

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAPÁ
BACHARELADO EM ENGENHARIA FLORESTAL

ISAEI ARAÚJO COSTA

**ESTRUTURA E DIVERSIDADE DA VEGETAÇÃO EM UMA ÁREA DE
CASCALHEIRA EM 12 ANOS DE RECUPERAÇÃO**

LARANJAL DO JARI

2025

ISAEL ARAÚJO COSTA

**ESTRUTURA E DIVERSIDADE DA VEGETAÇÃO EM UMA ÁREA DE
CASCALHEIRA EM 12 ANOS DE RECUPERAÇÃO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Florestal do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá - Campus Laranjal do Jari, como requisito para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Florestal.

Orientadora: Dr. Bruna Duque Guirardi.
Coorientador: PhD. Gustavo Carvalho Gomes Schwartz

LARANJAL DO JARI

2025

Biblioteca Institucional - IFAP
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

- C837e Costa, Isael Araújo
Estrutura e diversidade da vegetação em uma área de cascalheira em 12 anos de recuperação / Isael Araújo Costa - Laranjal do Jari, 2025.
32 f. : il.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá, Campus Laranjal do Jari, Bacharelado em Engenharia Florestal, 2025.
- Orientadora: Dr. Bruna Duque Guirardi.
Coorientador: PhD. Gustavo Carvalho Gomes Schwartz.
1. Cascalheira. 2. Fitossociologia. 3. Mineração. I. Guirardi, Dr. Bruna Duque, orient. II. Schwartz, PhD. Gustavo Carvalho Gomes, coorient. III. Título.

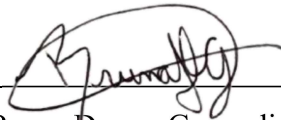
Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica do IFAP
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

ISRAEL ARAÚJO COSTA

**ESTRUTURA E DIVERSIDADE DA VEGETAÇÃO EM UMA ÁREA DE
CASCALHEIRA EM 12 ANOS DE RECUPERAÇÃO**

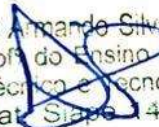
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado á
coordenação do Curso Superior de Bacharelado
em Engenharia Florestal como requisito
avaliativo para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Florestal

BANCA EXAMINADORA



Prof.a Dra. Bruna Duque Guirardi (Orientadora)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá



Diego Armando Silva da Silva
Prof. do Ensino Básico,
Técnico Tecnológico
Mat. S/ape 1424702

Prof. Dr. Diego Armando Silva da Silva

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amapá

Documento assinado digitalmente

gov.br GUSTAVO MATTOS ABREU
Data: 07/01/2026 21:27:45-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Gustavo Mattos Abreu

Universidade do Estado do Amapá

Apresentado em: 18/12/2025

Conceito/Nota: 8,4

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão à **Dr. Bruna Duque Guirardi**, minha orientadora, pela orientação precisa, pela paciência e pela dedicação ao longo de todo o desenvolvimento deste trabalho. Sua expertise, seus conselhos e seu apoio constante foram fundamentais para a construção desta pesquisa e para meu amadurecimento acadêmico.

Registro meu reconhecimento ao **PhD. Gustavo Schwartz**, meu coorientador, pela colaboração valiosa, pelas sugestões sempre enriquecedoras e pelo incentivo contínuo, que contribuíram de maneira significativa para o aprimoramento deste estudo. A ambos, deixo registrada minha sincera admiração e reconhecimento pelo compromisso com a formação acadêmica e pela generosidade em compartilhar conhecimento, valores e experiências que ultrapassam os limites da sala de aula.

À minha família, manifesto meu mais profundo agradecimento pelo incentivo e pelo apoio incondicional em todos os momentos. Em especial, à minha mãe **Vitória**, ao meu pai **Antônio** e à minha esposa **Enedina**, que foram pilares de força, motivação e amor durante toda esta jornada acadêmica. Sem o carinho, a compreensão e a confiança deles, este caminho teria sido muito mais difícil.

Estendo também meus agradecimentos a **todos os professores** que, ao longo da minha formação, compartilharam não apenas conhecimento técnico e científico, mas também valores humanos e profissionais que foram essenciais para meu crescimento pessoal e intelectual. Cada ensinamento recebido, cada orientação e cada palavra de incentivo marcaram profundamente minha trajetória e se refletem neste trabalho.

Este estudo é fruto da colaboração, do carinho e da dedicação de todos que estiveram ao meu lado durante minha formação. O apoio dessas pessoas foi decisivo para que eu pudesse superar desafios, alcançar objetivos e concluir esta etapa tão importante da minha vida acadêmica.

RESUMO

Cascalheira é uma área de extração ou depósito de cascalho utilizada como fonte de material para obras de infraestrutura. Este trabalho tem por objetivo analisar a estrutura e a diversidade da vegetação em uma área cascalheira em processo de recuperação há 12 anos, situada em Monte Dourado, Almeirim-PA. A pesquisa busca avaliar a eficácia das técnicas de reflorestamento e manejo do solo implementadas em 2013, nas quais se utilizaram espécies nativas como *Clitoria fairchildiana* (sombreiro), *Sclerolobium paniculatum* (tachi), *Inga thibaudiana* (ingá) e *Inga edulis* (ingá-cipó). O estudo insere-se no contexto da degradação ambiental decorrente da atividade de extração de cascalho, a qual expõe o solo, intensifica processos erosivos e compromete a integridade do ecossistema local. . A metodologia adotada compreende a realização de inventário florístico e análise do solo em diferentes tratamentos experimentais estudados, envolvendo combinações de tratamentos silviculturais diferentes e volumes variados de matéria orgânica. Foram calculados índices fitossociológicos e de diversidade, como o índice de Shannon. O estudo mostra avanços significativos na recuperação da vegetação e da biodiversidade local, bem como o surgimento de algumas espécies florestais nativas e melhoria das propriedades do solo. Os resultados encontrados podem contribuir para o fortalecimento da base científica voltada à recuperação ecológica e subsidiar a formulação de práticas sustentáveis e de políticas ambientais específicas para áreas impactadas pela mineração.

