denominadas como Cangas.

Localizado no extremo sul da Serra do Espinhaço, um dos hotspots globais de biodiversidade, os CRF abrigam uma flora e fauna endêmicas e especializadas às condições ambientais únicas causadas pelo ferro (Jacobi; Carmo, 2008). Nos CRF de Minas Gerais já foram catalogadas mais de 2.900 espécies de plantas, sendo 148 ameaçadas de extinção, e pelo menos 50 espécies são microendêmicas ou têm distribuição populacional concentrada nas Cangas e formações ferríferas associadas (Carmo, 2014). Alguns autores levantam, ainda, a possibilidade de considerar os Campos Rupestres como um bioma diverso da Mata Atlântica e do Cerrado, já que vários grupos de espécies são por vezes exclusivas. Essa distinção também é atribuída ao fato de que estes ambientes já terem se formado muito antes dos biomas aos quais são formalmente associados (Silveira et al., 2016).

Centenas de cavernas originadas em rochas ferruginosas já foram inventariadas na região do QAF, e estima-se que podem existir milhares dessas feições espeleológicas associadas às Cangas e às formações ferríferas em Minas Gerais. Esse ecossistema subterrâneo abriga espécies de invertebrados raros conhecidos como troglóbios (Baêta; Piló, 2015b) que, junto às espécies de plantas, representam um elevado valor para a conservação da biodiversidade e para o conhecimento científico brasileiro. Registros de paleotocas, abrigos de animais pré-históricos que ocupavam cavernas, também foram realizados nas áreas de canga da Serra do Gandarela (Mourão, 2007). Além disso, a ocupação humana pré-histórica e histórica da área correspondente aos CRF de Minas Gerais, propiciou a formação de um número alto de sítios arqueológicos que datam do período pré-colonial e colonial (Baêta; Piló, 2015a; 2015b).

Drummond et al. (2005) destacam que o QAF é uma região de extrema importância para a conservação da biodiversidade em Minas Gerais, dada a presença de muitas espécies endêmicas e altamente ameaçadas. No entanto, apesar de serem reconhecidos como hotspots de biodiversidade, Jacobi e Carmo (2008) afirmam que os CRF são um dos ecossistemas

menos conhecidos no estado, principalmente devido à sua distribuição geográfica restrita e à maior parte de sua área estar sob propriedade de empresas mineradoras. A crescente percepção de que vastas extensões desses ambientes já foram irremediavelmente alteradas, aliada à escassez de pesquisas e políticas públicas de conservação (Viana; Lombardi, 2007), desperta a atenção da sociedade civil para a urgente necessidade de proteção e preservação desses ecossistemas.

Embora os CRF sejam reconhecidos por sua extrema importância biológica, ambiental, social e cultural, a legislação brasileira carece de dispositivos eficazes para sua proteção. Atualmente, a principal legislação que oferece algum nível de resguardo aos Campos Rupestres é a Lei da Mata Atlântica (Lei Federal 11.428/2006), regulamentada pelo Decreto Federal n.º 6.660/2008, que os inclui na categoria de “campos de altitude” no Bioma Mata Atlântica e em áreas de tensão ecológica. No entanto, essa abordagem legislativa tende a aplicar conceitos de proteção mais adequados a formações florestais, desconsiderando as características florísticas, sucessionais e hidrogeomorfológicas únicas dos Campos Rupestres (Castro; Carmo, 2021), o que se revela insuficiente para a conservação da biodiversidade nesses ambientes.

Ademais, ao invés de buscar a inclusão das especificidades desses ambientes campestres, as propostas legislativas seguem uma tendência de exclusão e flexibilização da pouca proteção existente (Pristino, 2024). Como destacado por Messias et al. (2012), os Campos Rupestres enfrentam um alto risco de perda e degradação devido à intensa atividade de exploração mineral em larga escala, resultando em modificações ambientais e paisagísticas significativas, que alteram permanentemente a química e a física dos substratos, bem como as condições que regem os ciclos hídricos regionais.

Historicamente, a formação da rede urbana em Minas Gerais esteve estreitamente ligada à atividade extrativista. Atualmente, essa relação persiste sobre o território e a suposta “vocação natural para minerar”, um imaginário imposto desde a coloniza o (Ara z, 2020; Gudynas, 2013). Em Minas Gerais, a produ o bruta anual de minério de ferro já ultrapassou, segundo estimativas oficiais, 360 milhões de toneladas de minério de ferro (ANM, 2020). Essa intensa atividade de minera o tem gerado danos ambientais em grandes escalas: dois dos maiores desastres socioambientais da história da minera o no mundo ocorreram em Minas Gerais, um da Samarco (uma holding da Vale e BHP Billiton), destruindo a bacia do Rio Doce em 2015, e outro da Vale, com centenas de mortes e grandes danos   bacia do Rio Paraopeba em 2019 (Milanez; Magno; Giffoni, 2019).

A proteção e conservação dos últimos remanescentes de vegetação nativa em CRF é vital para a garantia da qualidade socioambiental, tanto em áreas naturais quanto em núcleos urbanos do QAF. Em um cenário onde inexistente legislação específica capaz de proteger adequadamente os CRF em termos ambientais e socioculturais, os movimentos sociais se amparam em múltiplas estratégias para a proteção e defesa dessas áreas vitais para a permanência em suas comunidades.

Muito além de somente uma busca pela conservação da natureza, diversos agentes e interesses estão em jogo no percurso de criação das Unidades de Conservação (UCs). Embora haja um pano de fundo ligado às características ambientais das áreas, há diversos casos em que estas são criadas de maneira estritamente técnica e alijadas dos interesses dos povos que tradicionalmente vivem nos territórios (Martins, 2012). Há, também, situações em que as UCs são utilizadas meramente como uma estratégia comercial de empresas interessadas em proteger seu próprio espaço de exploração ou qualquer outro fato que seja importante aos negócios que desenvolvem (De Mello Santos, 2023).

Entretanto, defendemos que no QAF, ainda que com múltiplas facetas, os diferentes agentes que compõem os movimentos sociais de luta e resistência à mineração compreendem a criação de UCs como uma forma institucionalizada de apropriação e defesa do território e dos seus planos de uso, como ocorreu no caso do Parque Nacional do Gandarela (Marent; Lamounier; Gontijo, 2011). Ainda assim, identificamos uma grande lacuna na criação de UCs no QAF, e o caso da Proteção da Serra do Pires em Congonhas oferece pistas valiosas para auxiliar na compreensão do cenário.

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (Brasil, 201-), a criação de UCs no Brasil é gerada a partir das metas da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), onde 10% da área de cada bioma brasileiro deveria estar protegida até o ano de 2010. No entanto, as questões referentes às legislações ambientais de preservação em ambientes campestres aqui citadas fornecem pistas sobre as dificuldades em conservação em CRF. Neste artigo, compreendemos que o número de UCs nos ambientes de CRF do QAF é ainda incipiente e desigualmente distribuída na região, além de fragmentada, comprometendo a conectividade entre as UCs e a real conservação da biodiversidade por dificultar a circulação de espécies.

Mesmo em um quadro onde as UCs poderiam representar um importante mecanismo de proteção aos CRFs, de acordo com um estudo encomendado pelo Fundo de Parceria para Ecossistemas Críticos (Pinto; Costa, 2019), são várias as dificuldades na implementação de UCs. Enquanto nas esferas federal e estadual são exigidas grandes áreas e um número alto de

estudos técnicos, geralmente no âmbito municipal falta conhecimento e recursos para a consolidação de UCs locais. Isso parece ser um dos motivos que podem ajudar a explicar o fato dos movimentos sociais do QAF buscarem alternativas diversas como formas de protegerem a biodiversidade e ciclos ecológicos de seus territórios.

Diante da carência de instrumentos legais específicos para a proteção dos CRF e considerando o rápido avanço da atividade de mineração na região do QAF, este estudo se orienta a partir da seguinte questão-problema: “Como estão distribuídas as UCs pelo QAF e como, na ausência destas UCs, os movimentos sociais têm conseguido buscar a proteção dos CRF no qual vivem e dependem diante do avanço da mineração de ferro?”.

Buscamos demonstrar a atual problemática da ausência de UCs em áreas críticas para a biodiversidade no QAF, como também a violação do direito das comunidades em participarem ativamente nos planos e gestão de seus territórios, em uma região de relevância ambiental, econômica e sociocultural significativa. Para compreendermos o cenário das lutas e articulações dos movimentos sociais em busca da preservação de seus territórios frente ao avanço da mineração, estudaremos o caso da Serra do Pires em Congonhas/MG. Tendo como pano de fundo a luta popular pela criação de uma UC na Serra do Pires, destacamos como este mecanismo legal pode se apresentar como um importante instrumento de gestão popular do território, a partir de uma demanda socialmente estabelecida para a preservação de uma área considerada de interesse cultural e ambiental para a população local.

Considerando a importância ambiental, biológica e sociocultural dos CRFs no QAF, bem como a ausência de legislação específica capaz de proteger adequadamente esses ecossistemas únicos, nossa hipótese é que a criação de UCs, quando socialmente demandadas, pode representar uma estratégia eficaz para a preservação dessas áreas, indo além dos interesses dos gestores públicos, dos interesses privados e das variáveis políticas. Acreditamos que a instituição de UCs pode não apenas salvaguardar a rica biodiversidade e os recursos hídricos presentes nos CRFs, mas também servir como um importante instrumento de gestão do território por parte das comunidades de cidades mineradas.

Deste modo, para o presente estudo, consideramos os 59 municípios do QAF, categorizados entre primários e secundários, conforme demonstraremos nas cartografias apresentadas no decorrer do trabalho. A fim de compreender como as UCs estão distribuídas pelo QAF, a partir da definição dos municípios, estes foram sobrepostos com os dados sobre as UCs disponibilizados por meio da plataforma WebGIS “Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos” (IDE-Sisema). Os dados

categorizados como “restrição ambiental” no IDE-Sisema incluem as Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) (IEF, 2023a) e as UCs municipais, estaduais (IEF, 2023b, 2023c) e federais (IEF/ICMBio, 2022).

Considerando a totalidade dos municípios inseridos no QAF, identificamos 125 UCs dentro da área de estudo, sendo: 54 Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) distribuídas entre 28 municípios, 45 UCs Municipais distribuídas em 21 municípios, 24 UCs Estaduais distribuídas em 23 municípios e 2 UCs Federais que envolvem o território de 11 municípios.

Dessa forma, esse artigo objetiva ampliar o conhecimento sobre as políticas públicas de proteção das áreas remanescentes de CRF no QAF, tendo como pano de fundo o caso da Serra do Pires em Congonhas/MG. Para tanto, na primeira seção apresentamos uma contextualização histórica desde o processo de territorialização no QAF até sua denominação como tal. Na segunda seção, contabilizaremos e compreenderemos a distribuição de UCs no QAF, a fim de compreender o atual estado de (des)proteção da região. Na terceira seção, demonstramos a significativa sobreposição de áreas de mineração e minas sobre os CRF. Na última seção, por fim, apresentamos e caracterizamos o contexto da Serra do Pires.

3.2 O QUADRILÁTERO AQUÍFERO-FERRÍFERO (QAF)

Muito antes da denominação de Quadrilátero Ferrífero (QF) ou Quadrilátero Aquífero-Ferrífero (QAF), das descobertas de reservas minerais de ferro e manganês na região no século XIX e do ciclo do ferro a partir do século XX, a história regional já se relacionava à mineração. Historicamente, o processo de territorialização dos “sertões” e ocupação de Minas Gerais desenrolou-se a partir do final do século XVII, intensificando-se no século XVIII, com a descoberta do ouro de aluvião – na bacia do Rio das Velhas, próximo à Sabará – pelos bandeirantes paulistas que realizavam expedições, incentivados pela Coroa Portuguesa, a fim de expandir territórios da colônia para as paisagens “desconhecidas” do interior do país.

Com a disseminação da notícia de abundância de riquezas minerais na região, iniciou-se um processo de povoamento intenso que fez surgir uma constelação de povoados (Fonseca, 2011) ao longo das rotas de acesso e escoamento do ouro na capitania, em um processo complexo “a gênese e o desenvolvimento de cidades, a constituição de fluxos

comerciais regionais e continentais, [e] a formação de uma cultura urbana específica” (Fonseca, 2011, p. 57) estabelecidos a partir da relação colonização-urbanização-extração.

A migração de pessoas vindas de toda a colônia e de Portugal, em busca dessa vasta riqueza, mineração de fácil obtenção, e, sobretudo, um expressivo número de indígenas e negros escravizados, especializados nos saberes extrativos, compunham a população das minas setecentistas. Estima-se que a população europeia na área mineradora tenha chegado a aproximadamente 300 a 500 mil pessoas e que a população brasileira durante o século XVIII tenha crescido de 300 mil para 3,25 milhões ao final do século (Monte-Mor, 2001; IBGE, 2007; Furtado, 2003). Os dados populacionais e migratórios ressaltam a natureza desorganizada e o curto prazo com que se deu a ocupação e urbanização, salvaguardando as devidas escalas de urbanização à época.

Em função dos assentamentos dispersos, marcados pelo erguimento de capelas por vezes precárias, os limites administrativos eram comumente referenciados em estruturas naturais e elementos topográficos, como rios, córregos e serras, por serem considerados limites confiáveis, marcos mais permanentes na paisagem (Monte-Mór, 2001; Fonseca, 2011; Nascimento et al., 2022). Cartografias históricas do período colonial demonstram essas referências geomorfológicas e paisagísticas (Cioni, 2021; Nascimento et al., 2021; Nascimento et al., 2022; Nascimento; Cioni, 2023). Na região posteriormente denominada QAF, esses elementos topográficos são os lugares de extração de riquezas minerais, durante o período colonial e atualmente.

Machado (2009) demonstra a forte presença de geólogos estrangeiros, advindos de diferentes grupos de interesse, na construção da delimitação do QAF consolidada no século XX, que teve como ponto de partida e marco inicial os estudos do alemão Barão de Eschwege, no início do século XIX, a partir de um contrato com a coroa portuguesa, interessada no patrimônio mineral da região após o ciclo do ouro. Souza (2021) também discute a importância histórica de instituições estrangeiras na construção da delimitação da área do QAF, bem como a construção da noção territorial pautada sobretudo na prevalência das jazidas de ferro sobre qualquer outro elemento, inclusive os núcleos urbanos.

A designação “Quadrilátero Ferrífero” é associada a Luis Felipe Gonzaga de Campos, geólogo que, sob a orientação de Orville Adalbert Derby, Diretor do Serviço Geológico e Mineralógico do Brasil no início do século XX, recebeu a tarefa de mapear a região (Souza, 2021). Derby (2010) observou que os resultados da época representavam apenas parte da área total e destacou a existência de depósitos de minério de ferro em outras

regiões. A expressão “Quadrilátero Ferrífero” foi introduzida por Dorr II et al. (1957) e posteriormente a área foi ampliada em relação àquela originalmente definida por Gonzaga de Campos. De acordo com Souza (2021), as representações históricas ressaltam a importância das jazidas minerárias na região, indicando um foco significativo na atividade minerária na época. Além disso, de acordo com Souza (2021), evidencia-se o papel do Estado na representação espacial, com destaque para o apoio do United States Geological Survey, uma instituição estatal estadunidense.

Embora os primeiros estudos de Eschwege tenham inicialmente definido a área geológica do QAF, a discussão e as dúvidas sobre os municípios que o compõem continuam sendo motivo de divergência, variando conforme o contexto e a intenção. Essas discussões abarcam desde questões administrativas, como a divisão dos royalties, conforme abordado por Riani (1999), até análises mais recentes que consideram os patrimônios geomorfológicos da região, como destacado pelo Geopark Quadrilátero Ferrífero (Azevedo et al., 2012).

