



VOÇOROCAMENTOS E VEGETAÇÃO: UMA ANÁLISE COMPARATIVA EM VOÇOROCAS DESENVOLVIDAS EM DIFERENTES SUBSTRATOS

Lucas Souza Fonseca
João Victor Nascimento Paulo
Roberto Marques Neto
Juliana Costa Baptista Barreto

As voçorocas, embora frequentemente vistas como fatores limitantes para a sucessão ecológica, podem apresentar padrões vegetacionais variados, influenciados por fatores como o tipo de substrato e a morfologia da feição erosiva. Este trabalho objetiva comparar duas voçorocas desenvolvidas em diferentes substratos, uma em quartzitos da Megassequência Andrelândia (Lima Duarte, MG) e outra em charnockitos do Complexo Juiz de Fora (MG), considerando aspectos geomorfológicos e de colonização vegetal. A metodologia envolveu medições topográficas em campo (comprimento, largura e altura), elaboração de perfis topográficos e análises de declividade, uso e cobertura da terra via QGis e imagens do Google Earth. O índice de concavidade (I_c) foi calculado para análise comparativa da evolução das voçorocas. As feições foram divididas em setores alto, médio e baixo, com coleta botânica diferenciada para as áreas de assoalho, talude e entorno. As espécies foram identificadas por meio do aplicativo iNaturalist. A voçoroca de Lima Duarte apresenta formato bulbiforme, associada a linhas de fraqueza geológica, enquanto a de Juiz de Fora tem formato dendrítico, sem linhas de fraqueza associadas aparentes e desenvolvida em áreas de pastagem. Ambas apresentam vegetação pioneira predominantemente arbustivo-herbácea. As famílias Asteraceae e Poaceae predominam em ambas e ocorrem em todos os setores, com maior diversidade nos segmentos alto e médio, bem como nos assoalhos e taludes em comparação ao entorno. Os resultados indicam que, apesar das diferenças litológicas e morfológicas, há convergência na composição florística, sugerindo que a vegetação colonizadora é composta por espécies de ampla plasticidade ecológica. Assim, as voçorocas se revelam ambientes importantes para a compreensão de processos de sucessão ecológica em áreas degradadas.

Palavras-chave: voçorocas, vegetação pioneira, talude.

INTRODUÇÃO

Em contextos tropicais, a ocorrência de intemperismo intenso e processos erosivos associados são recorrentes na paisagem, devido a uma combinação de fatores climáticos, edáficos, geomorfológicos e antrópicos. De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1990), a

O presente trabalho é resultado do projeto de iniciação científica da Universidade Federal de Juiz de Fora.

- Graduando em Geografia pela Universidade Federal de Juiz de Fora. E-mail:

souzafonseca.lucas@estudante.ufjf.br

- Graduando em Geografia pela Universidade Federal de Juiz de Fora. E-mail: victor.joao@estudante.ufjf.br

- Professor do Departamento de Geociências e do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora. E-mail. roberto.marques@ufjf.edu.br

- Doutoranda em Geografia pela Universidade Federal de Minas Gerais. E-mail. julianacbarreto@gmail



forte energia do relevo, associada às chuvas intensas e ao desmatamento, torna os ambientes tropicais altamente susceptíveis à erosão. Em contrapartida, sistemas tropicais apresentam relativa facilidade no desenvolvimento de vegetação devido às mesmas condições, o que pode ser variável de acordo com ações antrópicas atuantes (Rodrigues, 2009).

Nesse contexto, voçorocas figuram como grandes processos erosivos superficiais e subsuperficiais (*piping*) oriundos da concentração de fluxo hídrico que remove sedimentos do solo, formando canais profundos com secções em formato de “U” que podem atingir e rebaixar o lençol freático (Bacellar, 2006). Desse modo, a vegetação presente na rota de expansão erosiva tende a se exaurir devido à alteração físico/química no solo e ao desequilíbrio ambiental causado pelo rebaixamento do lençol freático (Bacellar, 2006; Ferreira et al, 2011).

Apesar da presença de voçorocas estarem associadas a estados ambientais limitantes para as sucessões ecológicas (Tricart, 1977), há uma organização vegetal relacionada a esses tipos de processos morfodinâmicos. Diante do exposto o objetivo do presente artigo é discutir relações entre voçorocas e vegetação a partir de uma análise comparativa entre duas voçorocas desenvolvidas em diferentes contextos litológicos, pedológicos e de uso da terra no domínio tropical atlântico.