Palavras-chave: cascalheira; mineração; fitossociologia; recuperação ambiental.

ABSTRACT

A gravel pit is an area of extraction or deposit of gravel used as a source of material for infrastructure works (RIBEIRO, 2020). This study aims to analyze the structure and diversity of vegetation in a gravel pit undergoing recovery for 12 years, located in Monte Dourado, Almeirim-PA. The research seeks to evaluate the effectiveness of reforestation and soil management techniques implemented in 2013, which employed native species such as *Clitoria fairchildiana* (sombreiro), *Sclerolobium paniculatum* (tachi), *Inga thibaudiana* (ingá), and *Inga edulis* (ingá-cipó). The study is framed within the context of environmental degradation resulting from gravel extraction, which exposes the soil, intensifies erosive processes, and compromises the integrity of the local ecosystem. The rationale emphasizes the importance of continuous monitoring of ecological recovery, as well as identifying the functional role of native species in forest regeneration, potentially contributing to the promotion of public policies and the strengthening of environmental awareness. The adopted methodology includes conducting a floristic inventory and soil analysis under different experimental treatments, involving combinations of distinct silvicultural practices and varying amounts of organic matter. Phytosociological and diversity indices, such as the Shannon index, were calculated. The study demonstrates significant advances in vegetation recovery and local biodiversity, as well as the emergence of some native forest species and improvements in soil properties. The results may contribute to strengthening the scientific basis for ecological restoration and support the development of sustainable practices and specific environmental policies for areas impacted by mining.

Keywords: gravel pit; mining; phytosociology; environmental recovery.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área de regeneração da cascalheira	17
Figura 2 - Croqui do teste de recuperação de cascalheira na área 042	18

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultado do inventário.....	23
Tabela 2 - Resultados das análises de solo	26

LISTA DE SIGLAS

Aa	Área total amostrada, em hectare (ha).
AB	Área basalAs - área da amostragem simples
At	Área total das ruas arborizadas, em hectares
DA	Densidade absoluta
DAP	Diâmetro a altura do peito
DBC	Delineamento em Blocos Causalizados
DE	Densidade de indivíduos arbóreos Exóticos (ind./ha)
DoA	Dominância Absoluta
DoR	Dominância Relativa
Dot	Dominância total
DR	Densidade Relativa
FA	Frequência Absoluta
FR	Frequência Relativa
H	Altura total
H'	Índice de diversidade de Shannon
Ha	Hectares
i	Iésima
Ind	Indivíduos
IVI	Índice de Valor de Importância
Ln	logaritmo neperiano
N	Número total de indivíduos amostrados
NE	Número total de indivíduos arbóreos Exóticos amostrados
ne	Total de indivíduos da espécie
ni	Número de indivíduos amostrados para a
Pe	Número total de ruas em que foi observada a espécie
Pt	Número total de ruas arborizadas
S	Número total de espécies nativas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	Geral	12
2.2	Específicos	12
3	REFERENCIAL TEÓRICO	13
4	MATERIAIS E MÉTODOS	17
4.1	Área de estudo.....	17
4.2	Amostragem	17
5	COLETA DE DADOS.....	19
6	ANÁLISE DE DADOS	20
7	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
7.1	Resultados de inventario	21
7.2	Amostragem de solo.....	26
	REFERÊNCIAS.....	29

1 INTRODUÇÃO

A extração de cascalho causa impactos imediatos, como a remoção da cobertura do solo, o que pode ocasionar processos de erosão e acúmulo de sedimentos. A erosão transporta partículas para o leito dos rios, e os sólidos suspensos se depositam, provocando o assoreamento. Esse processo não obstrui totalmente o rio, mas reduz sua capacidade de escoamento. O assoreamento em fontes e riachos pode interferir nas funções naturais, impactando até grandes rios. Além disso, a erosão e o assoreamento geram danos econômicos diretos, como dificuldades no tratamento da água destinada ao abastecimento (Reis, 2024).

Embora necessária em alguns contextos econômicos, a extração de cascalho provoca impactos ambientais imediatos e cumulativos, tornando indispensável a adoção de medidas de recuperação. Os resultados obtidos por meio da recuperação de áreas degradadas são notáveis, pois garantem a funcionalidade dos recursos impactados. As técnicas empregadas demonstram eficácia, reduzindo os efeitos negativos no meio ambiente e estabelecendo formas de recuperação aplicáveis às diversas atividades econômicas do país (Mariano, 2022).