Frente às diferentes abordagens, optamos por adotar, no presente estudo, a definição proposta pelo Centro de Estudos Avançados do Quadrilátero Ferrífero (CEAQF), sob a coordenação da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), que adota uma interpretação integrativa das áreas geológicas e administrativas do QAF. Segundo o CEAQF, o QAF abrange 34 municípios. Contudo, os limites geológicos estabelecidos pelo CEAQF/UFOP abrangem uma área mais extensa, incluindo outros 25 municípios, totalizando 59 municípios. Para fins deste estudo, optamos por indicar os 34 municípios mencionados pelo CEAQF como “primários”, enquanto os demais 25 municípios inseridos nos limites geológicos do QAF são denominados “secundários”.

3.3 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO (UCS) DO QAF

Mesmo que seja importante entender as Unidades de Conservação (UCs) como instrumentos burocráticos e institucionais de gestão do território, os casos práticos do Quadrilátero Aquífero-Ferrífero (QAF) mostram o apelo constante a este instrumento por diversos grupos da sociedade civil interessados em proteger seus territórios do avanço da mineração. Nesse panorama, o processo de luta para criação do Parque Nacional da Serra do Gandarela é simbólico por angariar uma série de agentes em torno da luta para a concretização de uma área de proteção que abarcasse a defesa das águas e da biodiversidade, diante do anúncio de projetos de novas cavas de extração de minério de ferro na área (Rojas,

2014). Ainda assim, o anúncio de novos empreendimentos de exploração no QAF vem demonstrando os riscos que as poucas áreas protegidas correm de se fragmentarem e perderem conectividade ecológica, bem como a falta de comprometimento do poder público. O Projeto Manuelzão (2024) destaca que o Parque Nacional do Gandarela, o Monumento Natural Estadual da Serra da Moeda, a Estação Ecológica Estadual de Arêdes e a Serra do Curral (que não possui condição de Unidade de Conservação) estão sob risco iminente de sofrer alguma forma de descaracterização em sua proteção legal atual.

Nos termos definidos pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), diversas das áreas de proteção da região do QAF não seguem os parâmetros legais exigidos para serem consideradas de fato uma UC. Dentre tais exigências, a inexistência de um plano de manejo ou um conselho gestor, nos termos do Decreto Federal n.º 4.340/2002, impede o registro de tais unidades no Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC). Assim, diversos municípios criam suas próprias estratégias para conseguirem ter áreas de proteção em seus territórios, como em Belo Horizonte, onde os 7 parques municipais são regularizados não por uma Lei Federal, mas sim pela Lei Municipal n.º 10.879/2015.

Ainda que diversas áreas de proteção municipais não estejam resguardadas pelo CNUC, optamos por considerá-las nos 59 municípios do QAF. A partir da definição dos municípios, estes foram sobrepostos com os dados sobre as UCs disponibilizados por meio da plataforma WebGIS “Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos” (IDE-Sisema) para compreender as UCs espalhadas pela área. Os dados categorizados como “restrição ambiental” no IDE-Sisema incluem as Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) (IEF, 2023a) e as UCs municipais, estaduais (IEF, 2023b, 2023c) e federais (IEF/ICMBio, 2022).

Segundo a Lei n.º 9.985/2000 (Brasil, 2000), as UCs são divididas em dois grupos, de proteção integral e de uso sustentável. As Unidades de Proteção Integral visam preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Unidades de Proteção Integral podem ainda ser classificadas em: a) Estações Ecológicas, que têm acesso restrito, permitido apenas para fins educacionais com autorização prévia dos órgãos responsáveis e alterações dos ecossistemas controladas, apenas para manejo de espécies e coletas para pesquisas científicas; b) Reserva Biológica, com restrições similares às Estações Ecológicas; c) Parque Nacional, que geralmente são áreas de relevância ecológica e beleza cênica, pode ter acesso restrito similar às anteriores, mas também pode permitir visitação, educação e recreação ambiental e turismo ecológico, a depender do Plano de Manejo; d) Monumento Natural, objetiva preservar sítios naturais raros, singulares e/ou de grande beleza

cênica e a visitação depende das condições e restrições definidas em Plano de Manejo; por fim e) Refúgio de Vida Silvestre, objetiva proteger ambientes naturais e condições de existência e/ou reprodução de espécies da flora e fauna local ou migratória, com restrições de acesso salvaguarda para fins de pesquisa.

Estação Ecológica, Reserva Biológica e Parque Nacional são necessariamente áreas de posse e domínio público, enquanto Monumento Natural e Refúgio de Vida Silvestre podem ser constituídos por áreas particulares desde que compatibilizados os objetivos das UCs com o uso da terra e dos recursos naturais pelos proprietários.

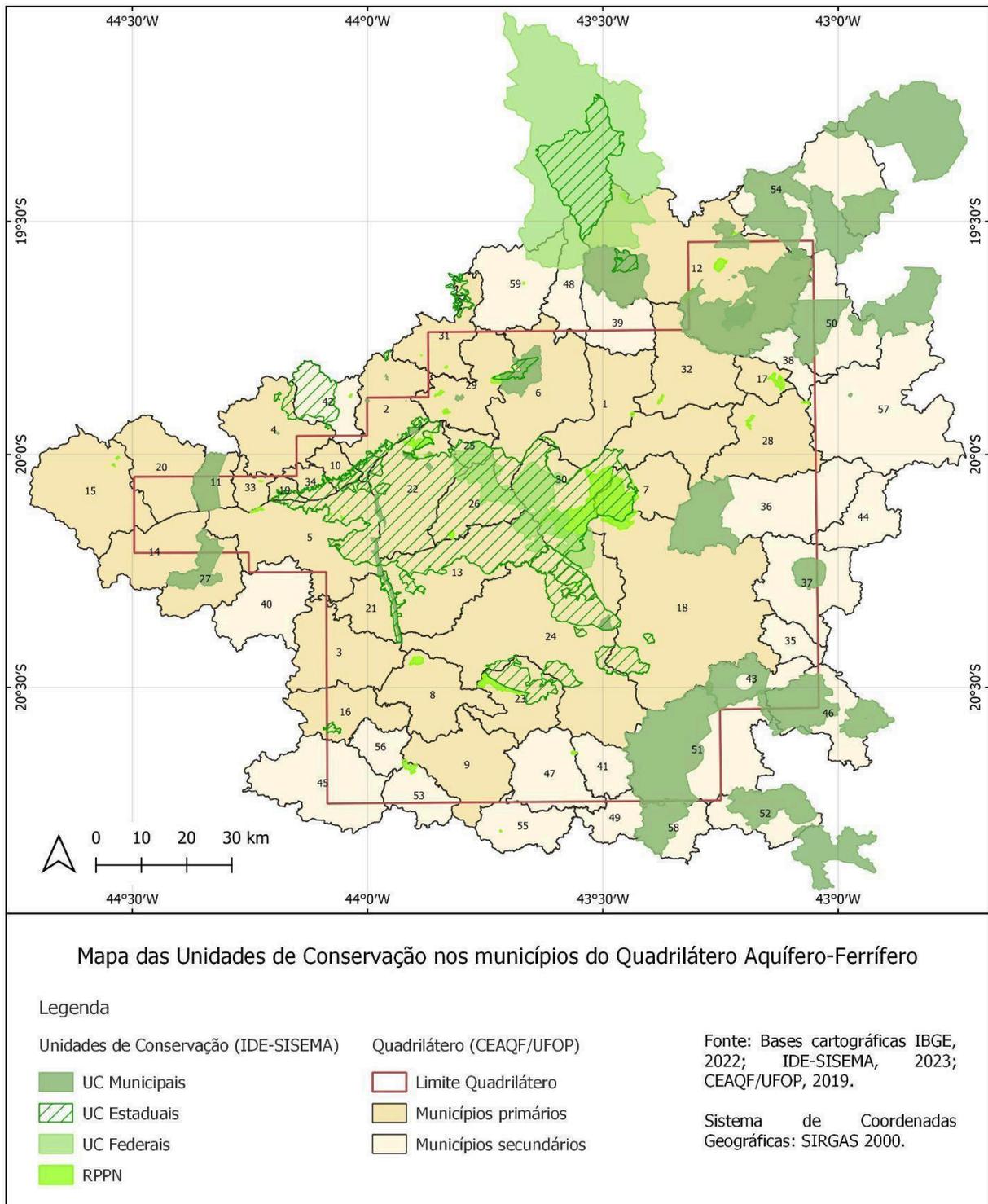
Por sua vez, as UCs de Uso Sustentável buscam compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais e podem ser categorizadas em: a) Área de Proteção Ambiental; b) Área de Relevante Interesse Ecológico; c) Floresta Nacional; d) Reserva Extrativista; e) Reserva de Fauna; f) Reserva de Desenvolvimento Sustentável; e, g) Reserva Particular do Patrimônio Natural.

Na área de estudo, apresentam-se três tipos de UC de uso sustentável: Área de Proteção Ambiental (APA); Floresta Nacional; e Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN). Nessas UCs é permitida a visitação e atividades educativas, turísticas e recreativas. Em teoria, não é necessária autorização prévia para fins de pesquisa científica em APAs e RPPNs, porém, estas podem ter acesso restrito. APAs podem ser compostas por áreas particulares e públicas, enquanto RPPN são necessariamente áreas particulares. As florestas nacionais são de posse e domínio públicos, portanto não é necessária autorização prévia para fins de pesquisa científica.

Considerando a totalidade dos municípios inseridos no QAF, identificamos 125 UCs dentro da área de estudo, sendo: 54 Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN) distribuídas entre 28 municípios, 45 UCs Municipais distribuídas em 21 municípios, 24 UCs Estaduais distribuídas em 23 municípios e 2 UCs Federais que envolvem o território de 11 municípios. A distribuição das UCs no QAF pode ser observada no Figura 8.

Embora haja na região do QAF 45 UCs Municipais, a distribuição destas ocorre de forma desigual pelo território. Das 59 cidades, 38 delas não possuem UCs Municipais. Do mesmo modo, 36 municípios não estão abarcados por nenhuma UC Estadual e 48 não estão incluídos por nenhuma UC Federal. Em relação às RPPN, 31 municípios também não possuem nenhuma dessas UCs. A relação das UC por município pode ser observada de maneira mais detalhada nas Tabelas 1 e 2 no Anexo que acompanha este estudo.

Figura 8 — Mapa das Unidades de Conservação nos municípios do Quadrilátero Aquífero-Ferrífero de Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelos autores (2023) com os dados IDE-SISEMA, 2023; CEAQF/UFOP, 2019; IBGE, 2022.

Nesse panorama, 12 municípios se destacam por não possuírem nenhum tipo de UC dentro de seu território, sendo três deles municípios primários e nove deles municípios secundários. Por outro lado, somente Ouro Preto, Itabira e Nova Lima possuem UCs de todas as esferas. Além disso, é visível uma baixa integração e conectividade entre as UCs existentes. Dentro da área de estudo há duas UCs Federais, a APA Federal Morro da Pedreira e o Parque Nacional da Serra do Gandarela, que envolvem parte do território de 11 municípios que integram a área de estudo.

Sobre as UCs Estaduais, das 24 existentes, sete são de uso sustentável — cinco Áreas de Proteção Ambiental (APA) e duas Florestas Estaduais (FLOE) — e 17 são de proteção integral — quatro Estações Ecológicas (ESEC), cinco Monumentos Naturais Estaduais (MONA), sete Parques Estaduais (PAR) e um Refúgio de Vida Silvestre (RVS). A maior UC Estadual em termos de área de abrangência é a APA Estadual Sul RMBH, que engloba o território de 13 municípios, e dentro desta área localizam-se outras quatro UCs Estaduais de menor porte. Entre as 45 UCs Municipais, 22 são de uso sustentável e 23 são de proteção integral, sendo cinco Monumentos Naturais Municipais, 15 Parques Municipais e três Reservas Biológicas Municipais.

Entre as UCs, sejam elas municipais, estaduais ou federais, 56,57% são de uso sustentável e 43,43% de proteção integral. Quando consideramos a totalidade das UCs, isto é, UCs das três esferas federativas e as RPPNs, a porcentagem de UCs de proteção integral reduz para 32,8% enquanto o percentual de UCs de uso sustentável aumenta para 67,2%. Isto ocorre porque todas as RPPNs são de uso sustentável.

É notável a concentração de UCs nas proximidades da área metropolitana de Belo Horizonte, enquanto uma lacuna se evidencia nos limites oeste e sudoeste do QAF, onde municípios como Belo Vale e Itatiaiuçu carecem de qualquer forma de proteção ambiental. Além disso, ao sul do QAF, observa-se a presença de UCs em áreas de menor altitude que não contemplam remanescentes dos CRF.

Essa situação evidencia as falhas do estado brasileiro, em âmbito federal, estadual e municipal, na implementação de metodologias eficazes para a definição de áreas prioritárias e criação de UCs. Embora o Ministério do Meio Ambiente (2014) afirme que as metodologias utilizadas estejam alinhadas com a Convenção sobre Diversidade Biológica, os dados sobre a efetividade do cumprimento da meta de proteger 10% da área de cada bioma até 2010 são escassos. Além disso, se considerarmos os CRF e os Campos Rupestres como biomas,

conforme discutido por Silveira et al. (2016), as atuais áreas de proteção no QAF se mostram inadequadas e deveriam ser consideravelmente expandidas.

É crucial reconhecer também que as atuais áreas de conservação são manifestamente insuficientes à luz do Quadro Global de Biodiversidade de Kunming-Montreal, que estabelece a meta de proteger pelo menos 30% das terras do planeta e reduzir a perda de áreas de alta biodiversidade a quase zero até 2030 (ONU, 2022). Essa lacuna entre os objetivos internacionais e a realidade local ressalta a urgência de medidas mais robustas e eficazes para proteger e conservar a biodiversidade no QAF.

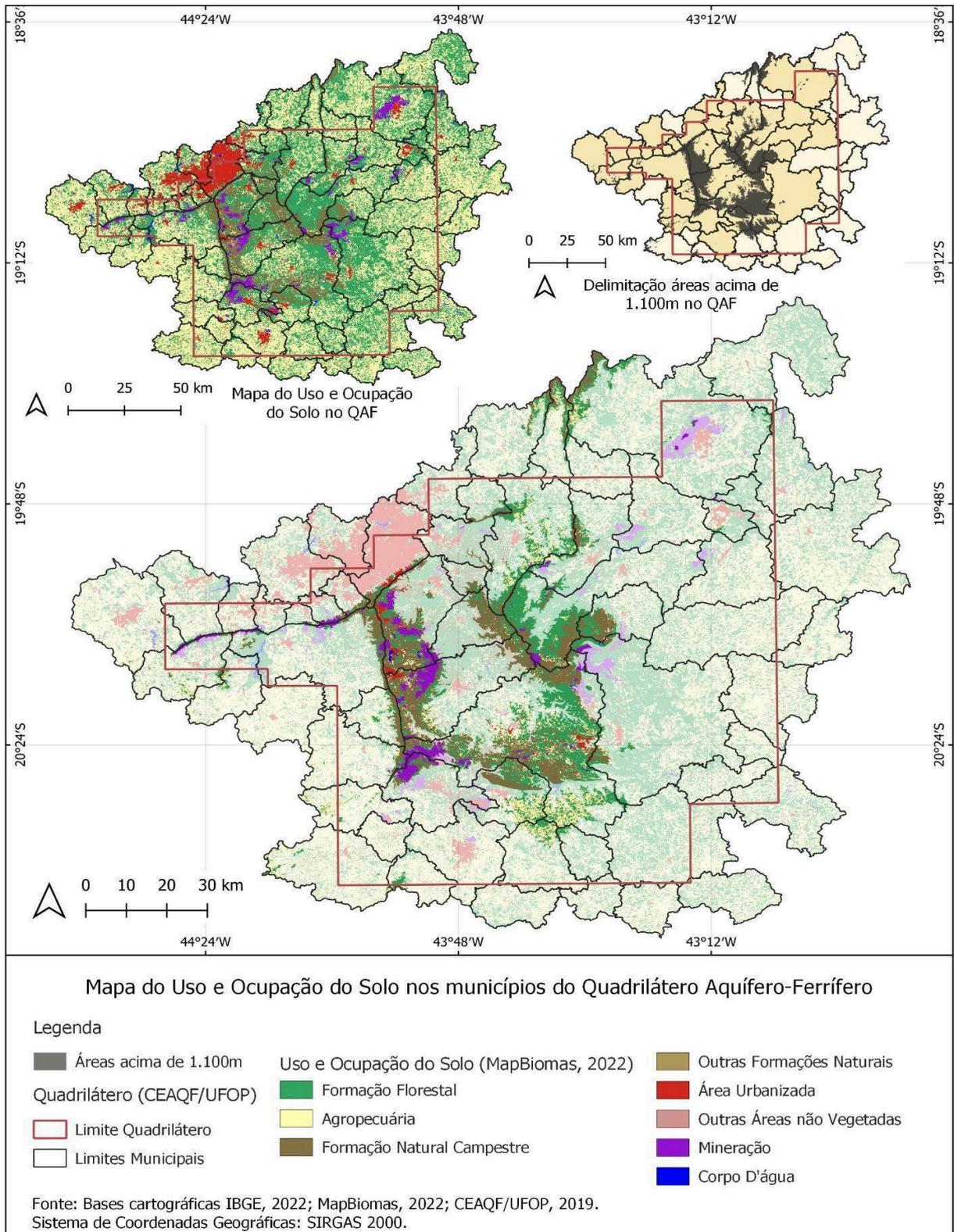
3.4 ONDE ESTÃO OS CAMPOS RUPESTRES FERRUGINOSOS? UMA PINCELADA SOBRE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO

Embora este estudo pretenda tão somente apontar onde estão as Unidades de Conservação (UCs) no QAF e mencionar o tema das áreas prioritárias para conservação, diversos autores afirmam que os CRF geralmente ocorrem em altitudes superiores a 900 m (Silveira et al., 2016; Viana; Lombardi, 2007). Entretanto, para os fins a que se destinam as análises no presente estudo e, de forma conservadora, visando a diminuição dos ruídos relacionados à seleção de todas as áreas dentro do QAF acima de 900 m de altitude, optamos por utilizar o índice de 1.100 m de altitude para as análises que seguirão.