Foram então selecionadas duas voçorocas situadas no domínio das florestas tropicais atlânticas, na Zona da Mata Mineira, no contexto dos “mares de morros” (Ab’sáber, 1967). Na área rural de Lima Duarte (MG), encontra-se a primeira voçoroca em apreço, desenvolvida em litotipos da Megassequência Andrelândia, que faz parte do Orógeno Brasileiro, composto por quartzitos, filitos e gnaisses (Heilbron, 1995). Já a segunda voçoroca encontra-se no perímetro urbano do município de Juiz de Fora - MG, relacionada ao Complexo Juiz de Fora, parte da Faixa Ribeira Setentrional, composto por gnaisses, enderbitos, quartzitos e charnockitos (Marques Neto et al., 2022).

METODOLOGIA

Para localizar e filtrar as possíveis feições a serem analisadas, utilizou-se técnicas de fotointerpretação através da ferramenta Google Earth Pro. Após a voçoroca de Lima Duarte (VCLD) e a voçoroca de Juiz de Fora (VCJF) serem selecionadas, foram realizados trabalhos



de campo para aferir as medidas da feição. Uma trena de 30 metros foi utilizada para mensurar o perfil longitudinal e os perfis transversais, estes mensurados em três seções horizontais da voçoroca, a saber: baixa (B), média (M) e alta (A).

Foram feitas caminhadas de varredura pelas feições erosivas em apreço para coletar espécies vegetais nas três seções da voçoroca mencionadas em ambientes distintos: entorno, talude e assoalho. A coleta foi realizada por meio de técnicas de herborização, com o uso de prensa e do aplicativo iNaturalist para reconhecimento das espécies encontradas e sua ordenação taxonômica. Os resultados de tais levantamentos foram apresentados no nível taxonômico das famílias e representados em gráficos gerados em Excel.

As atividades de campo foram subsidiadas pelo preenchimento de ficha elaborada para registrar as características gerais das feições analisadas, incluindo elementos morfométricos (altura, comprimento e largura), morfológicos (linear, bulbiforme, dendrítica, treliça), genéticos (linhas de fraqueza, pisoteio de gado, remoção da vegetação original, etc.), evolutivos (evolução lenta, moderada, acelerada, estabilizada), sucessões ecológicas vigentes e hábito vegetal presente.

Os dados altimétricos usados para confecção dos mapas e índices foram adquiridos pelo sensor SRTM (30 metros) e os demais dados encontram-se presentes nos sites do IBGE, ANA, IDE Sisema, USGS e Google Earth. Os cartogramas, por sua vez, foram elaborados em software Qgis.

Aspectos evolutivos das voçorocas foram averiguados mediante adaptação da metodologia de Peña et al. (2016), para elaboração do índice de concavidade, que utiliza o software NProfile, ferramenta que gera perfis longitudinais de drenagens e seus índices morfométricos relacionados com base em dados altimétricos, como SRTM ou outros MDEs. Por meio de uma extensão no ArcGis, foram aplicados os mesmos métodos para representar o perfil longitudinal das voçorocas, com a concavidade normalizada (CT), concavidade máxima (MaxC) e comprimento da concavidade máxima (Lmax). Os valores encontrados indicam o estágio evolutivo da voçoroca, tanto mais desenvolvida quanto mais pronunciada a sua concavidade, dados estes que foram relacionados com a vegetação presente.



REFERENCIAL TEÓRICO

Ao começarmos a compreender as dinâmicas evolutivas de uma voçoroca, a conclusão que temos ao associar vegetação e feições erosivas remete a estabilização da mesma, segundo Bacellar (2006), “o grau de atividade pode ser definido pelo grau de suavização de suas bordas e pela presença de vegetação”. Ademais, mesmo durante o processo expansivo, é possível identificar formações vegetais incipientes. Essa ocupação do solo exposto tem início em sítios ecológicos que variam de acordo com a disponibilidade de água e oxigênio, e espécies pioneiras capazes de se adaptarem à baixa disponibilidade de nutrientes no solo iniciam a ocupação vegetacional da feição (Farias et al., 1993).