É importante destacar que a extração de cascalho para a recuperação de estradas dentro de propriedades rurais é regulamentada pela Lei nº 6.567/1978, que dispõe sobre o regime especial para exploração de substâncias minerais, incluindo o cascalho (Deus, 2024). Essa prática só é permitida em áreas sem restrições ambientais, e o material deve ser utilizado exclusivamente para esse fim, sendo proibida sua comercialização. A fiscalização e o cumprimento das normas ambientais garantem que essas atividades não intensifiquem a degradação dos ecossistemas locais.

O estudo voltado para a estrutura e diversidade da vegetação em uma área de cascalheira ao longo de 12 anos de recuperação é crucial para analisar se as estratégias adotadas foram eficientes e se os impactos ambientais de longo prazo estão sendo reduzidos como esperado. É necessário observar como a área se desenvolveu ao longo do tempo e verificar se intervenções como o reflorestamento e o manejo do solo estão trazendo resultados positivos (Soares, 2013).

Esse monitoramento possibilita adotar critérios nos processos de avaliação e permitindo verificar se as medidas adotadas estão sendo eficazes na recuperação da área afetada. No caso da observação de ecossistemas naturais ou da análise dos elementos ecológicos de ecossistemas em processo de recuperação (Christ, 2020).

Por fim, o estudo também fornece informações e técnicas fundamentais para a recuperação das áreas afetadas, viabilizando a criação de políticas públicas mais eficazes e o investimento em práticas sustentáveis.

2 OBJETIVOS

Garantir que os recursos investidos e o processo de recuperação estejam alcançando os resultados esperados e de forma eficaz.

2.1 Geral

Analisar estrutura e diversidade da vegetação em uma área de cascalheira após 12 anos de recuperação

2.2 Específicos

Quantificar e identificar as espécies por ha^{-1} ;

Quantificar a ocupação da área, quantificando a área basal;

Avaliar a variedade das espécies através do índice de frequência;

Avaliar a densidade e dominâncias das espécies;

Avaliar a qualidade do solo, examinando sua fertilidade e composição química;

Avaliar a diversidade das espécies por meio de índices de diversidade de Shannon;

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo (Barreto, 2001), a mineração se distingue de outros setores produtivos por se basear na extração direta de recursos naturais, enquanto os demais setores utilizam e integram esses recursos em seus processos. Mesmo que possam atuar como insumos em algumas fases da produção, a principal finalidade da mineração é adquirir os materiais em sua forma bruta. Geralmente, esses recursos são considerados não renováveis, pois levam milhões de anos para se formarem geologicamente. Entretanto, essa classificação pode ser debatida.

Portanto, a recuperação de áreas impactadas por essa atividade torna-se mais difícil, já que, se considerarmos o princípio da recompostagem, os minerais retirados levarão muitos anos para serem recuperados.

A extração de cascalho pode provocar diversos efeitos negativos no ambiente. Entre os mais evidentes estão a destruição da cobertura vegetal, a erosão do solo, o assoreamento de rios próximos às áreas de extração e a alteração da paisagem. Todos esses impactos podem representar sérios riscos para o solo, a água, a flora, a fauna e o ar. Além das alterações visíveis na paisagem natural, observa-se que a atividade mineral afeta significativamente a vegetação local, o que, por sua vez, gera outras consequências.

Dessa forma, é crucial implementar uma gestão integrada e colaborativa, que inclua entidades responsáveis pela política ambiental, representantes da sociedade e a comunidade local, para garantir que as ações de recuperação das áreas afetadas sejam eficazes (Durães *et al.*, 2017).

Pesquisas indicam que as mudanças no ambiente e os efeitos da atividade minerária impactam fortemente a capacidade de regeneração dessas áreas. Por isso, a intervenção humana, por meio de projetos de recuperação, é necessária.

Para a recuperação dessas áreas, diversas técnicas devem ser consideradas. o reflorestamento, por exemplo, deve focar em espécies vegetais indicadoras, que possuem grande importância ecológica e estrutural no desenvolvimento dessas áreas, além de outras práticas que possam contribuir significativamente para sua melhoria (Pereira *et al.*, 2015).

As medidas de recuperação são tratadas nos Planos de Recuperação de Áreas Degradadas PRADs, que são ferramentas valiosas para minimizar os impactos negativos da mineração no meio ambiente e na população local. Assim, a recuperação dessas áreas degradadas traz benefícios tanto ao ecossistema afetado quanto à sociedade, pois busca

recuperar ou aprimorar as características originais do ecossistema prejudicado pela mineração (Souza *et al.*, 2016).

A mineração desempenha um papel fundamental na economia brasileira, sendo um dos setores essenciais que podem melhorar a qualidade de vida de algumas comunidades, desde que operada de forma socialmente responsável e sempre dentro dos princípios do desenvolvimento sustentável. Essa atividade já foi reconhecida como crucial para o progresso social e econômico em muitos países, uma vez que os recursos minerais são vitais na vida contemporânea (Farias, 2002).

Apesar de poder causar impactos ambientais consideráveis, a mineração deve atender às necessidades da indústria, que utiliza esses materiais para criar produtos de alta qualidade, convertendo minerais brutos em itens sofisticados (Resende, 2007).

Embora frequentemente associada a aspectos negativos relacionados à sustentabilidade, a mineração pode ser realizada de maneira responsável por meio do licenciamento ambiental. Esse processo assegura que, após a extração, as áreas afetadas passem por uma recuperação adequada, respaldada pela análise e autorização do Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD). Essa abordagem aumenta as chances de restaurar a vegetação e o relevo das áreas impactadas (Moura, 2023).