A partir da análise do Modelo Digital de Elevação (MDE) (TOPODATA/INPE, 2011) da região do QAF em estudo, foi possível extrair dados quantitativos sobre as áreas acima de 1.100 m. No QAF a área total em quilômetros quadrados igual ou acima de 1.100 m de altitude corresponde a 2.549,43 km². A área total dos 59 municípios é de 20.157 km². Portanto, aproximadamente 12,65% da região do QAF está acima de 1.100 m de altitude e pode ser considerada como CRF. Assim, conforme os nossos resultados e na mesma linha de diversos outros autores, podemos afirmar que a mineração é a atividade antrópica mais crítica para a destruição dos CRF (Figura 9).

Coincidindo as áreas de formação natural campestre com aquelas acima de 1.100 m, temos um ponto que corrobora a hipótese de que os CRF estejam nesta faixa altimétrica. Além de fortalecer o argumento da altitude, os mapas demonstram que as áreas onde existem menos UCs (Seção 2 deste artigo), notadamente os limites oeste e sudoeste do QAF, também possuem uma grande incidência de cavas de mineração nas faixas próximas e acima de 1.100 m.

Figura 9 — Mapa de uso e ocupação do solo nas áreas acima de 1.100 m de altitude nos municípios do Quadrilátero Aquífero-Ferrífero



Fonte: Elaborado pelos autores (2023) com dados de MapBiomas (2022), CEAQF/UFOP (2019) e IBGE (2022).

Coincidindo as áreas de formação natural campestre com aquelas acima de 1.100 m, temos um ponto que corrobora a hipótese de que os CRF estejam nesta faixa altimétrica. Além de fortalecer o argumento da altitude, os mapas demonstram que as áreas onde existem menos UCs (Seção 2 deste artigo), notadamente os limites oeste e sudoeste do QAF, também possuem uma grande incidência de cavas de mineração nas faixas próximas e acima de 1.100 m.

Assim, as análises de uso do solo confrontadas com a distribuição das UCs indicam que as UCs podem valer-se como instrumentos importantes de proteção às áreas de CRF, bem como de que a ausência e má distribuição dessas UCs coloca em risco a conectividade entre as diferentes áreas a proteção de porções ambientais representativas. Entretanto, mesmo diante de um quadro de desproteção de áreas de grande relevância para a biodiversidade, inexistente qualquer iniciativa estatal para a criação de UCs nas áreas apontadas. Pelo contrário, as atuais áreas de proteção vêm sofrendo com ameaças constantes de redução (ALMG, 2007; Manuelzão, 2023).

Diante da falha do Poder Público em adotar políticas de proteção integral dos remanescentes de CRF, encontramos exemplos vindos dos movimentos sociais utilizando diferentes ferramentas para resguardar as áreas de CRF. Eles defendem a proteção desses ambientes, tanto pela sua importância para água nas comunidades, como por sua importância histórica. Nesta toada, o uso do instituto jurídico do tombamento é recorrente: justamente no extremo oeste do QAF, a ONG Defesa Ambiental Guará tem lutado pela proteção do Pico da Pedra Grande (ALMG, 2023a, 2023b, 2024).

Diante da complexidade e diversidade dos contextos presentes no QAF, optamos por selecionar o município de Congonhas como um estudo de caso para analisar uma parte da realidade das UCs na região. A escolha se justifica pela proximidade dos autores com o município, pela sua representatividade média em termos de áreas de proteção na região, conforme indicado na tabela anexa a este estudo, e principalmente pela evidência de que as estratégias de criação de uma UC estão enfrentando obstáculos, levando os movimentos locais a buscar alternativas, uma situação que espelha o que ocorre em diversos outros municípios do QAF.

3.5 POR QUE TÃO DIFÍCIL PROTEGER? ESTADO DE (DES)PROTEÇÃO E O CASO DE CONGONHAS E O MOVIMENTO PELA SERRA DO PIRES

Congonhas é um município situado no limite sul do Quadrilátero Aquífero-Ferífero (QAF) e carrega consigo uma rica história cultural, sendo reconhecida como lar do Santuário do Bom Jesus de Matosinhos, patrimônio mundial protegido pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO). Sob essa riqueza histórico-cultural, Congonhas também se coloca como uma das principais cidades mineradas em Minas Gerais, estando em seu território a mina responsável por colocar a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN Mineração S.A.) como a segunda maior exportadora de ferro do Brasil e sexta do mundo (CSN, 2023). Atualmente, a CSN estima que as suas duas minas em Congonhas (Casa de Pedra e Engenho) detenham reservas calculadas em mais de 3 bilhões de toneladas de minério (ANM, 2020).

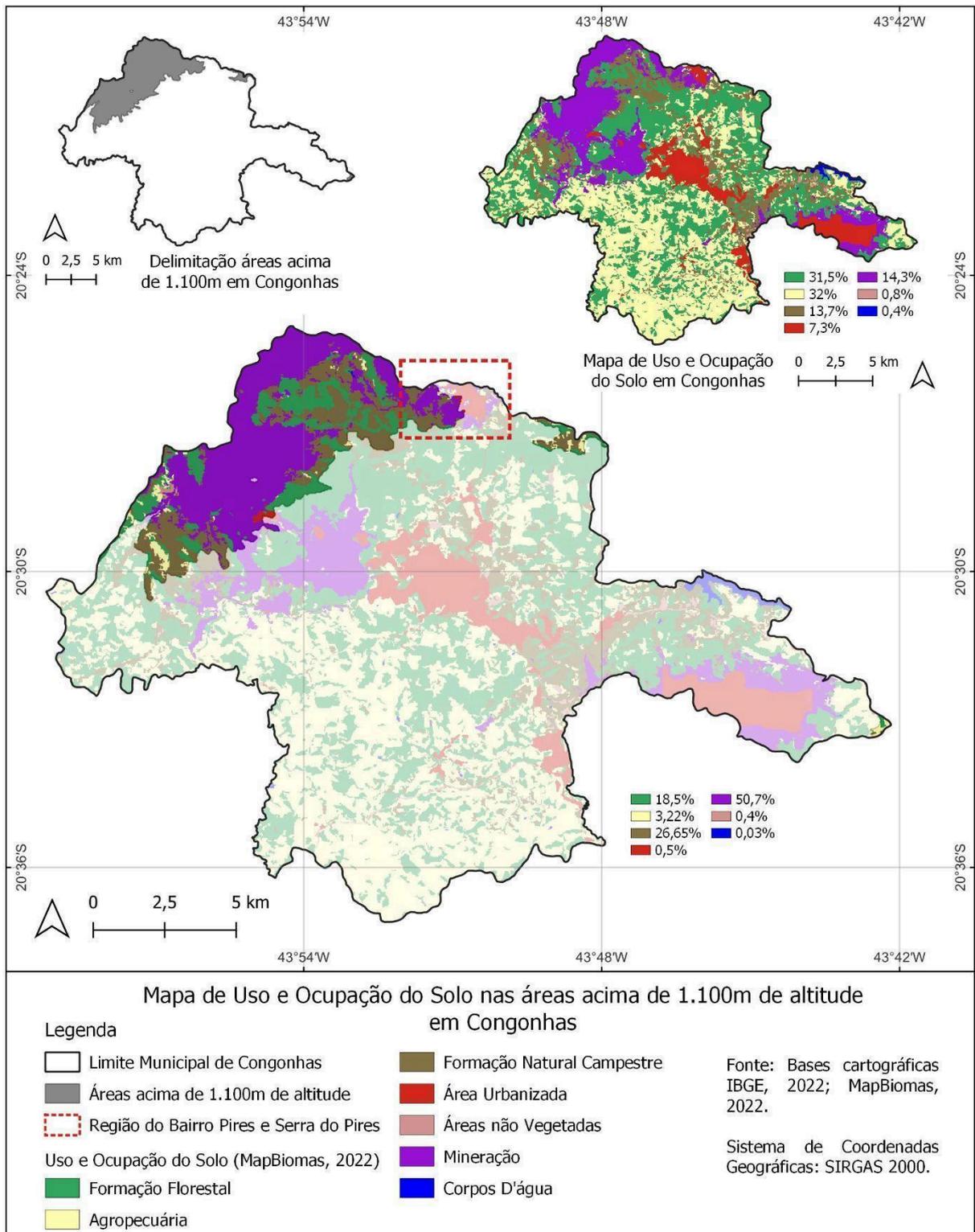
Segundo dados do MapBiomas (2022), observamos que o uso e ocupação do solo em Congonhas (Fig. 10) apresenta uma significativa área voltada à mineração. As áreas de mineração se concentram a leste do município — nos limites com Ouro Branco, onde se localiza a planta siderúrgica da empresa Gerdau S.A. — e ao norte do município — onde se concentram as cavas de mineração das empresas CSN Mineração e Ferro+, justamente sobre áreas de CRF.

Cerca de 15,9% do território municipal de Congonhas está localizado em áreas acima de 1.100 m. Assim, aproximadamente 50,7% dessas áreas já foram transformadas em cavas de mineração, com as zonas circundantes também profundamente alteradas e fragmentadas. Dessa maneira, compreendemos que os CRF do município enfrentam intensa pressão e desafios de conservação, uma vez que se encontram cercados por áreas de mineração, urbanização, além de rodovias e ferrovias associadas à indústria mineradora.

Diante de grandes minas de minério de ferro, as áreas de CRF nos topos de morro do município de Congonhas encontram-se em estado de grande fragilidade. Pelas características hidrogeomorfológicas do QAF já mencionadas na Introdução, as principais captações de água para abastecimento público na cidade são realizadas em áreas das serras, o que ao longo do tempo vem gerando diversos conflitos com as mineradoras (Milanez, 2011; Ferreira, 2012; Castro, 2022; Menegassi; 2023).

Em toda sua área, Congonhas possui apenas uma Unidade de Conservação (UC), de caráter privado, a Reserva Particular do Patrimônio Natural do Poço Fundo, de propriedade da Vale (ICMBIO, 2023). A reserva foi criada pela Portaria do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente (IBAMA) n.º 36, de 02 de junho de 1995, com área de 336,73 ha pela empresa Companhia de Mineração Serra da Moeda S/A.

Figura 10 — Mapa de uso e ocupação do solo em Congonhas, Minas Gerais, Brasil



Fonte: Elaborado pelos autores (2023) com os dados de MapBiomas (2022) e IBGE (2022).

Com a venda da área da empresa para a Vale, a RPPN também se tornou de responsabilidade desta empresa. Conforme consta no plano de manejo da referida UC, foi a partir da emissão de uma condicionante ambiental para a instalação e expansão da mina de Fábrica, localizada a algumas centenas de metros da RPPN, que a Vale adicionou 90 ha à UC (VALE, 2015).

Conforme demonstra o próprio plano de manejo da RPPN, a UC foi criada em uma área que se sobrepõe apenas em alguns pontos em uma unidade geológica de interesse mineral, fora das áreas de interesse da mineração de ferro (VALE, 2015). Além disso, o ato da criação da unidade não foi baseado em aspectos de importância biológica, obedecendo à época tão somente às determinações legais das condicionantes ambientais. Essa questão parece se repetir no QAF, como observamos na Figura 9.

Para Congonhas por vezes também é citada a existência de uma segunda UC, que seria o Parque Ecológico da Cachoeira (Congonhas, 2018). Entretanto, o chamado Parque Ecológico não é previsto em nenhuma categoria possível no Sistema de UCs previsto pela Lei n.º 9.985/2000, nem conta com qualquer plano de manejo ou organização semelhante. A criação do espaço se deu por meio de um decreto, sob a alcunha de “Parque Balneário da Cachoeira de Santo Antônio”, revelando a intenção do Poder Público de considerá-lo um balneário ou área de lazer (Congonhas, 1987). De toda forma, a medida de criação de áreas de proteção via decreto é considerada precária e pouco efetiva, já que, em regra, é passível de revogação (Guilhon; Sá; Bondioli, 2017).

Na resolução da Secretaria de Meio Ambiente de Minas Gerais (SEMAD-MG) n.º 2.829/2019 (Minas Gerais, 2019), avaliando o fator de qualidade de UCs para recebimento do chamado ICMS Ecológico, a RPPN Poço Fundo é a única UC de Congonhas citada, desconsiderando a presença do Parque da Cachoeira (Minas Gerais, 2019). O tema do ICMS Ecológico é caro para o QAF, já que diversas Áreas de Proteção Ambiental (APAs) na região são criticadas, conforme Euclides e Magalhães (2006), por resguardarem áreas de baixa relevância ambiental e que apenas aparentam algum nível de proteção, já que os uso e ocupação da terra nessas áreas são diversos. Segundo o estudo do Fundo de Parceria para Ecossistemas Críticos (Pinto, 2019), essa realidade parece ser comum em muitos municípios brasileiros: são criadas APAs, mas elas jamais chegam a ser implementadas de fato ou rapidamente têm sua finalidade alterada.

No âmbito da legislação urbana municipal de Congonhas, observa-se uma lacuna significativa quanto ao planejamento e à preservação ambiental. Embora o Plano Diretor

inclua diretrizes relacionadas à conservação de formações vegetais de valor ambiental e paisagístico, à proteção dos recursos hídricos e mananciais de abastecimento público e, ainda, ressalte a importância da criação de UCs, Parques Municipais, Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs), Corredores Ecológicos e Áreas de Proteção Ambiental (APAs), até o momento não foram implementadas iniciativas nesse sentido. Além disso, a legislação de zoneamento urbano, que está vinculada ao Plano Diretor, limita-se a abordar os perímetros urbanos, deixando de contemplar o território municipal dentro das premissas do planejamento ambiental por meio do macrozoneamento territorial.