Normalmente, espécies pioneiras possuem facilidade de dispersão, utilizando correntes de ar, massas d’água, pássaros e de outros animais. Em geral plantas de crescimento vertical acelerado, como as Melastomataceae (Amaral et al., 2013), criam condições de sombreamento, permitindo outras espécies que não germinam sob iluminação solar constante que se desenvolvam sobre o leve sombreamento de gramíneas e arbustos (Regensburger, 2004).

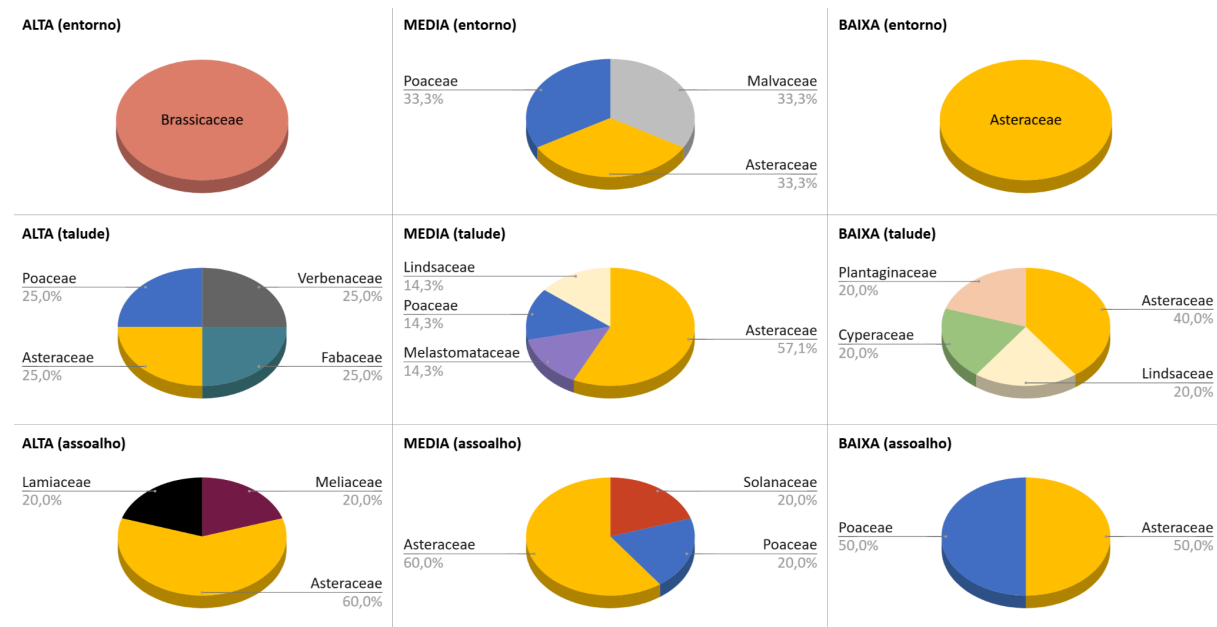
RESULTADOS E DISCUSSÃO

A VCLD apresenta uma morfologia bulbiforme e influência de águas subterrâneas e superficiais na sua evolução, com presença de *pipings* no talude discerníveis em campo. Seu estado de expansão é acelerado e sua gênese está associada à expressiva erodibilidade dos solos de textura arenosa com os quais se relaciona, além da influência de linhas de fraqueza, percebidas pelo aspecto linear da voçoroca e do conjunto de ravinas que ocorrem na mesma vertente seguindo o mesmo direcionamento.

As sucessões ecológicas encontram-se em estado inicial, resultando em hábitos vegetais predominantemente herbáceos em toda a voçoroca. Dentre a vegetação identificada, conforme a figura 1, a família Asteraceae foi aquela que ocupou a maior parte da feição, sendo que o gênero *Baccharis* ocorre repetidas vezes em seções distintas da voçoroca. As espécies encontradas para o gênero em questão possuem a habilidade de se adaptar em diferentes ambientes por mais inóspitos que sejam (Rosado et al., 2025; Souza et al., 2007). Poaceae, Solanaceae e Malvaceae completam a lista das famílias mais conspícuas.