É importante notar que muitos acreditam que as atividades minerárias em pequena escala não necessitam de licenciamento ambiental. No entanto, a Lei nº 6.567, de 24 de setembro de 1978, considera que elas impactam significativamente o meio ambiente. Portanto, essas atividades também estão sujeitas ao licenciamento, visto que a mineração provoca degradação à medida que materiais são removidos. As extrações ilegais devem ser interrompidas, pois seus responsáveis não demonstram compromisso com a recuperação das áreas degradadas, o que intensifica problemas como alterações na dinâmica local, modificação do relevo e perda de biodiversidade, questões que poderiam ser mitigadas com o uso de técnicas de recuperação adequadas.

Assim, tanto as atividades legais quanto as ilegais geram impactos negativos. No entanto, os operadores das áreas legalizadas têm a obrigação de recuperar o ambiente e reduzir problemas futuros, enquanto os envolvidos em atividades ilegais não assumem essa responsabilidade (Resende, 2007).

A degradação ambiental causada pela mineração representa um dos principais desafios à conservação dos ecossistemas, especialmente em regiões como a Amazônia, ricas em biodiversidade (Santos *et al.*, 2016). Quando abandonadas, essas áreas sofrem perdas severas

de solo, biodiversidade e funcionalidades ecológicas (Rodrigues & Gandolfi, 2007). Por isso, a recuperação dessas áreas exige planejamento cuidadoso e aplicação de técnicas eficazes que estimulem a sucessão natural e a regeneração da biodiversidade (Chazdon, 2008).

Cascalheiras degradadas costumam apresentar características como ausência total de vegetação, solo compactado, alterações no ciclo hidrológico e erosão intensa (Valera *et al.*, 2012). Essas condições dificultam a regeneração natural, limitando a chegada de sementes e o estabelecimento de novas plantas. Com o solo exposto e pedregoso, há escassez de matéria orgânica e baixa fertilidade (Silva & Rocha, 2021).

A recuperação ecológica baseia-se na reativação de processos naturais, na reintrodução de espécies nativas e na promoção da resiliência do ecossistema (SER, 2004). Técnicas como nucleação ecológica, uso de espécies nativas e manejo adaptativo são apontadas como estratégias eficazes (Aronson *et al.*, 2011; Holl & Aide, 2011).

A sucessão ecológica em cascalheiras geralmente inicia-se com espécies pioneiras, adaptadas à alta luminosidade e à baixa disponibilidade de nutrientes (Parrotta, 1995). Posteriormente, espécies mais exigentes se estabelecem, promovendo mudanças na estrutura da vegetação (Martins *et al.*, 2017). Esse processo pode levar décadas até o restabelecimento de um ecossistema semelhante ao original (Ruiz-Jaen & Mitchell Aide, 2005).

Pesquisas revelam que, após doze anos de recuperação, as cascalheiras mostram avanços notáveis na cobertura vegetal, diversidade florística e estrutura da vegetação (Souza *et al.*, 2019). Espécies como *Inga edulis*, *Schizolobium amazonicum* e *Cecropia pachystachya* são comuns nas fases intermediárias da sucessão.

Indicadores como o índice de Shannon, cobertura de serapilheira, densidade de regenerantes e presença de fauna indicadora ajudam a avaliar o progresso da recuperação (Duarte *et al.*, 2020). A retomada de interações ecológicas, como a polinização por abelhas nativas e a dispersão de sementes por aves frugívoras, aponta para a recuperação funcional dos ecossistemas (Arcoverde & Lopes, 2015).

A recolonização da fauna ocorre gradualmente, mas já se observam aves, pequenos mamíferos e invertebrados como formigas e abelhas, o que indica o restabelecimento das cadeias tróficas (Brancaion *et al.*, 2010). Estudos no Amapá apontam que a diversidade faunística aumenta com o tempo de recuperação (Silva & Rocha, 2021).

Experiências nos estados do Pará, Maranhão e Amapá mostram que o uso de sementes nativas, plantios diversificados, técnicas de nucleação ecológica e participação comunitária resultam em recuperação eficaz (Oliveira *et al.*, 2014; Miranda *et al.*, 2020). Com isso, as áreas

reabilitadas voltam a prestar serviços ecos sistêmicos como regulação hídrica e proteção do solo.

Apesar dos avanços, ainda persistem obstáculos, como o controle de espécies invasoras, riscos de incêndios e a ausência de políticas públicas de monitoramento a longo prazo (Holl & Aide, 2011). Questões técnicas e financeiras também dificultam a ampliação dessas iniciativas em larga escala.

Em síntese, após 12 anos, as áreas de cascalheiras mostram avanços consideráveis na estrutura da vegetação e na biodiversidade. No entanto, o êxito da recuperação depende da interação entre fatores ecológicos, sociais e econômicos. A combinação entre conhecimento técnico-científico, participação social e monitoramento contínuo é essencial para assegurar a sustentabilidade desses processos.