No ano de 2007, diante do anúncio de investimentos de expansão de R\$ 11 bilhões por parte da CSN, Congonhas viveu uma das maiores movimentações públicas de sua história em torno de compreender os danos da mineração sobre a área do principal ponto de captação do município (Ferreira, 2012). A mobilização no município foi encabeçada pelo movimento “A Serra é Nossa”, que, preocupado com os riscos de desabastecimento e danos paisagísticos oriundos da mineração da serra — que integra o conjunto paisagístico tombado pela UNESCO —, culminou na aprovação da Lei 2.694/2007, responsável por tornar e assegurar a preservação das vertentes da Serra Casa de Pedra voltadas para a área urbana (Ferreira, 2012).

Embora tenha conseguido proteger a área responsável pelo abastecimento da parte urbana, essa proteção se deu por meio de um tombamento, um instituto jurídico de alçada paisagística, o que não passa pela criação de planos de manejo e não obriga a criação de mecanismos para a proteção dos ciclos biológicos ali existentes. Assim, mesmo com o tombamento, Congonhas continuou sem nenhuma UC pública, além de as comunidades de bairros periféricos continuarem vivenciando conflitos em torno da água (Castro, 2022).

Nesse cenário, o bairro do Pires, distante 3 quilômetros do centro urbano do município, não teve a área da serra, que leva o mesmo nome da comunidade, protegida. Em razão disso, os conflitos permaneceram constantes na realidade local (Correio de Minas, 2023). Em 2023, novas violações ao direito de acesso à água aconteceram no Pires. A comunidade ficou mais de 20 dias recebendo água contaminada em suas residências. O rompimento de uma adutora resultou em uma água contaminada por minérios sendo distribuída aos moradores, os registros imagéticos representam a condição da água que foi fornecida, completamente turva e lameada (MAB, 2023).

A partir dos movimentos de expansão da mineração realizada pela Ferro+ sobre o território do bairro Pires, que ameaçam fragilizar (ainda mais) o abastecimento hídrico da

comunidade, o movimento “A Serra do Pires é Nossa”, composto pela Associação dos Moradores do Pires, Instituto Histórico e Geográfico de Congonhas e Movimento dos Atingidos por Barragens, iniciou a busca de medidas que compatibilizem os planos de uso das áreas de recarga hídrica com o interesse da população, a despeito dos interesses de expansão da empresa Ferro+ sobre a área do bairro. Após várias articulações, o movimento conseguiu, em 2022, propor um Projeto de Lei para criação de um monumento natural na área (Menegassi, 2023). A comunidade reivindica o tombamento da Serra do Pires na esfera municipal a fim de frear a expansão prevista da Ferro+ e, conseqüentemente, garantir seus direitos sobre o território (Menegassi, 2023).

Conforme demonstram os depoimentos registrados em Audiência Pública realizada no bairro, diversas vezes foi requerida e cogitada a necessidade da criação de uma UC junto ao município (COBAPI, 2023). No entanto, as falas dos representantes da municipalidade demonstram a predominância de um discurso revestido de tecnicidade, onde a criação de UCs municipais são rechaçadas sob o argumento de que “o município é obrigado a indenizar as empresas” (COBAPI, 2023) ou qualquer outro proprietário de áreas particulares. Mesmo que a simples criação de uma UC não importe necessariamente na desapropriação de bem privado, conforme discutem Paula e De Brito (2023), o argumento de que o município não conseguiria desapropriar uma empresa de mineração preponderou de tal forma que a proposição de criação de uma UC restou vencida.

A tática de apelar para a impossibilidade de qualquer afetação de territórios de empresas, sob pena da necessidade de indenizar, não somente o valor do terreno, mas também toda a produção mineral, não é recente. Em 2012, a Vale já havia notificado o município de Congonhas de que teria que indenizá-la caso impedisse de minerar a área da Serra Casa de Pedra por meio de um tombamento (Castro, 2022). Tal episódio ilustra como até mesmo a mera restrição do uso de propriedades privadas pode motivar em ameaças e um desafio considerável para os movimentos terem sucesso no estabelecimento de UCs.

Os conflitos relacionados à desapropriação de terras para a criação de Unidades de Conservação (UCs) são frequentes e têm sido objeto de discussão legislativa. Em 2021, a Câmara dos Deputados promoveu uma audiência para debater o Projeto de Lei 2001/19, que propõe condicionar a criação de UCs à disponibilidade de recursos para indenizar os proprietários afetados (Canuto, 2021). Diante desse contexto, os Monumentos Naturais (MONAs) surgem como uma categoria de UC capaz de conciliar a proteção de áreas naturais com o direito dos proprietários. Conforme o artigo 12 da Lei 9.985/2000, os MONAs visam proteger áreas naturais que contenham “sítios raros, singulares ou de grande beleza cênica”.

Um aspecto importante dos MONAs é que podem ser estabelecidos em áreas particulares, sem a necessidade de desapropriação, desde que haja compatibilidade entre o objetivo de conservação e o uso pelos proprietários, conforme estabelecido pelo parágrafo primeiro do artigo 12 (Brasil, 2000).

O estudo “Territórios livres de mineração: construindo alternativas ao extrativismo” (Malerba; Wanderley; Coelho, 2022), organizado pelo Comitê Nacional em Defesa dos Territórios frente à Mineração, evidencia as amplas mobilizações em torno da criação do Parque Nacional do Gandarela, a última Unidade de Conservação criada em área de CRF no QAF, em 2014. Apesar dos inúmeros obstáculos estatais, diversos discursos foram utilizados para desencorajar e tentar fragmentar as áreas de proteção, destacando-se questões de regularização fundiária e a importância da exploração mineral. Esses aspectos ajudam a compreender as dificuldades enfrentadas na proteção de grandes áreas no QAF (Malerba; Wanderley; Coelho, 2022).

Lemos e Silva (2015), ao estudarem a criação de um MONA para proteger a nascente do Rio São Francisco na região da Serra da Canastra, destacaram que o argumento da não necessidade de desapropriação foi fundamental para a criação dessa UC. Diante das incertezas e dos desafios enfrentados no estabelecimento de outros tipos de UCs, os movimentos sociais têm recorrido repetidamente à criação de MONAs como uma alternativa viável e urgente. Um exemplo recente dessa abordagem é evidenciado pelos quatro projetos apresentados na Assembleia Legislativa de Minas Gerais, em resposta às demandas locais por conservação ambiental em áreas ameaçadas pela mineração e outras atividades exploratórias (ALMG, 2023a, 2023b, 2024; Siqueira; Camilo, 2023).

O MONA foi invocado no caso do Pires pelos movimentos sociais sob o argumento de que “a proteção por MONA funciona muitas vezes de maneira semelhante ao tombamento, proporcionando proteção legal sem a necessidade de desapropriação” (COBAPI, 2023), o que minimizaria conflitos com proprietários e facilitaria sua implementação. A experiência da Serra do Pires ilustra como os MONAs têm sido a saída encontrada pelos movimentos sociais para proteger áreas importantes no QAF. Foi esta a alternativa final encontrada pela Associação dos Moradores do Pires para as áreas de CRF objeto de suas lutas: por meio do Projeto de Lei Municipal n.º 91/2023 e o Projeto de Lei estadual n.º 1.367/2023, a Serra do Pires pode se tornar um MONA.

Os MONAs desempenham um papel importante como medida emergencial para proteger áreas críticas e atender às demandas por conservação ambiental em locais

vulneráveis. No entanto, é crucial reconhecer que essas áreas geralmente possuem uma extensão limitada e carecem frequentemente de conectividade com outras áreas protegidas (Figura 8). Essa limitação em área e conectividade é preocupante a longo prazo, vez que pode comprometer a viabilidade e a sustentabilidade da conservação da biodiversidade na região. A criação de MONAs destaca a relevância da atuação dos movimentos sociais na identificação de áreas críticas de biodiversidade e na formulação de estratégias de conservação, especialmente diante da persistente falha do Estado em implementar medidas eficazes alinhadas com os acordos internacionais sobre biodiversidade.

A expansão das discussões sobre a criação UCs municipais em áreas de CRF de alta relevância e conectadas emerge como uma necessidade urgente nos locais do QAF onde essas estruturas ainda não foram estabelecidas. Especialmente em regiões onde a pressão da mineração e outras atividades econômicas ameaçam os CRF, discutir a criação de UCs e outras formas de proteção popularmente demandadas e tecnicamente embasadas pode desempenhar um papel vital na conservação desses ecossistemas únicos e altamente biodiversos.

3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das UCs revelou uma distribuição desigual e inadequada, com áreas de grande relevância para a biodiversidade que são os Campos Rupestres Ferruginosos (CRF), frequentemente desprotegidas ou subprotegidas. A falta de iniciativas estatais para a criação de UCs nessas áreas críticas representa uma lacuna preocupante na política ambiental, especialmente diante das constantes ameaças da mineração.

Por outro lado, as lutas dos movimentos sociais e ONGs engajadas na proteção ambiental e na gestão do território é destacada na defesa desses ecossistemas vulneráveis. Exemplos como a luta pela proteção do Pico da Pedra Grande, em Itatiaiuçu, e da Serra do Pires, em Congonhas, demonstram como a sociedade tem encontrado caminhos e respostas para a proteção dos remanescentes de CRF diante do hiato de UCs e da falta de políticas integradas por parte do Estado.

A análise da distribuição de UCs no QAF revela um cenário fragmentado e desigual, com um número ainda incipiente de áreas protegidas, especialmente nos ambientes de CRF. A sobreposição de minas e áreas de mineração sobre os CRF evidencia a necessidade premente de medidas de conservação, enquanto a caracterização do contexto na Serra do Pires

evidencia a complexidade dos conflitos socioambientais envolvidos entre mineração, sociedade e natureza.

Em um contexto caracterizado pela urgência de proteção e pela falta de legislação específica para adequadamente salvaguardar os Campos Rupestres Ferruginosos, os Monumentos Naturais (MONAs) surgem como uma alternativa viável de Unidade de Conservação, evitando muitas vezes a necessidade de desapropriação e minimizando conflitos com proprietários. No entanto, é fundamental reconhecer a importância de áreas protegidas mais amplas que possibilitem a criação de conectividade e corredores ecológicos. Esses elementos são cruciais para garantir a circulação de espécies e a perpetuação da biodiversidade nos CRF.

Diante da carência de instrumentos legais específicos para a proteção dos CRF e do avanço da atividade de mineração na região, a criação de UCs, quando socialmente demandadas, pode representar uma estratégia eficaz para a preservação dessas áreas vitais. Este estudo amplia, portanto, o conhecimento sobre UCs nos CRF no QAF e sobre o entendimento das dinâmicas e desafios enfrentados pelos movimentos sociais na busca pela proteção dos CRF, bem como para a promoção de políticas públicas mais eficazes de conservação ambiental no QF.

Por fim, este estudo destaca a importância contínua dos movimentos sociais na proteção do patrimônio natural do QAF, considerando a interação entre planejamento territorial e conservação ambiental. O estudo se propõe a avançar no futuro, explorando a conectividade entre as UCs, contribuindo para o conhecimento e aprimoramento das estratégias de preservação ambiental e participação comunitária em contextos de intensa pressão econômica e ambiental.

Agradecimentos

3.7 REFERÊNCIAS

ALKMIM, Fernando Flecha de; MARSHAK, Stephen. **Transamazonian orogeny in the Southern Sao Francisco craton region, Minas Gerais, Brazil: evidence for Paleoproterozoic collision and collapse in the Quadrilátero Ferrífero**. Precambrian Research, v. 90, n.º 1-2, 1998.

ALMG – Assembleia Legislativa de Minas Gerais. **Audiência debate como salvar Pedra Grande, monumento natural na RMBH.** ALMG [online], 14 de março de 2024. Disponível em: <<https://www.almg.gov.br/comunicacao/noticias/arquivos/Audiencia-debatecomo-salvar-Pedra-Grande-monumento-natural-na-RMBH/>>. Acesso em 06/04/2023.

ALMG – Assembleia Legislativa de Minas Gerais. **Projeto de Lei n.º 1.024/2023, de 06 de julho de 2023.** Belo Horizonte: ALMG, 2023a. Disponível em: <<https://www.almg.gov.br/projetos-de-lei/PL/1024/2023>>. Acesso em 06/04/2023.

ALMG – Assembleia Legislativa de Minas Gerais. **Projeto de Lei n.º 1.367/2023, de 19 de setembro de 2023.** Belo Horizonte: ALMG, 2023b. Disponível em: <<https://www.almg.gov.br/projetos-de-lei/PL/1367/2023>>. Acesso em 06/04/2023.

ALMG – Assembleia Legislativa de Minas Gerais. **Projeto que diminui área do Rola-Moça recebe críticas em audiência.** ALMG [online], 22 de agosto de 2007. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/acompanhe/noticias/arquivos/2007/08/Not_650762.html>. Acesso em 06/04/2023.

ANM – Agência Nacional de Mineração. **Anuário Mineral Brasileiro: principais substâncias metálicas. Brasília: ANM, 2020.**

ARAÓZ, Horacio Machado. **Mineração, genealogia do desastre: O extrativismo na América como origem da modernidade.** Tradução de João Peres. São Paulo: Editora Elefante, 2020.

AZEVEDO, Úrsula Ruchkys de; MACHADO, Maria Márcia Magela; CASTRO, Paulo de Tarso Amorim; RENGER, Friedrich Ewald; TREVISOL, Andréa; BEATO, Décio Antônio. **Geoparque Quadrilátero Ferrífero (MG): proposta.** CPRM, 2012.

BAÊTA, Alenice; PILÓ, Henrique (orgs.). **Carta Arqueológica de Congonhas.** Belo Horizonte: Ed. Orange/Ferrous. 2015a.

BAÊTA, Alenice; PILÓ, Henrique (orgs.). **Serra da Moeda: patrimônio e história.** Belo Horizonte: Ed. Orange/Ferrous. 2015b.

BEATO, Décio Antônio Chaves; MONSORES, André Luiz Mussel; BERTACHINI, Antônio Carlos. **Potencial Aquífero nos Metassedimentos do Quadrilátero Ferrífero–Região da APA Sul RMBH-MG.** Águas Subterrâneas, 2006. Disponível em: <<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/23106>>. Acesso em 26/11/2023.

BRASIL. **Lei n.º 9.985, de 18 de julho de 2000.** Diário Oficial da União, Brasília, 2000. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm>. Acesso em 16/11/2023.

BRASIL. **Lei n.º 11.428, de 22 de dezembro de 2006.** Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica, e dá outras providências. Diário Oficial da

União, Brasília, 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm>. Acesso em 15/11/2023.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Criação UCs. [S. l.]: MMA, 201-. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/criacaoucs.html>>. Acesso em 04/04/2024.

CANUTO, Luiz Cláudio. **Produtores rurais cobram indenização por desapropriação para unidade de conservação**. Agência Câmara de Notícias [online], Brasília, 25 de junho de 2021. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/noticias/778146-produtores-rurais-cobram-indenizacao-por-desapropriacao-para-unidade-de-conservacao/>>. Acesso em 06/04/2024.

CARMO, Flávio Fonseca do. **Padrões de diversidade, composição florística e estrutura de comunidade de plantas em afloramentos rochosos, quadrilátero ferrífero, Brasil**. Tese (Doutorado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre). Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.

CASTRO, João Luís Lobo Monteiro de. **Interesse de quem? Uma discussão sobre a inversão dos conceitos jurídicos de público e privado pela mineração**. Monografia (Graduação em Direito). Universidade Federal de Juiz de Fora, 2022.

CASTRO, João Luís Lobo Monteiro de; CARMO, Flávio Fonseca do. **Campos Ferruginosos de Minas Gerais: a PEC/63 como esperança num quadro de grandes ameaças**. In: Congresso Mineiro de Direito Ambiental: Crise do Estado Democrático de Direito e Retrocessos Ambientais, 5, Belo Horizonte, 2021. Anais [...]. Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais, 2021.

CEAQF/UFOP. **Mapa Geológico do Quadrilátero Ferrífero**. 2019. Disponível em: <<https://qfe2050.ufop.br/mapa-geologico-do-quadrilatero-ferrifero-2019>>. Acesso em 15/11/2023.