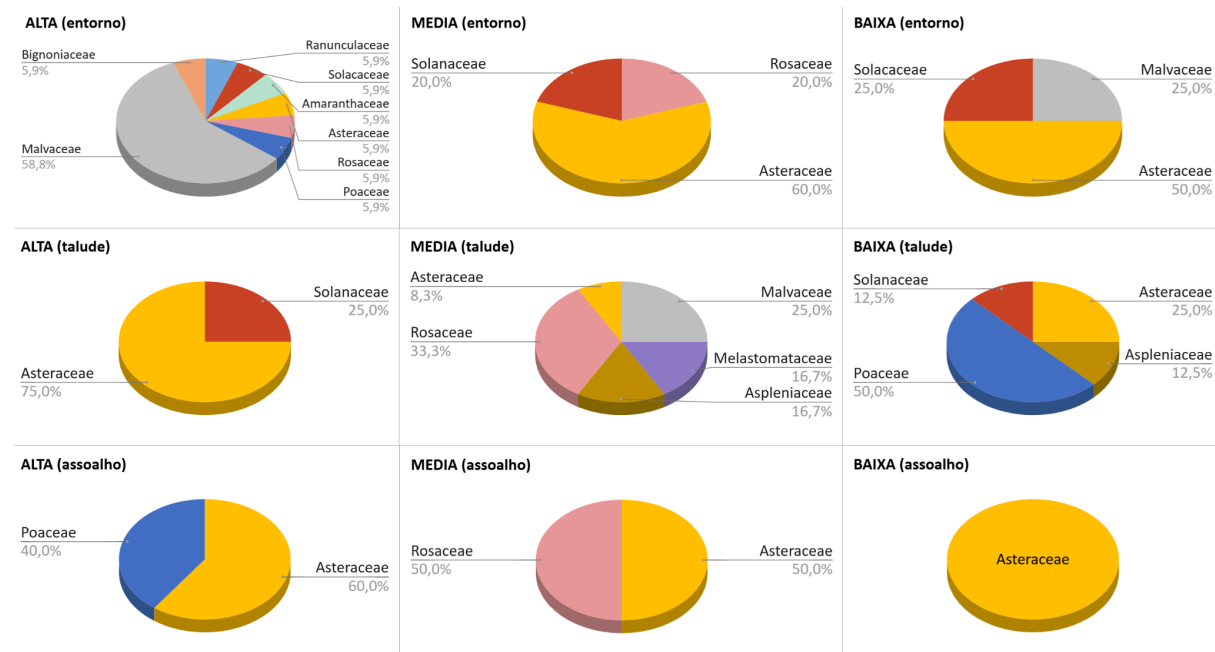
A VCJF, por sua vez, possui uma morfologia dendrítica, também com contribuições superficiais e subterrâneas. Diferentemente da VCLD, sua gênese está associada a atividades antrópicas e seu estado de expansão é moderado. Porém, conforme observa-se na figura 2 as sucessões ecológicas apresentam-se de forma similar, também com dominância da família Asteraceae e Poaceae. Nesse caso, a baixa voçoroca, possui vegetação arbustiva e a alta voçoroca uma maior variedade florística, mesmo não havendo fragmentos florestais próximos, o que se explica pela gênese da feição. A VCLD possui um pequeno fragmento florestal na alta vertente, porém, devido à expansão acelerada, a vegetação restante é aquela capaz de adaptar-se. Na comparação dos dados florísticos de ambas, é possível observar que a voçoroca VCJF apresenta maior variedade de espécies e sucessões ecológicas mais avançadas em relação a VCLD, embora ambas sejam caracterizadas pela ocorrência de espécies pioneiras e de considerável plasticidade ecológica.

Figura 1 - Famílias presentes nas três seções da alta, média e baixa voçoroca, VCLD.



Fonte: Os autores

Figura 2 - Famílias presentes nas três seções da alta, média e baixa voçoroca, VCJF.