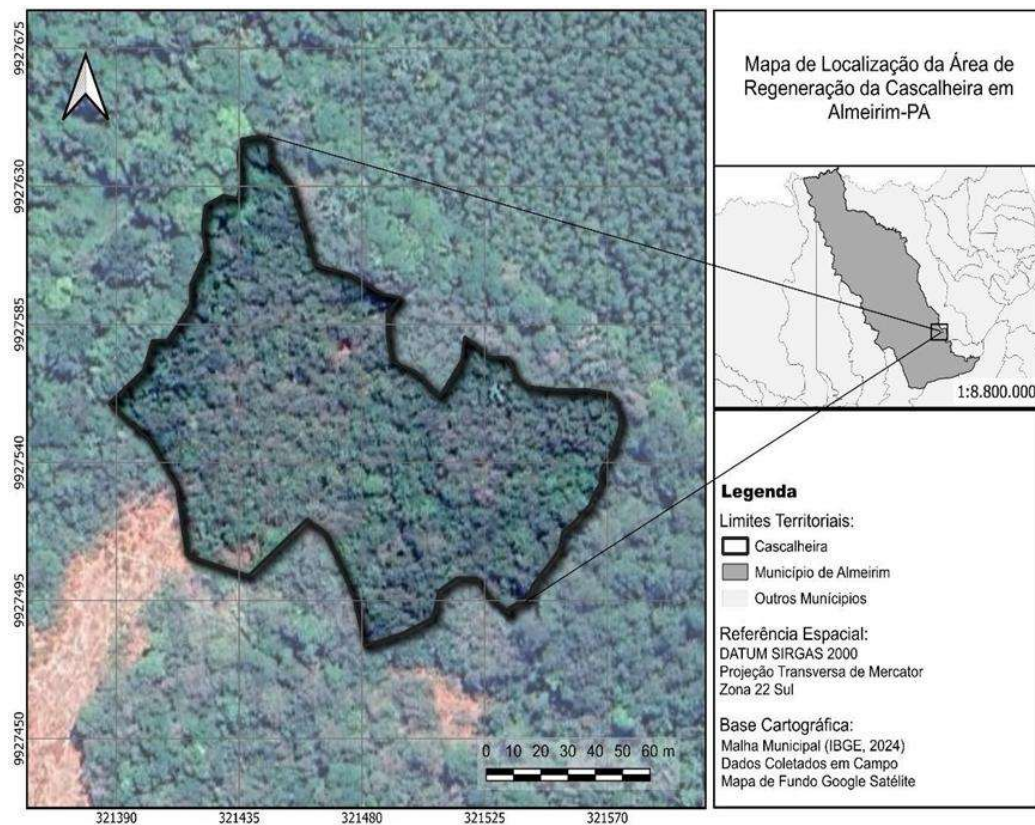
4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Área de estudo

A área de estudo fica localizada no distrito de Monte Dourado no município de Almeirim-PA, com coordenadas $0^{\circ}32'18,83''$ S e $52^{\circ}36'15,84''$ W (Figura 1).

Na região, a vegetação nativa predominante é a floresta tropical e subtropical de folhas largas úmidas (Olson *et al.*, 2001). Segundo a classificação de Köppen, o clima é do tipo “A”, caracterizado por ser quente e úmido, com precipitação anual variando entre 1.900 e 2.300 mm, além de chuvas que ocorrem de forma irregular ao longo do ano. A temperatura média anual gira em torno de $26,3^{\circ}\text{C}$, e a umidade relativa do ar supera 80% (Alvares *et al.*, 2013). Os solos da região são categorizados pelo Grupo de Trabalho IUSS WRB (2015) LBa4 Latossolo Bruno aluminicos típicos, epidistrófico, A moderado, textura muito argilosa, relevo plano.

Figura 1 - Mapa de localização da área de regeneração da cascalheira



Fonte: Raphael Prado (2025)

4.2 Amostragem

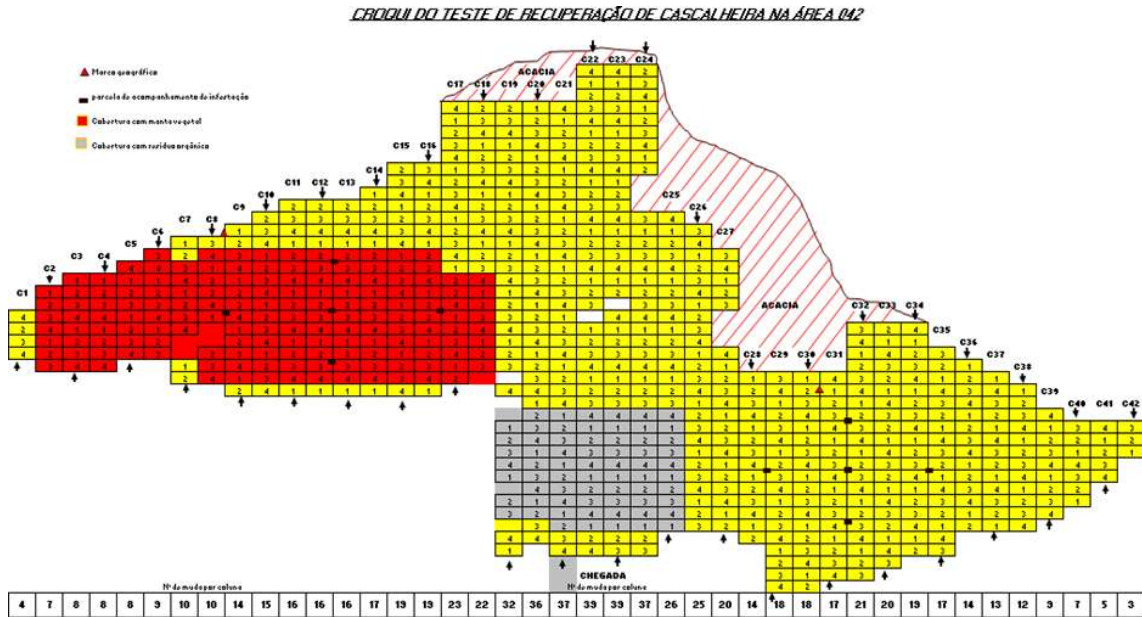
O plantio inicial ocorreu em maio de 2013, quando foram introduzidas 742 mudas, com quatro espécies diferentes, dispostas em quatro tratamentos (DBC) delineamento em blocos causalizados, com espaçamento de 3,0 m × 3,0 m. As linhas de plantio foram distribuídas maneira aleatória, alternando-se os indivíduos das quatro espécies. Esse método contribuiu para a casualização dos tratamentos e para a mitigação de possíveis efeitos específicos do local, garantindo condições uniformes para todas as espécies testadas.