CIONI, Isabela Freitas. Congonhas: **A paisagem como lugar, no lugar da mineração**. Monografia (Graduação em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de São João del-Rei, 2021.

COBAPI. Associação Comunitária do Bairro do Pires. **Ata da Audiência Pública ocorrida em 23 de março de 2023**. Congonhas, 2023.

CONGONHAS. **Decreto Municipal n.º 1.673, de 11 de fevereiro de 1987**. Diário Oficial, Congonhas, 1987. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/mg/c/congonhas/decreto/1987/167/1673/decreto-n-1673-1987-7-fixa-valor-de-cobranca-de-ingresso-guarda-volume-estacionamento-e-area-de-camping-no-parque-balneario-da-cachoeira-de-santo-antonio-e-revoga-o-decreto-n-1611-de-26-08-86>>. Acesso em 22/11/2023.

CONGONHAS. Câmara Municipal de Congonhas. **Parque da Cachoeira**. 2018. Disponível em: <<https://www.congonhas.mg.leg.br/congonhas/lazer>>. Acesso em 13/11/2023.

CORREIO DE MINAS. **Drama sem fim e absurdo! moradores do Pires convivem há 7 dias com água barrenta e poluída. Até quando? E as autoridades?.** Correio de Minas [online], 03 de outubro de 2023. Disponível em: <<https://correiodeminas.com.br/2023/03/10/drama-sem-fim-e-absurdomoradores-do-piresconvivem-ha-7-dias-com-agua-barrenta-e-poluida-atequando-e-as-autoridades/>>. Acesso em 22/11/2023.

CSN. **CSN Mineração.** 10 de maio de 2023. Disponível em: <<https://www.csn.com.br/quem-somos/grupo-csn/csn-mineracao/>>. Acesso em 06/04/2024.

DE MELLO SANTOS, Rodrigo Castriota. **Preservar para extrair, grilar e espoliar: ambientalismo operacional e as unidades de conservação de Carajás.** Revista Geografias, v. 18, nº 2, pp. 21-43, 2023.

DERBY, Orville Adalbert. **The iron ores of Brazil.** Revista Escola de Minas, v. 63, nº 3, pp. 473-479, 2010.

DIAS, Jordania Cristina dos Santos. **Avaliação da dinâmica de infiltração e caracterização das cangas de Capão Xavier, Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais.** Dissertação. (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais). Universidade Federal de Ouro Preto, 2021.

DORR II, John Van Nostrand; GAIR, J.E.; POMERENE, J.B.; RYNEARSON, G.A. **Revisão da estratigrafia pré-cambriana do Quadrilátero Ferrífero.** Brasil: DNPM, 1957.

DRUMMOND, Gláucia Moreira; MARTINS, Cássio Soares; MACHADO, Angelo Barbosa Monteiro; SEBAIO, Fabiane Almeida; ANTONINI, Yasmine (eds.). **Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação,** 2. ed. Fundação Biodiversitas: Belo Horizonte, 2005.

EUCLYDES, Ana Carolina Pinheiro; MAGALHÃES, Sílvia Raquel Almeida Magalhães. **A Área de Proteção Ambiental (APA) e o ICMS Ecológico em Minas Gerais: algumas reflexões.** *Revista Geografias*, v. 2, n. 2, p. 39-55, 2006.

FERREIRA, Almir Aparecido Malta. **A expansão da mineração no município de Congonhas (MG) e implicações socioambientais.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral). Universidade Federal de Ouro Preto, 2012.

FONSECA, Cláudia Damasceno. **Arraiais e vilas d'el rei: espaço e poder nas Minas setecentistas.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2011.

FURTADO, Celso. **Formação Econômica do Brasil.** 32 ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2003.

GUDYNAS, Eduardo. **Estado compensador e novos extrativismos. As ambivalências do progressismo sul-americano.** Revista Nueva Sociedad, v. 1, nº 244, pp. 128-146, 2013.

GUILHON, Maila Paisano; SÁ, Zysman; BONDIOLI, Ana Cristina Vigliar. **O Santuário Ecológico de Ilhabela como área marinha protegida a ser incorporada ao SNUC: panorama atual e próximos passos.** Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 41, nº 1, pp. 183-204, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil: 500 anos de povoamento.** Rio de Janeiro: IBGE, 2007. 232 p.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Organização do Território - Malhas Territoriais. 2022.** Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html>>. Acesso em 1/11/2023.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Reservas Particulares do Patrimônio Natural - RPPN: RPPN Poço Fundo.** 2023.

IDE-SISEMA. Infraestrutura de Dados Espaciais. **Restrição Ambiental - Áreas Protegidas.** Plataforma WebGIS IDE-Sisema, 2023. Disponível em: <<https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>>. Acesso em 10/10/2023.

IEF/ICMBio. Instituto Estadual de Florestas/Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Unidades de Conservação Federais.** Metadados IDE-Sisema. 2022. Disponível em: <<https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/srv/por/catalog.search#/metadata/48a7ad10-bae4-dff-aebd-fd275346a7ba>>. Acesso em 10/10/2023.

IEF – Instituto Estadual de Florestas. **Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN).** Metadados IDE-Sisema. 2023a. Disponível em: <<https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/cb08bbb2-b81c-408e-a11d-121bb2604e26>>. Acesso em 10/11/2023.

IEF – Instituto Estadual de Florestas. **Unidades de Conservação Estaduais.** Metadados IDE-Sisema, 2023b. Disponível em: <<https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/6e82b820-49e5-49a1-a73f-e060c110ee7a>>. Acesso em 10/10/2023.

IEF – Instituto Estadual de Florestas. **Unidades de Conservação Municipais.** Metadados IDE-Sisema. 2023c. Disponível em: <<https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/c509af74-2ff0-414a-8bb2-b1238392ffa4>>. Acesso em 10/10/2023.

JACOBI, Claudia M.; CARMO, Flávio Fonseca do. **Diversidade dos campos rupestres ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, MG.** Megadiversidade, v. 4, nº 1-2, pp. 24-32, 2008.

JACOBI, Claudia M.; CARMO, Flávio Fonseca do; VINCENT, Regina C.; STEHMANN, João R. **Plant communities on ironstone outcrops: a diverse and endangered Brazilian ecosystem.** Biodiversity and Conservation, v. 16, nº 1, pp. 2185-2200, 2007.

KNAUER, Luiz Guilherme. **O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: considerações sobre sua estratigrafia e seu arranjo estrutural**. Geonomos, v.15, pp. 81-90, 2007.

LEMOS, Mikael Fonseca; SILVA, Paula Fernandes da. **O Processo de Criação do Monumento Natural do Rio Samburá (MG): definição de estratégias de uso público ou ratificação de interesses privados?**. Anais do Uso Público em Unidades de Conservação, v. 3, n° 7, pp. 43-53, 2015.

MAB – Movimento dos Atingidos por Barragens. **Em Congonhas (MG), bairro Pires fica mais de 20 dias recebendo água contaminada por minério da CSN e Ferro+**. MAB [online], [S. 1.], 24 mar. 2023. Disponível em: <<https://mab.org.br/2023/03/24/em-congonhas-mg-bairro-pires-fica-mais-de-20-dias-receben-do-agua-contaminadapor-minerio-da-csn-e-ferro/>>. Acesso em 15/04/2023.

MACHADO, Maria Márcia Magela. **Construindo a imagem geológica do Quadrilátero Ferrífero: conceitos e representações**. Tese (Doutorado em Geologia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

MALERBA, Juliana; WANDERLEY, Luís Jardim; COELHO, Tádzio Peters. **Territórios Livres de Mineração: construindo alternativas ao extrativismo**. Brasília: Comitê Nacional em Defesa dos Territórios Frente à Mineração. 2022.

MANUELZÃO. **Sistema de unidades de conservação desprotegidas**. Revista Manuelzão, n° 94, ano 26. Editora Enfrentamentos. Disponível em: <<https://manuelzao.ufmg.br/sistema-de-unidades-de-conservacaodesprotegidas/>>. Acesso em 06/04/2024.

MAPBIOMAS. Projeto MapBiomas. **Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. Disponível em: <<https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>>. Acesso em 1/11/2023.

MARENT, Breno Ribeiro; LAMOUNIER, Wanderson Lopes; GONTIJO, Bernardo Machado. **Conflitos ambientais na Serra do Gandarela, Quadrilátero Ferrífero-MG: mineração x preservação**. Revista Geografias, v. 7, n° 1, pp. 99-113, 2011.

MENEGASSI, Duda. **Sob olhar dos profetas e protesto dos moradores, mineração avança na Serra do Pires**. O Eco [online], [S. 1.], 18 out. 2023. Disponível em: <<https://oeco.org.br/reportagens/sob-olhar-dos-profetas-e-protesto-dos-moradores-mineracao-avanca-na-serra-do-pires/>>. Acesso em 22/11/2023.

MESSIAS, Maria Cristina Teixeira Braga; LEITE, Mariangela Garcia Praça; MEIRA-NETO, João Augusto Alves; KOZOVITS, Alessandra Rodrigues. **Fitossociologia de campos rupestres quartzíticos e ferruginosos no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais**. Acta Botanica Brasilica*, v. 26, n° 1, pp. 111-126, 2012.

MILANEZ, Bruno. Grandes minas em Congonhas (MG), mais do mesmo? In: FERNANDES, Francisco Rego Chaves; ENRÍQUEZ, Maria Amélia Rodrigues da Silva; ALAMINO, Renata de Carvalho Jimenez Alamino (orgs.). **Recursos minerais & sustentabilidade territorial: grandes minas**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2011, p. 199-228.

MILANEZ, Bruno; MAGNO, Lucas; GIFFONI PINTO, Raquel. **Da política fraca à política privada: o papel do setor mineral nas mudanças da política ambiental em Minas Gerais, Brasil.** *Cadernos de Saúde Pública*, v. 35, nº 5, e00115518, 2019.

MINAS GERAIS. **Resolução SEMAD n.º 2.829, de 30 de julho de 2019.** Diário do Executivo, Belo Horizonte, 2019. Disponível em:
<<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=49383>>. Acesso em 22/11/2023.

MONTE-MÓR, Roberto Luis. **Gênese e estrutura da cidade mineradora.** *CEDEPLAR/FACE/UFGM, BELO HORIZONTE*. 2001. Disponível em:
<<https://www.cedeplar.ufmg.br/publicacoes/textos-para-discussao/textos/2001/427-164-genes-e-e-estrutura-da-cidade-mineradora>>. Acesso em 10/07/2019.

MOURÃO, Maria Antonieta Alcântara. **Caracterização Hidrogeológica do Aquífero Cauê, Quadrilátero Ferrífero, MG: Subsídios para a gestão dos recursos hídricos no quadrilátero ferrífero.** Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

MOVSAM. **Dossiê-denúncia: ameaças e violações ao direito humano à água no Quadrilátero Ferrífero-Aquífero de Minas Gerais.** MovSAM, Belo Horizonte, 2018. Disponível em:
<<https://aguasdogandarela.org.br/dossie-denuncia-ameacas-e-violacoesao-direito-humano-a-a-gua-no-quadrilatero-ferrifero-aquifero-de-minas-gerais/>>. Acesso em 27/03/2019.

NASCIMENTO, Adriana; CIONI, Isabela Freitas; PEREIRA, Maria Cristina Alves; SILVA, Paulo Jarbas Cardoso; RIBEIRO, Suzana Helena Ceranto. **Urbanização, caminhos e iconografia: recortes e processos mineiros.** In: Seminário Iberoamericano Arquitetura e Documentação, 7, Belo Horizonte, 2021. Anais [...]. Belo Horizonte, 2021.

NASCIMENTO, Adriana; CIONI, Isabela Freitas; SOUZA, Mariana Chaves Monti; SILVA, Paulo Jarbas Cardoso; BORGES, Rafaella Anielly Silva; RIBEIRO, Suzana Helena Ceranto; BRAZ, Vitor Bauschert. **Campo-paisagem: transversalidades em debate.** Revista Indisciplinar, v. 8, nº 1, pp. 12-25, 2022.

NASCIMENTO, Adriana; CIONI, Isabela Freitas. **Colonialidade persistente nos territórios mineradores: o espaço urbano e regional em Congonhas/MG.** In: Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Planejamento Urbano e Regional, 20, Belém, 2023. Anais [...]. Belém: ANPUR, 2023.

ONU – Organização das Nações Unidas. **Kunming-Montreal Global biodiversity framework: Draft decision submitted by the President.** In: United Nations Environment Programme Convention on Biological Diversity. 2022. Disponível em:
<<https://www.cbd.int/doc/c/e6d3/cd1d/daf663719a03902a9b116c34/cop-15-l25-en.pdf>>. Acesso em 06/04/2024.

PAULA, Frederico Rios; DE BRITO, Felipe Pires M. **Regime de Transição na Regularização Fundiária em Unidades de Conservação: análise crítica da jurisprudência do STJ.** Temas relevantes no direito ambiental e climático, 2023.

PINTO, Luiz Paulo; COSTA, Claudia. **Unidades de Conservação Municipais do Cerrado**. Belo Horizonte: IEB Mil Folhas, 2019.

PRÍSTINO – Instituto Prístino. **Passando a boiada, os tratores e as escavadeiras: retrocesso na Lei da Mata Atlântica**. 2024. Disponível em: <<https://institutopristico.org.br/passando-a-boiada-os-tratores-e-as-escavadeiras-retrocesso-na-lei-da-mata-atlantica/>>. Acesso em 03/04/2024.

RIANI, Flávio. **A lei complementar nº 87/96 (Lei Kandir) e seus reflexos na receita do estado de Minas Gerais**. Tributação em Revista, v. 7, nº 28, 1999.

ROJAS, Claudia Marcela Orduz. **Os conflitos ambientais da Serra do Gandarela na perspectiva das comunidades locais**. 2014.

SIQUEIRA, Juliana; CAMILO, José Vitor. **Tombamento da serra de São José, em Tiradentes, avança em 2023**. O Tempo [online], 25 de maio de 2023. Disponível em: <<https://www.otempo.com.br/cidades/tombamento-da-serra-de-sao-jose-em-tiradentes-avanca-em-2023-1.2875953>>. Acesso em 06/04/2024.

SILVEIRA, Fernando A. O.; NEGREIROS, Daniel; BARBOSA, Newton P. U.; BUISSON, Elise; CARMO, Flávio F.; CARSTENSEN, Daniel W.; CONCEIÇÃO, Abel A.; CORNELISSEN, Tatiana G.; ECHTERNACHT, Livia; FERNANDES, G. Wilson; GARCIA, Queila S.; GUERRA, Tadeu J.; JACOBI, Claudia M.; LEMOS-FILHO, José P.; LE STRADIC, Soizig; MORELLATO, Leonor Patrícia C.; NEVES, Frederico S.; OLIVEIRA, Rafael S.; SCHAEFER, Carlos E.; VIANA, Pedro L.; LAMBERS, Hans. **Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre: a neglected conservation priority**. Plant and Soil, v.403, pp.129-152, 2016.

SOUZA, Leandro de Aguiar e. **Do Quadrilátero Ferrífero ao Quadrilátero Aquífero: territorialidades conflitantes na produção de um espaço social extensivo à Região Metropolitana de Belo Horizonte–MG**. GEOUSP, v. 25, nº 3, e188865, 2021.

TOPODATA/INPE. Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. Modelo Digital de Elevação (MDE). 2011. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>>. Acesso em 10/10/2023.

VALE. Plano de Manejo da RPPN Poço Fundo. 2015. Disponível em: <<https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/mata-atlantica/lista-de-ucs/rppn-poco-fundo>>. Acesso em 15/11/2023.

VIANA, Pedro Lage; LOMBARDI, Julio Antonio. **Florística e caracterização dos campos rupestres sobre canga na Serra da Calçada, Minas Gerais, Brasil**. Rodriguésia, v. 58, n.º 1, pp. 157–177, 2007.