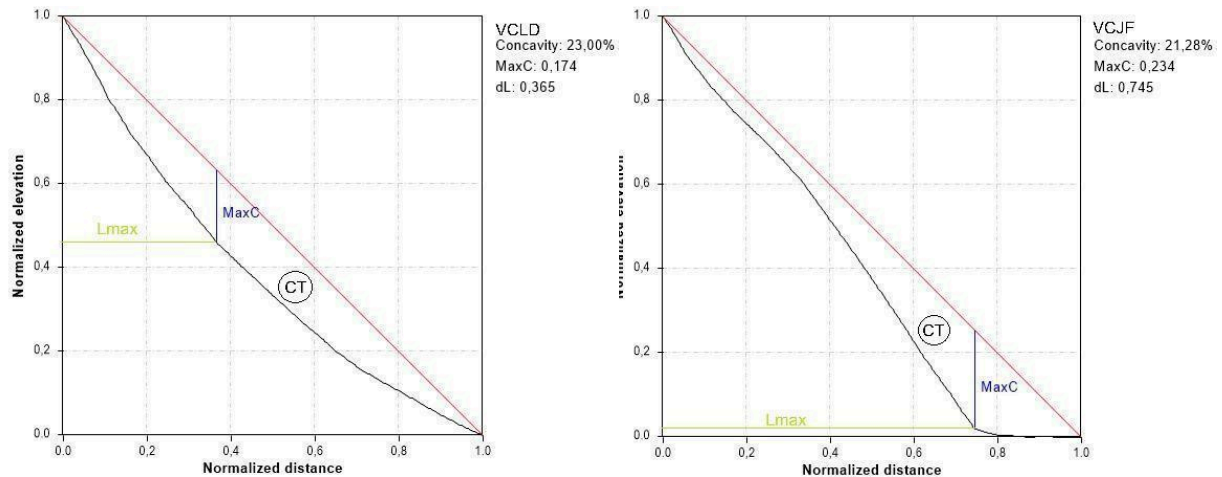


Fonte: Os autores

Para auxiliar a compreender melhor a relação entre a vegetação e os focos erosivos foram gerados os índices de concavidade (figura 3), que informam acerca do estado evolutivo das voçorocas. Ao comparar os índices, percebe-se na VCJF uma maior variedade de famílias de acordo com a distância do máximo erosivo. A VCLD, que apresenta um máximo erosivo no meio da feição, contém uma maior dispersão florística de acordo com o equilíbrio erosivo da feição como um todo.

Assemelhando os índices, é perceptível uma abrupta mudança no comprimento da concavidade máxima e na altitude do máximo erosivo entre ambos. Na VCLD a erosão remontante escava o solo mas não o suficiente para atingir o lençol freático, mantendo o abastecimento hídrico regular das espécies ao seu redor. Porém, a VCJF apresenta um comprimento da concavidade máxima sensivelmente maior em relação a outra voçoroca, tal qual seu máximo erosivo, que encontra-se rente ao nível de base, atingindo o lençol freático.

Figura 3: Gráficos gerados na aplicação do Índice de Concavidade



Fonte: Os autores

A análise dos índices de concavidade revela uma dinâmica diretamente influenciada pelo estágio evolutivo das voçorocas e pela disponibilidade hídrica ao longo do perfil longitudinal. A VCLD apesar do avanço mais desenvolvido, não erodiu o solo de modo a atingir o nível freático, facilitando as espécies pioneiras que iniciem as sucessões ecológicas.

Farias et al. (1993) conclui que quando as condições ambientais não favorecem o avanço da sucessão ecológica, a vegetação que se estabelece é aquela com maior capacidade de adaptação ao meio. Em áreas erodidas, observa-se que espécies das famílias Asteraceae, Poaceae e Solanaceae, tendem a se instalar inicialmente nos setores mais rebaixados das voçorocas, setores de baixa fertilidade, contato semipermanente com o lençol freático e drenagem deficiente. Nessas circunstâncias, elas compartilham o espaço com algumas outras espécies vegetais que também conseguem sobreviver sob essas limitações ecológicas, formando comunidades resistentes em estágios iniciais de recuperação natural.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise comparativa entre as voçorocas de Lima Duarte e Juiz de Fora, observou-se uma notável semelhança na composição da vegetação, eminentemente pioneira nas duas voçorocas. Essa convergência florística, com predomínio das famílias Asteraceae e Poaceae, indica a existência de espécies com elevada plasticidade ecológica, capazes de



colonizar ambientes degradados com características limitantes, como solos arenosos, baixa fertilidade e drenagem deficiente.

A maior diversidade observada nos taludes e assoalhos, especialmente nos setores alto e médio das voçorocas, reforça a importância dessas áreas como núcleos de regeneração vegetal e potencial avanço da sucessão ecológica. Os resultados obtidos a partir do índice de concavidade demonstram que a morfologia longitudinal da feição está diretamente relacionada à organização e diversidade da vegetação interna. Voçorocas com maior concavidade e perfil vertical mais desenvolvido, apresentam variações altimétricas que influenciam a retenção hídrica e a dinâmica erosiva, influenciando a distribuição da vegetação.