Trinta dias após o plantio, as mudas que não sobreviveram foram replantadas, e também foi realizada uma fertilização inicial com 400 g por planta de fosfato natural Arad (29% de P₂O₅) e 150 g por planta de NPK (10-27-10). Após sessenta dias, uma nova adubação foi realizada, aplicando-se 150 g por planta de NPK (10-27-10) em um círculo com 20 cm de raio ao redor de cada muda.

No projeto, foram definidos quatro tratamentos distintos no preparo do solo e foram plantadas quatro espécies nativas da região: *Clitoria fairchildiana* (sombreiro), *Sclerolobium paniculatum* (tachy), *Inga thibaudiana* (ingá) e *Inga edulis* (ingá-cipó), as quais foram distribuídas aleatoriamente.

O primeiro tratamento (T1), por se tratar de uma área com declive, consistiu na implantação de covas de 0,16 m³, preenchidas com matéria orgânica proveniente de resíduos florestais em decomposição, com cobertura total do solo utilizando manta de fibra de coco. No segundo tratamento (T2), foram implantadas covas de 0,16 m³, preenchidas com a mesma matéria orgânica, com cobertura total do solo feita com a própria matéria orgânica.

Já o terceiro tratamento (T3) consistiu na implantação de covas de 0,16 m³ preenchidas com matéria orgânica, mas sem cobertura total do solo. Por fim, o quarto tratamento (T4) utilizou covas de 0,32 m³, também preenchidas com matéria orgânica, sem cobertura do solo. A disposição dos tratamentos seguiu o delineamento apresentado no croqui.



Fonte: o autor (2013)

A metodologia adotada incluiu os seguintes critérios, quantidade de parcelas nas quais a espécie foi identificada (Pe), total de parcelas com árvores de determinada espécie (Pt), número de indivíduos contabilizados para cada espécie, estimativa da densidade por hectare, diâmetro médio a 1,30 m de altura (DAP), altura média das árvores, área basal, densidade absoluta e relativa (DA/DR), dominância absoluta e relativa (DoA/DoR), frequência absoluta e relativa (FA/FR), índice de valor de importância (IVI), índice de diversidade de Shannon (H') e densidade de indivíduos arbóreos exóticos (ind./ha) (DE).

5 COLETA DE DADOS

Para cada tratamento foram alocadas duas parcelas, nas dimensões de 200 m² (10 x 20 m). Onde realizou-se um inventário florestal, medindo-se os diâmetros a altura do peito (DAP) 1,30 m, altura total (H) de todas as arvores a partir de 4,0 cm de DAP, realizado a identificação das espécies mensuradas e coleta de solo.

Na alocação de parcelas foi usada uma trena de 30 m, onde foi medido 10 m no sentido transversal e 20 metros no sentido longitudinal em relação às linhas de plantio, a mensuração iniciou no lado de chegada (frente do experimento) com o caminhar de medição da esquerda para a direita da parcela.

O DAP foi mensurado com fita métrica de 1,5 m, a altura total (H) foi realizada com hipsômetro analógico tipo Sunnto, a identificação foi realizada visualmente por um identificador botânico com experiência em identificação de espécies nativas da região, a coleta de amostragem do solo realizou-se três pontos aleatório em cada parcela, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm totalizando seis amostras simples por tratamento, após a realização de cada coleta o material coletado foi unificado e homogeneizado formando uma amostra composta acomodada em sacos plásticos de um kg para cada tratamento e profundidades. Posteriormente, as amostras foram destoradas, secas a sombra e peneiradas (malha de 2 mm), para a obtenção de terra fina seca ao ar (FFSA), para realizar a análise química do solo. Essas análises foram realizadas seguindo a metodologia descrita pela Embrapa (2011).

6 ANÁLISE DE DADOS

Após a identificação das espécies e dados do inventário florestal foram calculados alguns parâmetros fitossociológicos, como densidade absoluta e relativa (Equação 1 e 2),

Dominância absoluta (DoA) e dominância relativa (DoR) (Equação 3 e 5) utilizando o cálculo de dominância total (Equação 4), frequência absoluta (FA) e frequência relativa (FR) (Equação 6 e 7), e Índice de Valor de Importância (IVI) (Equação 8) (Felfili *et al.*, 2011). Com o levantamento de espécies nativas regionais e o quantitativo de cada espécie foi realizado também a proporção de distribuição dos indivíduos dessas espécies, calculando-se o índice de diversidade de Shannon (H') (Equação 9) (Martins, 2015).