CONCLUSÃO GERAL

Este estudo evidencia a importância ecológica e a complexidade geológica da Serra do Espinhaço, com ênfase nos Campos Rupestres Ferruginosos do Quadrilátero Ferrífero. Foram registradas 484 espécies de plantas vasculares na Serra do Pires, em Congonhas, das quais muitas são endêmicas e algumas estão ameaçadas de extinção. Esses dados reforçam a excepcional biodiversidade da região, onde uma flora altamente adaptada prospera em condições ambientais extremas.

Entretanto, essa biodiversidade única está sob ameaça constante devido à expansão da mineração, que tem levado à significativa redução de habitats e à fragmentação dos ecossistemas. Os resultados deste estudo demonstram que as estratégias de conservação atualmente em vigor são insuficientes para proteger esses ecossistemas singulares, considerando especialmente a inadequação da legislação que não aborda as especificidades dos campos rupestres.

Além disso, a pesquisa ressalta a importância da participação ativa da sociedade, especialmente dos movimentos sociais, na defesa e promoção de políticas de conservação mais eficazes.

Diante disso, este estudo reforça a urgência de revisar as políticas públicas de conservação e de criar Unidades de Conservação mais eficazes e adaptadas às necessidades dos Campos Rupestres Ferruginosos. Também sugere-se uma maior integração entre os esforços de conservação e as comunidades locais, a fim de garantir a proteção sustentável desse patrimônio natural, essencial para a biodiversidade e o equilíbrio ecológico da região.

REFERÊNCIAS (Introdução Geral)

ALVARENGA, Luciano José; CARMO, Flávio Fonseca do; KAMINO, Luciana Hiromi Yoshino. Uma compensação que não compensa: o caso dos campos ferruginosos associados à Mata Atlântica em Minas Gerais. **Revista Magister de Direito Ambiental e Urbanístico**, Porto Alegre, v. 18, n. 103, p. 5–21, ago./set. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Banco de Nomes Geográficos do Brasil**. Disponível em: <<http://www.bngb.ibge.gov.br/bngb.php>> Acesso em 16 out. 2024.

CARMO, Flávio Fonseca do. **Importância ambiental e estado de conservação dos ecossistemas de cangas no Quadrilátero Ferrífero e proposta de áreas-alvo para a investigação e proteção da biodiversidade em Minas Gerais**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

DORR, John Van Nostrand. **Physiographic, stratigraphic, and structural development of the Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais, Brazil**. US Government Printing Office, 1969.

DUQUE, Tiago Rocha Faria. **O grupo Itacolomi em sua área tipo: estratigrafia, estrutura e significado tectônico**. 2018. 102 f. Dissertação (Mestrado em Evolução Crustal e Recursos Naturais). Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2018.

SILVA, Daniela. **Florística e biogeografia dos campos rupestres sobre canga do parque nacional dos campos ferruginosos, Amazônia Brasileira**. 2021. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas/Botânica Tropical). Universidade Federal Rural da Amazônia, Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, 2021.

MARTINS, Samara Azevedo de Jesus. **Complexo rupestre ferruginoso em Morro do Pilar, Espinhaço Meridional de Minas Gerais: solo - vegetação e diversidade filogenética**. 2021. 94 f. Dissertação (Mestrado em Botânica). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2021.

MINAS GERAIS. Assembleia Legislativa. Notícia: **Código Ambiental: Comissão discute a ampliação de reservas ambientais em Minas**. Disponível em: https://www.almg.gov.br/acompanhe/noticias/arquivos/2007/08/Not_650762.html. Acesso em: 08 ago. 2024.

BAÊTA, Alenice; PILÓ, Henrique (orgs.). **Carta Arqueológica de Congonhas**. Belo Horizonte: Ed. MPMG, 2015. 195 p.

CONGONHAS. Prefeitura Municipal. **Diário Oficial**. Disponível em: https://servidor.congonhas.mg.gov.br/intranet02-uploads/diario/ED-1883_2018-01-09.pdf. Acesso em: 08 ago. 2024.

GUILD, Philip White. **Geology and mineral resources of the Congonhas district, Minas Gerais, Brazil**. 1957.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG). Projeto Manuelzão. **O que está por trás do PL que propõe alterar área do Monumento Natural da Serra da Moeda?**. Disponível em:

<https://manuelzao.ufmg.br/o-que-esta-por-tras-do-pl-que-propoe-alterar-area-do-monumento-natural-da-serra-da-moeda/>. Acesso em: 08 ago. 2024.

VON ESCHWEGE, Wilhelm-Ludwig. **Pluto Brasiliensis**. Eine Reihe von Abhandlungen über Brasiliens Gold-, Diamanten-und anderen mineralischen Reichthum (etc.). G. Reimer, 1833.

KNAUER, Luiz Guilherme. O Supergrupo Espinhaço em Minas Gerais: considerações sobre sua estratigrafia e seu arranjo estrutural. **Geonomos**, 2007.

LANDGRAF, Fernando José Gomes et al. Archaeometallurgy of ferrous artefacts of the Patriótica Iron Factory (XIX century, Ouro Preto, Brazil). **REM-International Engineering Journal**, v. 74, n. 4, p. 483–501, 2021.

LIMA, Thaís Almeida et al. Florística e estrutura da vegetação arbustivo-arbórea em uma área de cerrado rupestre no Parque Estadual da Serra de Caldas Novas, Goiás. **Biota Neotropica**, v. 10, p. 159–166, 2010.

LOBO, J. L.; CIONI, I. 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.

PEREIRA, Eric Oliveira; GONTIJO, Bernardo Machado; DE CAMPOS ABREU, Luiza Gontijo Álvares. As ecorregiões da reserva da biosfera da serra do espinhaço: elementos para o fortalecimento da conservação da biodiversidade. **Caderno de Geografia**, v. 25, n. 43, p. 18–33, 2015.

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

SCHAEFER, Carlos Ernesto *et al.* Solos desenvolvidos sobre canga ferruginosa no Brasil: uma revisão crítica e papel ecológico de termiteiros. In: _____. **Geossistemas Ferruginosos do Brasil: áreas prioritárias para conservação da diversidade geológica e biológica. Patrimônio cultural e serviços ambientais**. Belo Horizonte: 3i editora, 2015. p. 77–102.

BRASIL. Agência Nacional de Mineração. **Anuário Mineral Brasileiro: principais substâncias metálicas / Agência Nacional de Mineração; coordenação técnica de Karina Andrade Medeiros**. Brasília: ANM, 2023.

HELM, Franziska *et al.* **The socio-environmental impacts of mining in Congonhas, Minas Gerais: a qualitative study in the districts of Plataforma and Pires**. Disponível em: <https://servidor.congonhas.mg.gov.br/intranet02-uploads/licitacoes/2c72ff488df7c02d1e81bb1f9b0b3de9.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2024.

APÊNDICE A — TABELA FLORÍSTICA

Family/Genus/Species	Voucher	Habit	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	Status de conservação
Acanthaceae											
<i>Justicia riparia</i> Kameyama *	Lobo et al. 558 (CESJ)	Sub				X					NE ¹
<i>Ruellia jussieuoides</i> Schltld. & Cham.	Lobo et al. 212 (CESJ)	Her		X							NE ¹
Alstroemeriaceae											
<i>Alstroemeria ochracea</i> M.C. Assis *	Lobo et al. 64 (CESJ)	Her		X							NE ¹
<i>Alstroemeria plantaginea</i> Mart. ex Schult. & Schult.f. **	Lobo et al. 324 (CESJ)	Her							X		NE ¹
Amaranthaceae											
<i>Alternanthera brasiliana</i> (L.) Kuntze	Lobo et al. 67 (CESJ)	Her		X							NE ¹
<i>Gomphrena agrestis</i> Mart. **	Lobo et al. 137 (CESJ)	Her				X					LC ¹
<i>Gomphrena arborescens</i> Mart.	Lobo et al. 26 (CESJ)	Her				X					NE ¹
<i>Pfaffia velutina</i> (Vam.) Mart. *	Lobo et al. 564 (CESJ)	Her				X					NE ¹
Amaryllidaceae											
<i>Hippeastrum morelianum</i> Lem. **	Lobo et al. 571 (CESJ)	Her	X								VU ^{1 2}
Anacardiaceae											
<i>Tapirira obtusa</i> (Benth.) J.D. Mitch	Lobo et al. 802 (CESJ)	Tre		X							LC ¹
Anemiaceae											
<i>Anemia lanuginosa</i> Bong. ex J.W. Sturn *	Lobo et al. 56, Dittrich et al. n° 2356 (CESJ)	Her	X		X						NE ¹
<i>Anemia tomentosa</i> (Sav.) Sw.	Dittrich et al. n° 2358 (CESJ)	Her								X	NE ¹
Annonaceae											
<i>Annona dolabripetala</i> Raddi **	Lobo et al. 868 (CESJ)	Tre		X							LC ¹
<i>Annona tomentosa</i> R.E. Fr.	Lobo et al. 136 (CESJ)	Tre				X				X	NE ¹
<i>Duguetia furfuracea</i> (St. Hil.) Benth & Hook f.	Lobo et al. 753 (CESJ)	Tre				X					LC ¹
<i>Guatteria sellowiana</i> Schltld.**	Lobo et al. 740 (CESJ)	Tre		X							LC ¹
Apiaceae											
<i>Eryngium canaliculatum</i> Cham. & Schltld. **	Lobo et al. 25 (CESJ)	Her				X					NE ¹

Araliaceae												
<i>Didymopanax macrocarpus</i> (Cham. & Schltld.) Seem. **	Lobo et al. 869 (CESJ)	Tre					X					NE ¹
Areaceae												
<i>Geonoma schottiana</i> Mart.	Lobo et al. 1131 (CESJ)	Tre		X								LC ¹
<i>Syagrus oleracea</i> (Mart.) Becc.	Lobo et al. 786 (CESJ)	Tre								X		LC ¹
Aristolochiaceae												
<i>Aristolochia cymbifera</i> Mart. & Zucc.	Lobo et al. 213 (CESJ)	Lia	X									LC ¹
<i>Aristolochia smilacina</i> (Klotzsch) Duch. **	Lobo et al. 162 (CESJ)	Lia	X									NE ¹
Aspleniaceae												
<i>Asplenium praemorsum</i> Sw.	Dittrich et al. n° 2376 (CESJ)	Epi	X									LC ¹
Asteraceae												
<i>Aldama robusta</i> (Gardner) E.E.Schill. & Panero **	Lobo et al. 251 (CESJ)	Her				X						NE ¹
<i>Ambrosia polystachya</i> DC. **	Lobo et al. 826 (CESJ)	Her		X								NE ¹
<i>Aspilia caudata</i> J.U. Santos *	Lobo et al. 132 (CESJ)	Shr				X						EN ^{1 2}
<i>Aspilia reticulata</i> Baker *	Lobo et al. 317 (CESJ)	Sub							X			VU ^{1 2} ; EN ³
<i>Baccharis aphylla</i> (Vell.) DC.	Lobo et al. 598 (CESJ)	Her				X						NE ¹
<i>Baccharis concinna</i> G.M. Barroso *	Lobo et al. 109 (CESJ)	Shr					X					VU ^{1 2} ; EN ³
<i>Baccharis helichrysoides</i> DC. **	Lobo et al. 52 (CESJ)	Shr					X					NE ¹
<i>Barnadesia caryophylla</i> (Vell.)S.F.Blake	Lobo et al. 496 (CESJ)	Her		X								NE ¹
<i>Calea clauseniana</i> Baker **	Lobo et al. 37, 187, 610 (CESJ)	Her				X				X		LC ¹
<i>Campuloclinium macrocephalum</i> (Less.) DC.	Lobo et al. 244 (CESJ)	Shr								X		NE ¹
<i>Campuloclinium parvulum</i> (Glaz.) R.M.King & H.Rob. **	Lobo et al. 242, 182, 482 (CESJ)	Sub					X			X		VU ^{1 2}
<i>Centratherum punctatum</i> Cass.	Lobo et al. 537 (CESJ)	Her									X	NE ¹
<i>Chaptalia nutans</i> (L.) Pol.	Lobo et al. 38, 305 (CESJ)	Her				X				X		NE ¹
<i>Chresta sphaerocephala</i> DC. **	Lobo et al. 320 (CESJ)	Her					X					LC ¹
<i>Chromolaena squalida</i> (DC.) R.M. King & H.Rob	Lobo et al. 186 (CESJ)	Shr								X		NE ¹
<i>Chrysolea obovata</i> (Less.) Dematt.	Lobo et al. 600, 746 (CESJ)	Her					X					NE ¹

<i>Begonia rufa</i> Thunb. **	Lobo et al. 326 (CESJ)	Her							X		LC ¹
Bignoniaceae											
<i>Adenocalymma pedunculatum</i> (Vell.) L.G.Lohmann **	Lobo et al. 962 (CESJ)	Sub					X				NE ¹
<i>Anemopaegma arvense</i> (Vell.) Stellfeld ex de Souza	Lobo et al. 934 (CESJ)	Her				X					EN ^{1 2}
<i>Cyblastax antisiphilitica</i> (Mart.) Mart.	Lobo et al. 824 (CESJ)	Tre				X					NE ¹
<i>Jacaranda caroba</i> (Vell.) DC. **	Lobo et al. 397, PAMG56251 (CESJ)	Sub					X				NE ¹
Blechnaceae											
<i>Blechnum asplenioides</i> Sw.	Dittrich et al. n° 2370 (CESJ)	Her	X								NE ¹
<i>Blechnum gracile</i> Kaulf.	Dittrich et al. n° 2343 (CESJ)	Her				X					NE ¹
<i>Blechnum lanceola</i> Sw.	Dittrich et al. n° 2375 (CESJ)	Her				X					NE ¹
<i>Blechnum polypodioides</i> Raddi	Dittrich et al. n° 2344 (CESJ)	Her	X								NE ¹
<i>Blechnum sp1.</i>	Dittrich et al. n° 2371 (CESJ)	Her				X					
<i>Blechnum sp2.</i>	Dittrich et al. n° 2373 (CESJ)	Her				X					
<i>Parablechnum regnellianum</i> (Kunze) G.M.O.Machado & Gasper.	Dittrich et al. n° 2362 (CESJ)	Her							X		NE ¹
<i>Parablechnum regnellianum</i> (Kunze) G.M.O.Machado & Gasper.	Dittrich et al. n° 2385 (CESJ)	Her				X					NE ¹
<i>Parablechnum glaziovii</i> (Christ) Gasper & Salino **	Dittrich et al. n° 2388 (CESJ)	Her				X					LC ¹
Bromeliaceae											
<i>Aechmea bromeliifolia</i> (Rudge) Baker	Lobo et al. 332 (CESJ)	Epi							X		NE ¹
<i>Aechmea nudicaulis</i> (Antoine) L.B.Sm.	Lobo et al. 2 (CESJ)	Her	X								LC ¹
<i>Billbergia elegans</i> Mart. ex Schult. & Schult.f. *	Lobo et al. 331 (CESJ)	Epi	X								NE ¹
<i>Billbergia portearna</i> Brongn.	Lobo et al. 342 (CESJ)	Epi						X			NE ¹
<i>Bromelia balansae</i> Mez	Lobo et al. 774 (CESJ)	Her					X				LC ¹
<i>Dyckia tenebrosa</i> Leme & H.Luther *	Lobo et al. 931 (CESJ)	Her				X					NE ¹
<i>Hoplocryptanthus schwackeanus</i> (Mez) Leme, S.Heller & Zizka *	D.R. Gonzaga 1099 (RB)	Her						X			NE ¹
<i>Hoplocryptanthus sp.</i>	Lobo et al. 939 (CESJ)	Her	X								LC ¹
<i>Tillandsia gardneri</i> Lindl.	Lobo et al. 178 (CESJ)	Her	X								LC ¹
<i>Tillandsia geminiflora</i> Brongn.	Lobo et al. 257 (CESJ)	Epi				X					LC ¹