Mesmo figurando como um impacto ambiental, voçorocas formam ambientes específicos que promovem sombreamento e retenção de umidade, possibilitando a instalação de vegetação pioneira e definindo sucessões ecológicas próprias, que se mostraram convergentes na comparação aqui apresentada. Em áreas onde a vegetação original foi extensivamente removida, podem figurar como microrredutos de vegetação e servir como áreas fonte para sucessões ecológicas no seu entorno.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. Domínios morfoclimáticos e fitogeográficos do Brasil: introdução ao conhecimento ecogeográfico do país. **Geografia, Revista do Instituto Brasileiro de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 72, p. 1–48, 1967.

AMARAL, W. G.; PEREIRA, I. M.; MACHADO, E. L.; OLIVEIRA, P. A.; DIAS, L. G.; MUCIDA, D. P. Relação das espécies colonizadoras com as características do substrato em áreas degradadas na Serra do Espinhaço Meridional. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 1, p. 1696-1707, 2013.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Portal ANA**. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br>. Acesso em: 24 jan. 2025.



BACELLAR, L. Processos de formação de voçorocas e medidas preventivas e corretivas. II SIMEA, Viçosa, 2006. v. 1, p. 2-48.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1990. 352 p.

FARIAS, C. A.; RESENDE, M.; BARROS, N. F.; SILVA, A. F. Dinâmica da revegetação natural de voçorocas na região de Cachoeira do Campo, município de Ouro Preto-MG. **Revista Árvore**, v. 17, n. 3, p. 314-326, 1993.

FERREIRA, V. M.; SILVA, M. L. N.; CURTI, N.; OLIVEIRA, A. H.; SILVA, M. A.; AVANZI, J. C. Influência antrópica e atributos de solo: inter-relações em ambientes de voçorocas na mesorregião Campos das Vertentes, MG. **Geografia (Londrina)**, v. 36, n. 1, p. 209-219, 2011.

GOOGLE EARTH. **Google Earth Pro**. [S.l.]: Google, [2025]. Disponível em: <https://earth.google.com/>. Acesso em: 24 jan. 2025.

HEILBRON, M.; VALERIANO, C.; VALLADARES, C.; MACHADO, N. A Orogênese Brasileira no segmento central da Faixa Ribeira, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 25, p. 235-248, dez. 1995.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Portal IBGE**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/>. Acesso em: 24 jan. 2025.

INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS DO SISTEMA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (IDE-SISEMA). **Portal IDE-Sisema**. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>. Acesso em: 24 jan. 2025.

MARQUES NETO, R.; SILVA, F.; MOREIRA, J.; FELIPPE, M. Diferentes controles na evolução do relevo em faixas móveis neoproterozóicas: considerações sobre uma bacia hidrográfica neotectônica. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 23, n. 1, p. 1191-1205, 2022.



PEÑA, J.; AWABDEH, M.; AZAÑÓN, J.; GALVE, J.; BOOTH-REA, G.; NOTTI, G. SwathProfiler and NProfiler: Two new ArcGIS Add-ins for the automatic extraction of swath and normalized river profiles. **Computers & Geosciences**, v. 89, p. 135-150, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2015.12.006>.

RODRIGUES, R. R.; BRANCALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. P. **Pacto pela restauração da Mata Atlântica**: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: LERF/ESALQ, 2009. 256 p.

REGENSBURGER, B. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração de argila através da regularização topográfica, da adição de instrumentos e serrapilheira e de atratores de fauna**. 2004. 112 f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

ROSADO, L.; TEIXEIRA, L.; OLIVEIRA, A.; ROCHA, P.; SILVA, A.; GAVILANES, M. Revisão etnobotânica das espécies que ocorrem no Complexo Serra de Carrancas, Minas Gerais. **Journal of Education, Science and Health – JESH**, v. 5, p. 01-12, mar. 2025.

SOUZA, P.; COSTA, S.; ZOCHE, J. Baccharis trimera Less. DC. como indicadora da recuperação de áreas mineradas de carvão. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, supl. 1, p. 702-704, jul. 2007.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: SUPREN, 1977.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **The National Map**. Disponível em: <https://www.usgs.gov/>. Acesso em: 24 jan. 2025.