Para analisar a invasão de espécies exóticas, as quais podem invadir o extrato de regeneração ou se reestabelecer através do banco de semente, foi calculado seguindo o método descrito por Martins e Ricardo (2025).

$$DA = \frac{ne}{At} \quad \text{Equação 1}$$

$$DR = \frac{DA}{\Sigma DA} \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

$$DoA = \frac{AB}{As} \quad \text{Equação 3}$$

$$Dot = \frac{\Sigma AB}{As} \quad \text{Equação 4}$$

$$DoR = \frac{DoA}{Dot} \times 100 \quad \text{Equação 5}$$

$$FA (\%) = \frac{Pe}{Pt} \times 100 \quad \text{Equação 6}$$

$$FR (\%) = \frac{FA}{\Sigma FA} \times 100 \quad \text{Equação 7}$$

$$IVI (\%) = \frac{FR(\%) + DR(\%) + DoR(\%)}{3} \quad \text{Equação 8}$$

$$H' = -\sum_{i=1}^S \frac{ni}{1N} \ln \frac{ni}{N} \quad \text{Equação 9}$$

$$DE = \frac{NE}{Aa} \quad \text{Equação 10}$$

7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

7.1 Resultados de inventario

O inventário florestal foi realizado em uma área de cascalheira em recuperação de forma amostral com amostras totalizando 0,16 hectares, distribuídas em oito parcelas. Foram identificadas variedades pertencentes a várias famílias botânicas, além de serem calculados indicadores fitossociológicos, como a densidade total e relativa, a dominância, a frequência, o índice de valor de importância (IVI) e a diversidade de Shannon (H'). O propósito é analisar a composição das espécies, a configuração do povoamento e a importância ecológica de cada espécie (tabela1).

Tabela 1 - Resultado do inventário

Família	Nome comum	Nome científico	Árvores mensuradas	AB	Densidade		Dominância		Frequência	
					DA	DR (%)	DoA	DoR %	FA	FR (%)
Fabaceae	Acácia	<i>Acacia mangium</i>	177	8,99	1106,25	61,25	56,17	64,83	100,00	19,05
Annonaceae	Ata Brava	<i>Duguetia furfuracea</i>	1	0,01	6,25	0,35	0,09	0,11	12,50	2,38
Annonaceae	Envira Surucucu	<i>Bocageopsis multiflora</i>	12	0,30	81,25	4,50	1,86	2,15	37,50	7,14
Fabaceae	Ingá de Metro	<i>Inga edulis</i>	2	0,19	12,50	0,69	1,21	1,40	12,50	2,38
Annonaceae	Envira Preta	<i>Unonopsis stipitata</i>	4	0,11	25,00	1,38	0,70	0,81	25,00	4,76
Lauraceae	Louro Abacate	<i>Persea americana</i>	1	0,03	6,25	0,35	0,21	0,24	12,50	2,38
Lauraceae	Louro Peu	<i>Laurus nobilis</i>	13	0,43	106,25	5,88	2,67	3,08	62,50	11,90
Malvaceae	Mamorana	<i>Pachira aquatica</i>	1	0,03	6,25	0,35	0,17	0,19	12,50	2,38
Araliaceae	Morototó	<i>Schefflera morototoni</i>	4	0,11	31,25	1,73	0,66	0,76	37,50	7,14
Fabaceae	Sombreiro	<i>Clitoria fairchildiana</i>	20	1,32	137,50	7,61	8,23	9,50	62,50	11,90
Fabaceae	Tachi Banco	<i>Sclerolobium paniculatum</i>	39	2,24	262,50	14,53	13,98	16,13	100,00	19,05
Melastomataceae	Tinteiro	<i>Miconia poeppigii</i>	2	0,03	12,50	0,69	0,18	0,21	25,00	4,76
Urticaceae	Umbaúba	<i>Cecropia pachystachya</i>	2	0,08	12,50	0,69	0,51	0,59	25,00	4,76
Total			278	13,86	-	100,00	-	100,00	-	100,00

Fonte: o autor (2025)

Os resultados analisados das amostragens coletadas na área da cascalheira trouxeram indicadores expressivos e de grande importância para o estudo realizado, totalizando 278 indivíduos, com área basal de 13,86 m². Foram registradas 7 famílias (Fabaceae, Annonaceae, Lauraceae, Malvaceae, Araliaceae, Melastomataceae e Urticaceae), distribuídas em 13 espécies. A comunidade apresenta forte predominância da família Fabaceae, que concentra as espécies mais abundantes e dominantes, como *Acacia mangium* e *Sclerolobium paniculatum*.

Dentro da família Fabaceae, a Acácia *Acacia mangium* é a espécie mais abundante, com 177 indivíduos 63,67% do total e área basal de 8,99 m² 65% do total. Sua densidade relativa é de 61,25%, dominância relativa de 64,83% e frequência relativa de 19,05%, configurando-se como a espécie dominante, responsável por estruturar a comunidade e influenciar fortemente sua composição. O Ingá de Metro *Inga edulis* aparece com apenas 2 indivíduos, participação discreta DR 0,69%, DoR 1,40%, FR 2,38%, sendo considerada rara. O Sombreiro *Clitoria fairchildiana* apresenta 20 indivíduos, com DR 7,61%, DoR 9,50% e FR 11,90%, destacando-se como espécie secundária importante. Já o Tachi Banco (*Sclerolobium paniculatum*) possui 39 indivíduos, DR 14,53%, DoR 16,13% e FR 19,05%, sendo co-dominante junto à Acácia e reforçando o papel da Fabaceae como família dominante.