Convolvulaceae												
<i>Distimake tomentosus</i> (Choisy) Petrongari & Sim.-Bianch. **	Lobo et al. 557 (CESJ)	Her					X					NE ¹
<i>Evolvulus chrysotrichos</i> Meisn.	Lobo et al. 1214 (CESJ)	Her				X						EN ^{1 2}
<i>Jacquemontia evolvuloides</i> (Moric.) Meisn.	Lobo et al. 112 (CESJ)	Lia								X		NE ¹
<i>Jacquemontia sphaerostigma</i> (Cav.) Rusby	Lobo et al. 851 (CESJ)	Her				X						NE ¹
Costaceae												
<i>Costus spiralis</i> (Jacq.) Roscoe	Lobo et al. 845 (CESJ)	Her								X		NE ¹
Cucurbitaceae												
<i>Cayaponia weddellii</i> (Naudin) Gomes-Klein **	Lobo et al. 772 (CESJ)	Lia	X									NE ¹
<i>Wilbrandia hibiscoides</i> Silva Manso **	Lobo et al. 832 (CESJ)	Lia		X								NE ¹
Cyatheaceae												
<i>Cyathea atrovirens</i> (Langsd. & Fisch.) Domin **	Dittrich et al. n° 2372 (CESJ)	Her			X							LC ¹
<i>Cyathea villosa</i> Willd.	Dittrich et al. n° 2367 (CESJ)	Her								X		NE ¹
<i>Cyathea sp1.</i>	Dittrich et al. n° 2359 (CESJ)	Her			X							
<i>Cyathea sp2.</i>	Dittrich et al. n° 2363 (CESJ)	Her			X							
<i>Sphaeropteris gardneri</i> (Hook.) R.M.Tryon	Dittrich et al. n° 2379 (CESJ)	Her			X							NE ¹
Cyperaceae												
<i>Bulbostylis fimbriata</i> (Nees.) C. B. Clarke	Lobo et al. 975 (CESJ)	Her				X						NE ¹
<i>Bulbostylis junciformis</i> (Kunth) C.B.Clarke	Lobo et al. 853 (CESJ)	Her					X					NE ¹
<i>Bulbostylis sphaerocephala</i> (Boeckeler) C.B.Clarke	Lobo et al. 933, 971, 981 (CESJ)	Her				X						NE ¹
<i>Cyperus aggregatus</i> (Willd) Endl.	Lobo et al. 836, 984 (CESJ)	Her				X				X		NE ¹
<i>Cyperus luzulae</i> (L.) Retz.	Lobo et al. 835 (CESJ)	Her			X							NE ¹
<i>Eleocharis filiculmis</i> Kunth.	Lobo et al. 969 (CESJ)	Her							X			NE ¹
<i>Lagenocarpus minarum</i> (Ness) Kuntze **	Lobo et al. 486 (CESJ)	Her						X				NE ¹
<i>Lagenocarpus rigidus</i> Nees	Lobo et al. 612 (CESJ)	Her				X						NE ¹
<i>Lagenocarpus verticillatus</i> (Spreng.) T. Koyama e Maguire **	Lobo et al. 991 (CESJ)	Her								X		NE ¹
<i>Rhynchospora consanguinea</i> (Kunth) Boeckeler	Lobo et al. 663 (CESJ)	Her					X					NE ¹

<i>Elaphoglossum tectum</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) T.Moore	Dittrich et al. n° 2384 (CESJ)	Her		X								LC¹
<i>Elaphoglossum sp1.</i>	Dittrich et al. n° 2347 (CESJ)	Her		X								
<i>Elaphoglossum sp2.</i>	Lobo et al. 198 (CESJ)	Her		X								
<i>Polybotrya sp.</i>	Dittrich et al. n° 2386 (CESJ)	Her		X								
Ericaceae												
<i>Agarista coriifolia</i> (Thumb.) J. D. Hook ex Nied. **	Lobo et al. 481 (CESJ)	Shr				X						NE¹
<i>Gaylussacia chamissonis</i> Meisn. **	Lobo et al. 578, 690 (CESJ)	Her			X							NE¹
Eriocaulaceae												
<i>Actinocephalus bongardii</i> (A.St.-Hil.) Sano **	Lobo et al. 313 (CESJ)	Her	X									NE¹
<i>Paepalanthus aequalis</i> (Vell.) J.F.Macbr **	Lobo et al. 671, 751, 752 (CESJ)	Her	X		X							NE¹
<i>Paepalanthus amoenus</i> (Bong.) Körn. *	Lobo et al. 329 (CESJ)	Her							X			NE¹
<i>Paepalanthus manicatus</i> Poulsen ex Malme **	Lobo et al. 241 (CESJ)	Her			X							NE¹
<i>Paepalanthus vestitus</i> Ruhland	Lobo et al. 260, 328 (CESJ)	Her	X	X								NE¹
Erythroxylaceae												
<i>Erythroxylum campestre</i> A.St.-Hil.	Lobo et al. 670 (CESJ)	Sub				X						NE¹
<i>Erythroxylum pelleterianum</i> A.St.-Hil.	Lobo et al. 745 (CESJ)	Tre		X								LC¹
<i>Erythroxylum suberosum</i> A.St.-Hil.	Lobo et al. 588 (CESJ)	Tre				X						LC¹
<i>Erythroxylum tortuosum</i> Mart.	Lobo et al. 525 (CESJ)	Tre				X						NE¹
Euphorbiaceae												
<i>Astraea lobata</i> (L.) Klotzsch	Lobo et al. 70 (CESJ)	Shr		X								LC¹
<i>Croton antisiphiliticus</i> Mart.	Lobo et al. 597 (CESJ)	Her				X						NE¹
<i>Croton erythroxyloides</i> Baill. **	Martius, CFP s.n. (HbVirtFIBras)	Shr		X								NE¹
<i>Dalechampia sp.</i>	Lobo et al. 831 (CESJ)	Lia		X								
<i>Euphorbia potentilloides</i> Boiss.	Lobo et al. 106, 565 (CESJ)	Her				X						NE¹
<i>Microstachys crotonoides</i> Klotzsch ex Benth.	Lobo et al. 621 (CESJ)	Her							X			NE¹
<i>Microstachys daphnoides</i> (Mart.) Müll. Arg.	Lobo et al. 105 (CESJ)	Shr				X						NE¹
<i>Ricinus communis</i> L.	Lobo et al. 943 (CESJ)	Shr								X		NE¹

Fabaceae										
<i>Acacia mangium</i> Willd.	Lobo et al. 591 (CESJ)	Tre							X	NE ¹
<i>Aeschynomene pratensis</i> Small	Lobo et al. 199 (CESJ)	Shr							X	NE ¹
<i>Anadenanthera peregrina</i> (L.) Speg.	Lobo et al. 801 (CESJ)	Tre				X				NE ¹
<i>Ancistrotropis clitorioides</i> (Mart. ex Benth.) A. Delgado **	Lobo et al. 116 (CESJ)	Lia				X				NE ¹
<i>Bauhinia unguolata</i> L.	Lobo et al. 215 (CESJ)	Tre		X						NE ¹
<i>Betencourtia martii</i> (DC.) L.P.Queiroz	Lobo et al. 514 (CESJ)	Her						X		NE ¹
<i>Betencourtia scarlatina</i> (Mart. ex Benth.) L.P.Queiroz	Lobo et al. 119 (CESJ)	Lia						X		NE ¹
<i>Centrosema virginianum</i> (L.) Benth.	Lobo et al. 118 (CESJ)	Lia				X				NE ¹
<i>Chamaecrista cathartica</i> (Mart.) H. S. Irwin & Barneby **	Lobo et al. 35, 176 (CESJ)	Sub				X		X		NE ¹
<i>Chamaecrista desvauxii</i> (Collad.) Kililip	Lobo et al. 110, 174 (CESJ)	Shr			X			X		NE ¹
<i>Chamaecrista diphylla</i> (L.) Greene	Lobo et al. 135 (CESJ)	Her				X				NE ¹
<i>Clitoria guianensis</i> (Aubl.) Benth.	Lobo et al. 563 (CESJ)	Sub				X				NE ¹
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Lobo et al. 942 (CESJ)	Tre	X							NE ¹
<i>Crotalaria breviflora</i> DC. **	Lobo et al. 73 (CESJ)	Her		X						NE ¹
<i>Crotalaria micans</i> Link.	Lobo et al. 66, 821 (CESJ)	Shr		X						NE ¹
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F. Macbr. **	Lobo et al. 568 (CESJ)	Tre				X				LC ¹
<i>Eriosema heterophyllum</i> Benth. **	Lobo et al. 480 (CESJ)	Lia				X				LC ¹
<i>Eriosema pycnanthum</i> var. <i>pycnanthum</i> Benth. *	Lobo et al. 125, 232 (CESJ)	Sub						X		NE ¹
<i>Leptolobium dasycarpum</i> Vogel	Lobo et al. 875 (CESJ)	Tre		X						LC ¹
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit	Lobo et al. 191 (CESJ)	Tre						X		NE ¹
<i>Lupinus comptus</i> Mart. *	Lobo et al. 889, 949 (CESJ)	Shr			X					NE ¹
<i>Macroptilium atropurpureum</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Urb.	Lobo et al. 834 (CESJ)	Her						X		NE ¹
<i>Mimosa diplotricha</i> C.Wright ex Sauvalle	Lobo et al. 197 (CESJ)	Shr						X		NE ¹
<i>Mimosa gracilis</i> Benth. **	Lobo et al. 194 (CESJ)	Her						X		NE ¹
<i>Mimosa pogocephala</i> Benth. *	Lobo et al. 97 (CESJ)	Shr					X			NE ¹
<i>Mimosa ursina</i> Mart.	Lobo et al. 195 (CESJ)	Shr						X		NE ¹

<i>Peltophorum dubium</i> (Spreng.) Taub.	Lobo et al. 800 (CESJ)	Tre								X	NE ¹
<i>Periandra mediterranea</i> (Vell.) Taub.	Lobo et al. 51 (CESJ)	Shr				X					NE ¹
<i>Poiretia punctata</i> (Willd.) Desv.	Lobo et al. 122 (CESJ)	Lia				X					NE ¹
<i>Senna rugosa</i> (G. Don) H.S. Irwin & Barneby	Lobo et al. 179 (CESJ)	Shr								X	NE ¹
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville **	Lobo et al. 585 (CESJ)	Tre				X					LC ¹
<i>Stylosanthes scabra</i> Vogel.	Lobo et al. 946 (CESJ)	Sub								X	NE ¹
<i>Zornia confusa</i> Vanni	Lobo et al. 83 (CESJ)	Her			X						NE ¹
Gentianaceae											
<i>Calolisianthus speciosus</i> (Cham. & Schltld.) Gilg **	Lobo et al. 222 (CESJ)	Her			X						NE ¹
<i>Curtia tenuifolia</i> (Aubl.) Knobl.	Lobo et al. 200 (CESJ)	Her				X					LC ¹
<i>Deianira nervosa</i> Cham. & Schltld.	Lobo et al. 1134 (CESJ)	Her				X					NE ¹
Gesneriaceae											
<i>Nemathantus strigillosus</i> (Mart.) H.E.Moore *	Lobo et al. 49, 773 (CESJ)	Her	X								NT ^{1,3}
<i>Paliavana sericiflora</i> Benth. *	Lobo et al. 139 (CESJ)	Shr	X								NE ¹
<i>Sinningia allagophyla</i> (Mart.) Wiehler	Lobo et al. 19, 928 (CESJ)	Her	X		X						NE ¹
<i>Sinningia aggregata</i> (Ker Gawl.) Wiehler	Lobo et al. 218 (CESJ)	Her			X						NE ¹
<i>Sinningia rupicola</i> (Mart.) Wiehler *	Lobo et al. 36 (CESJ)	Her	X								EN ^{1,2} ;VU ³
Gentianaceae											
<i>Sticherus holtumii</i> L.V. Lima & Salino **	Dittrich et al. n° 2352 (CESJ)	Her								X	NE ¹
Heliotropiaceae											
<i>Myriopus villosus</i> (Salzm. ex DC.) J.I.M.Melo **	Lobo et al. 872 (CESJ)	Her							X		NE ¹
Hymenophyllaceae											
<i>Trichomanes pilosum</i> Raddi	Lobo et al. 473, 2355 (CESJ)	Her	X		X						NE ¹
<i>Trichomanes polypodioides</i> L.	Lobo et al. 2368 (CESJ)	Her			X						NE ¹
<i>Trichomanes</i> sp.	Lobo et al. 2345 (CESJ)	Her			X						
<i>Hymenophyllum</i> sp.	Lobo et al. 2383 (CESJ)	Her			X						
<i>Polyphlebium</i> sp.	Lobo et al. 2361 (CESJ)	Her			X						

Hypericaceae												
<i>Hypericum brasiliense</i> Choisy	Lobo et al. 239 (CESJ)	Sub									X	NE ¹
<i>Vismia guianensis</i> (Aubl.) Choisy	Lobo et al. 963 (CESJ)	Tre		X								NE ¹
Iridaceae												
<i>Pseudotrimezia juncifolia</i> (Klatt) Lovo & A.Gil. **	Lobo et al. 764, 950 (CESJ)	Her			X						X	NE ¹
<i>Sisyrinchium vaginatum</i> Spreng.	Lobo et al. 44, 231, 667 (CESJ)	Her			X						X	NE ¹
Lamiaceae												
<i>Aegiphila verticillata</i> Vell.	Lobo et al. 665 (CESJ)	Sub				X						NE ¹
<i>Cantinoa carpinifolia</i> (Benth.) Harley & J.F.B.Pastore	Lobo et al. 806 (CESJ)	Shr		X								NE ¹
<i>Eriope macrostachya</i> Mart. ex Benth.	Lobo et al. 107 (CESJ)	Shr				X						NE ¹
<i>Hyptidendron canum</i> (Pohl ex Benth.) Harley	Lobo et al. 576, 595 (CESJ)	Shr		X		X						NE ¹
<i>Hyptis rotundipolia</i> Benth. **	Lobo et al. 538 (CESJ)	Her			X							NE ¹
<i>Mesosphaerum sidifolium</i> (L'Hér.) Harley & J.F.B.Pastore	Lobo et al. 941 (CESJ)	Her									X	NE ¹
<i>Rhabdocaulon denudatum</i> (Benth.) Epling **	Lobo et al. 115 (CESJ)	Her				X						NE ¹
<i>Vitex polygama</i> Cham. **	Lobo et al. 134 (CESJ)	Tre				X						NE ¹
Lauraceae												
<i>Aiouea tetragona</i> (Meisn.)R.Rohde *	Lobo et al. 130, 318 (CESJ)	Tre	X									VU ¹
<i>Nectandra</i> sp.	Lobo et al. 816 (CESJ)	Tre		X								
<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	Lobo et al. 870 (CESJ)	Tre		X								LC ¹
<i>Ocotea tristis</i> (Nees e Mart) Mez.**	Lobo et al. 31, 479, 521 (CESJ)	Shr	X									LC ¹
<i>Ocotea spixiana</i> (Nees) Mez. **	Lobo et al. 833 (CESJ)	Tre		X								LC ¹
Lentibulariaceae												
<i>Utricularia subulata</i> L.	Lobo et al. 98 (CESJ)	Her								X		NE ¹
Loganiaceae												
<i>Spigelia schlechtendaliana</i> Mart. **	Lobo et al. 23 (CESJ)	Shr	X									NE ¹
Lycopodiaceae												
<i>Palhinhaea camporum</i> (B. Øllg. & P.G. Windisch) Holub	Dittrich et al. n° 2349 (CESJ)	Her									X	NE ¹

Piperaceae									
<i>Peperomia decora</i> Dahlst. *	Lobo et al. 48 (CESJ)	Her	X						NE ¹
<i>Peperomia oreophila</i> Henschen **	Lobo et al. 932 (CESJ)	Her	X						LC ¹
<i>Piper hispidum</i> Sw.	Lobo et al. 71 (CESJ)	Shr		X					NE ¹
<i>Piper miquelianum</i> C.DC. *	Lobo et al. 220 (CESJ)	Tre		X					NE ¹
<i>Piper regnellii</i> (Miq.) C.DC.	Lobo et al. 236 (CESJ)	Tre			X				NE ¹
<i>Piper richardiifolium</i> Kunth **	Lobo et al. 219 (CESJ)	Tre		X					NE ¹
<i>Piper umbellatum</i> L.	Lobo et al. 808 (CESJ)	Shr		X					NE ¹
Poaceae									
<i>Aristida recurvata</i> Kunth	Lobo et al. 993 (CESJ)	Her			X				NE ¹
<i>Axonopus siccus</i> (Ness) Kuhlm.	Lobo et al. 972, 982 (CESJ)	Her			X				NE ¹
<i>Dichantherium sciurotis</i> (Trin.) Davidse **	Lobo et al. 811, 988 (CESJ)	Her		X	X				LC ¹
<i>Dichantherium surrectum</i> (Chase ex Zuloaga & Morrone) Zuloaga **	Lobo et al. 935 (CESJ)	Her	X						LC ¹
<i>Echinolaena inflexa</i> (Poir.) Chase	Lobo et al. 12 (CESJ)	Her			X				NE ¹
<i>Eragrostis polytricha</i> Ness. **	Lobo et al. 675, 980, 986 (CESJ)	Her			X	X			LC ¹
<i>Oedochloa procurrens</i> (Ness. ex Trin.) C. Silva e R.P. Oliveira	Lobo et al. 994 (CESJ)	Her			X				NE ¹
<i>Parodiophyllochlua penicillata</i> (Ness ex Trin.) Zuloaga e Marrone **	Lobo et al. 830 (CESJ)	Her							LC ¹
<i>Paspalum brachytricum</i> Hack. **	Lobo et al. 978 (CESJ)	Her			X				NT ¹ ; CR ³
<i>Rugoloa pilosa</i> (SW) Zuloaga	Lobo et al. 809 (CESJ)	Her		X					NE ¹
<i>Schizachyrium microstachyum</i> (Desv. ex Ham) RosenG., B.R.Arrill. & Izag.	Lobo et al. 979 (CESJ)	Her			X				NE ¹
<i>Sporobolus</i> sp.	Lobo et al. 987 (CESJ)	Her			X				
<i>Sporobolus aeneus</i> (Trin.) Kunth.	Lobo et al. 995 (CESJ)	Her	X		X				NE ¹
<i>Trichantheium schwackeanum</i> (Mez) Zuloaga & Morrone	Lobo et al. 992 (CESJ)	Her							NE ¹
<i>Tristachya leiostachya</i> Nees	Lobo et al. 989 (CESJ)	Her			X				NE ¹
Polygalaceae									
<i>Asemeia monninooides</i> (Kunth) J.F.B. Pastore & J.R.Abbott **	Lobo et al. 945 (CESJ)	Her				X			NE ¹

<i>Rudgea viburnoides</i> (Cham.) Benth.	Lobo et al. 866 (CESJ)	Shr		X							LC ¹
Rutaceae											
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> Lam.	Lobo et al. 679 (CESJ)	Tre				X					NE ¹
Salicaceae											
<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	Lobo et al. 770 (CESJ)	Tre		X							LC ¹
<i>Casearia arborea</i> (Rich.) Urb.	Lobo et al. 803 (CESJ)	Tre		X							NE ¹
Santalaceae											
<i>Phoradendron crassifolium</i> (Pohl ex Dc) Eichler	Lobo et al. 494 (CESJ)	Her				X					NE ¹
<i>Phoradendron quadrangulare</i> (Kunth.) Griseb	Lobo et al. 533 (CESJ)	Her				X					NE ¹
Sapindaceae											
<i>Serjania erecta</i> Radlk.	Lobo et al. 126 (CESJ)	Lia				X					NE ¹
Selaginellaceae											
<i>Selaginella sp1.</i>	Dittrich et al. n° 2365 (CESJ)	Her		X							
<i>Selaginella sp2.</i>	Dittrich et al. n° 2374 (CESJ)	Her		X							
<i>Selaginella sp3.</i>	Dittrich et al. n° 2381 (CESJ)	Her		X							
<i>Selaginella sp4.</i>	Dittrich et al. n° 2389 (CESJ)	Her		X							
Siparunaceae											
<i>Siparuna guianensis</i> Aubl.	Lobo et al. 871 (CESJ)	Shr		X							NE ¹
Smilacaceae											
<i>Smilax oblongifolia</i> Pohl ex Griseb. **	Lobo et al. 100, 589 (CESJ)	Lia				X		X			NE ¹
Solanaceae											
<i>Athenaea velutina</i> (Sendtn.) D'Arcy **	Lobo et al. 825 (CESJ)	Tre		X							LC ¹
<i>Brunfelsia brasiliensis</i> (Spreng.) L.B.Sm. & Downs **	Lobo et al. 34 (CESJ)	Sub	X								NE ¹
<i>Calibrachoa elegans</i> (Miers) Stehmann & Semir *	Lobo et al. 735 (CESJ)	Her			X						EN ^{1 2}
<i>Cestrum bracteatum</i> Link. & Otto.	Lobo et al. 848 (CESJ)	Shr		X							NE ¹
<i>Dysochroma viridiflorum</i> (Sims) Miers **	Lobo et al. 676 (CESJ)	Shr	X								LC ¹
<i>Schwenckia americana</i> Rooyen. ex L.	Lobo et al. 956 (CESJ)	Her						X			NE ¹

<i>Solanum americanum</i> Mill.	Lobo et al. 40 (CESJ)	Shr								X	NE ¹
<i>Solanum didymum</i> Punal.	Lobo et al. 21 (CESJ)	Shr				X					NE ¹
<i>Solanum lycocarpum</i> A.St.-Hil.	Lobo et al. 513 (CESJ)	Shr								X	NE ¹
<i>Solanum paniculatum</i> L.	Lobo et al. 574 (CESJ)	Shr	X								LC ¹
<i>Solanum refractifolium</i> Sendtn. **	Lobo et al. 170 (CESJ)	Shr							X		NE ¹
<i>Solanum subumbellatum</i> Vell. **	Lobo et al. 248 (CESJ)	Shr		X							NE ¹
Styracaceae											
<i>Styrax aureus</i> Mart.	Lobo et al. 1349 (CESJ)	Shr	X								EN ^{1 2}
<i>Styrax camporum</i> Pohl.	Lobo et al. 85 (CESJ)	Tre				X					NE ¹
<i>Styrax ferrugineus</i> Ness e Mart.	Lobo et al. 399 (CESJ)	Tre	X								NE ¹
Symplocaceae											
<i>Symplocos arbutifolia</i> Casar. *	Lobo et al. 477 (CESJ)	Tre					X				LC ¹
<i>Symplocos oblongifolia</i> Casar.	Lobo et al. 660 (CESJ)	Tre				X					NE ¹
Thelypteridaceae											
<i>Amauropelta amambayensis</i> (Christ) Salino & A.R.Sm.	Dittrich et al. n° 2353, 2387 (CESJ)	Her		X							LC ¹
<i>Amauropelta retusa</i> (Sw.) Pic.Serm. **	Dittrich et al. n° 2350 (CESJ)	Her		X							LC ¹
<i>Amauropelta saxicola</i> (Sw.) Salino & T.E. Almeida **	Dittrich et al. n° 2377 (CESJ)	Her		X							LC ¹
<i>Steiropteris hatschbachii</i> (A.R.Sm.) Salino & T.E.Almeida.	Dittrich et al. n° 2354 (CESJ)	Her		X							LC ¹
Thymelaeaceae											
<i>Daphnopsis brasiliensis</i> Domke **	Lobo et al. 867 (CESJ)	Tre		X							LC ¹
Turneraceae											
<i>Turnera oblongifolia</i> Cambess.	Lobo et al. 252 (CESJ)	Her		X							NE ¹
Velloziaceae											
<i>Barbacenia itabirensis</i> Goethart & Henrard *	Lobo et al. 39, 929 (CESJ)	Her	X								NE ¹
<i>Barbacenia luzulifolia</i> Mart. ex Schult. & Schult.f. **	Lobo et al. 161 (CESJ)	Her	X								NE ¹
<i>Vellozia albiflora</i> Pohl **	Lobo et al. 681, 763, 938, 954 (CESJ)	Her	X						X		NT ¹
<i>Vellozia caruncularis</i> Mart. ex Seub. *	Lobo et al. 952, 955, 965 (CESJ)	Her							X		NE ¹

<i>Vellozia compacta</i> Mart. ex Schult. & Schult.f. *	Lobo et al. 164 (CESJ)	Shr	X																NE ¹	
<i>Vellozia graminea</i> Pohl *	Lobo et al. 953 (CESJ)	Her																X	NE ¹	
<i>Vellozia variabilis</i> Mart. ex Schult. & Schult.f.	Lobo et al. 175 (CESJ)	Her																X	NE ¹	
Verbenaceae																				
<i>Lantana camara</i> L.	Lobo et al. 63 (CESJ)	Shr																X	NE ¹	
<i>Lantana fucata</i> Lindl.	Lobo et al. 325, 758 (CESJ)	Shr	X																X	NE ¹
<i>Lantana hypoleuca</i> Briq.	Lobo et al. 4 (CESJ)	Shr																	X	NE ¹
<i>Lantana trifolia</i> L.	Lobo et al. 60 (CESJ)	Shr																	X	NE ¹
<i>Lippia florida</i> Cham. *	Lobo et al. 516 (CESJ)	Shr																	X	NE ¹
<i>Lippia hermannioides</i> Cham. **	Lobo et al. 24 (CESJ)	Shr																	X	NE ¹
<i>Lippia lupulina</i> Cham.	Lobo et al. 166, 214, 233 (CESJ)	Sub																	X	NE ¹
<i>Lippia origanoides</i> Kunth	Lobo et al. 3, 940 (CESJ)	Shr	X																X	NE ¹
<i>Lippia oxycnemis</i> Schauer **	Lobo et al. 855 (CESJ)	Shr																	X	NE ¹
<i>Lippia rotundifolia</i> Cham. **	Lobo et al. 582 (CESJ)	Shr																		NE ¹
<i>Lippia sericea</i> Cham. **	Lobo et al. 966 (CESJ)	Shr																	X	NE ¹
<i>Stachytapheta cayennensis</i> (Rich.) Vahl	Lobo et al. 61 (CESJ)	Shr																	X	NE ¹
<i>Stachytarpheta glabra</i> Cham. *	Lobo et al. 41, 581 (CESJ)	Shr	X																X	NE ¹
<i>Verbena bonariensis</i> L.	Lobo et al. 624 (CESJ)	Her																	X	NE ¹
<i>Verbena litorallis</i> Kunth.	Lobo et al. 62 (CESJ)	Her																	X	NE ¹
Vitaceae																				
<i>Cissus erosa</i> Rich **	Lobo et al. 84 (CESJ)	Lia																	X	NE ¹
Vochysiaceae																				
<i>Qualea multiflora</i> Mart.	Lobo et al. 842 (CESJ)	Tre																	X	NE ¹
<i>Vochysia thyrsoidea</i> Pohl **	Lobo et al. 586 (CESJ)	Tre																	X	NE ¹
<i>Vochysia tucanorum</i> Mart.	Lobo et al. 572, 799 (CESJ)	Tre																	X	NE ¹
Xyridaceae																				
<i>Xyris obtusiuscula</i> L. A. Nilsson **	Lobo et al. 171 (CESJ)	Her																	X	EN ^{1 2}

**APÊNDICE B — TABELAS DO CAPÍTULO 2: UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E
MOVIMENTOS SOCIAIS NA CONSERVAÇÃO DOS CAMPOS RUPESTRES
FERRUGINOSOS: UM ESTUDO NO QUADRILÁTERO FERRÍFERO-AQUÍFERO
(MINAS GERAIS)**

Tabela 1 — Distribuição das Unidades de Conservação nos municípios primários que integram o Quadrilátero Aquífero-Ferrífero

MUNICÍPIOS PRIMÁRIOS		UC MUNICIPAL		UC ESTADUAL		UC FEDERAL		RPPN	
		presente	quantas ¹	presente	quantas ¹	presente	quantas ¹	presente	quantas ¹
01.	Barão de Cocais			X	1			X	1
02.	Belo Horizonte	X	7	X	5			X	2
03.	Belo Vale								
04.	Betim	X	1	X	3				
05.	Brumadinho	X	1	X	2			X	5
06.	Caeté	X	2	X	2	X	1	X	3
07.	Catas Altas			X	1			X	2
08.	Congonhas							X	1
09.	Conselheiro Lafaiete							X	1
10.	Ibirité			X	2				
11.	Igarapé	X	1						
12.	Itabira	X	9	X	1	X	1	X	4
13.	Itabirito			X	4	X	1		
14.	Itatiaiuçu								
15.	Itaúna							X	1
16.	Jeceaba			X	1				
17.	João Monlevade							X	1
18.	Mariana			X	2	X	1	X	3
19.	Mário Campos			X	1			X	2
20.	Mateus Leme								
21.	Moeda	X	2	X	1				
22.	Nova Lima	X	4	X	3	X	1	X	3
23.	Ouro Branco			X	2			X	1
24.	Ouro Preto	X	1	X	6	X	1	X	6

25.	Raposos			X	1	X	1		
26.	Rio Acima			X	1	X	1	X	1
27.	Rio Manso	X	1						
28.	Rio Piracicaba							X	2
29.	Sabará	X	1	X	1			X	3
30.	Santa Bárbara			X	1	X	1	X	5
31.	Santa Luzia			X	1			X	2
32.	São Gonçalo do Rio Abaixo							X	1
33.	São Joaquim de Bicas							X	1
34.	Sarzedo			X	1				

Fonte: Elaborado pelos autores (2023) com os dados de IEF (2023), IEF/ICMBio (2022) e IDE-Sisema (2023).

Tabela 2 — Distribuição das Unidades de Conservação nos municípios secundários que integram o Quadrilátero Aquífero-Ferrífero

MUNICÍPIOS SECUNDÁRIOS		UC MUNICIPAL		UC ESTADUAL		UC FEDERAL		RPPN	
		presente	quantas ¹	presente	quantas ¹	presente	quantas ¹	presente	quantas ¹
36.	Alvinópolis	X	1						
37.	Barra Longa	X	1						
38.	Bela Vista de Minas								
39.	Bom Jesus do Amparo								
40.	Bonfim								
41.	Catas Altas da Noruega								
42.	Contagem			X	2			X	2
43.	Diogo de Vasconcelos	X	1						
44.	Dom Silvério								
45.	Entre Rios de Minas								
46.	Guaraciaba	X	2					X	1
47.	Itaverava							X	1
48.	Nova União					X	1		

49.	Lamim								
50.	Nova Era	X	2						
51.	Piranga	X	1						
52.	Presidente Bernardes	X	2						
53.	Queluzito							X	1
54.	Santa Maria de Itabira	X	3						
55.	Santana dos Montes							X	1
56.	São Brás do Suaçuí								
57.	São Domingos do Prata	X	1						
58.	Senhora de Oliveira	X	1						
59.	Taquaraçu de Minas					X	1	X	1
Total de UC's no QAF		45	24			2		54	
Municípios que possuem UC em seus territórios municipais		21	23			11		28	
Municípios que NÃO possuem UC em seus territórios municipais		38	36			48		31	

¹ As quantidades referem-se a quantas unidades de conservação estão presentes, parcial ou integralmente, no território dos municípios listados. Portanto, o somatório do quantitativo de UC não corresponde ao total de UC na região do QAF. A área das UCs Estaduais e Federais, em sua maioria, encontra-se entre 2 ou mais municípios.

Fonte: Elaborado pelos autores (2023) com os dados de IEF (2023), IEF/ICMBio (2022) e IDE-Sisema (2023).