Na família Annonaceae, a Ata Brava *Duguetia furfuracea* aparece com apenas 1 indivíduo DR 0,35%, DoR 0,11%, FR 2,38%, considerada rara. A Envira Surucucu *Bocageopsis multiflora* apresenta 12 indivíduos DR 4,50%, DoR 2,15%, FR 7,14%, com presença moderada, mas sem grande dominância. A Envira Preta *Unonopsis stipitata* possui 4 indivíduos DR 1,38%, DoR 0,81%, FR 4,76%, sendo pouco representativa.

Na família Lauraceae, o Louro Abacate *Persea americana* aparece com apenas 1 indivíduo DR 0,35%, DoR 0,24%, FR 2,38%, considerado raro. O Louro Peu *Laurus nobilis* apresenta 13 indivíduos DR 5,88%, DoR 3,08%, FR 11,90%, sendo uma espécie secundária com presença relevante em frequência.

Na família Malvaceae, a Mamorana (*Pachira aquatica*) aparece com apenas 1 indivíduo DR 0,35%, DoR 0,19%, FR 2,38%, considerada rara.

Na família Araliaceae, o Morototó (*Schefflera morototoni*) apresenta 4 indivíduos DR 1,73%, DoR 0,76%, FR 7,14%, sendo de baixa densidade, mas com frequência moderada.

Na família Melastomataceae, o Tinteiro (*Miconia poeppigii*) aparece com 2 indivíduos DR 0,69%, DoR 0,21%, FR 4,76%, considerado raro.

Na família Urticaceae, a Umbaúba (*Cecropia pachystachya*) apresenta 2 indivíduos DR 0,69%, DoR 0,59%, FR 4,76%, sendo uma espécie pioneira geralmente associada a ambientes em regeneração.

A síntese dos resultados mostra que as espécies dominantes são *Acacia mangium* e *Sclerolobium paniculatum* Fabaceae, enquanto as secundárias incluem *Clitoria fairchildiana* e *Laurus nobilis*. Espécies raras são diversas, como *Persea americana*, *Pachira aquatica* e *Duguetia furfuracea*. A Fabaceae é a família dominante, responsável por 238 indivíduos 85,6% do total.

Do ponto de vista ecológico, a comunidade apresenta baixa diversidade, com forte concentração em poucas espécies. A dominância da Fabaceae sugere um processo de colonização ou plantio direcionado, já que espécies como *Acacia mangium* são frequentemente utilizadas em reflorestamento e recuperação de áreas degradadas. A presença de espécies pioneiras, como *Cecropia pachystachya*, indica áreas em regeneração natural. Espécies raras e de baixa densidade pode estar em processo de exclusão competitiva ou representar introduções ocasionais.

Em conclusão, o levantamento mostra uma comunidade altamente dominada pela Fabaceae, especialmente por *Acacia mangium* e *Sclerolobium paniculatum*, que juntas estruturam a floresta e determinam sua fisionomia. A diversidade é limitada, com poucas espécies secundárias e várias raras, o que indica um ambiente em processo de regeneração.

O valor obtido pelo Índice de Shannon H' foi 1,32, indicando uma diversidade baixa a moderada. Essa baixa diversidade se deve à forte concentração de indivíduos em poucas espécies, especialmente *Acacia mangium*, com 177 indivíduos, e *Sclerolobium paniculatum*, com 39 indivíduos. Apesar da presença de 13 espécies registradas, muitas delas aparecem com apenas 1 ou 2 indivíduos, o que reduz a equidade e, conseqüentemente, o índice de Shannon.

Em comunidades naturais mais equilibradas, os valores de H' tendem a variar entre 2,0 e 3,5. Assim, o valor encontrado (1,32) reforça a ideia de que a área está em processo de colonização ou reflorestamento, apresentando baixa diversidade ecológica

Os valores de densidade de indivíduos arbóreo exóticos encontrados indicam que a *Acacia mangium* possui 1106,25 indivíduos por hectare. Essa densidade extremamente elevada evidencia sua dominância e papel estruturador na comunidade. O valor total de DE demonstra

que a área estudada é fortemente influenciada por espécies introduzidas, o que pode comprometer a regeneração natural e reduzir a diversidade ecológica local.

7.2 Amostragem de solo

As análises de solos foram comparadas entre os tratamentos e as análises da implantação para entender a variação dos parâmetros analisados.

No ano de 2013, os níveis de pH variavam de 4,3 a 4,7, o que indicava solos muito ácidos, prejudicando a disponibilidade de nutrientes e favorecendo a presença de alumínio. Por outro lado, em 2025, os níveis de pH foram observados entre 5,1 e 6,0, indicando solos levemente ácidos e começando a se tornar neutros. Essa mudança representa um avanço importante, pois a elevação do pH ajuda a reduzir a toxicidade do alumínio e a melhorar a disponibilidade de nutrientes essenciais para o crescimento das plantas (ZAPOTOSKI, 2023).

Tabela 2 - Resultados das análises de solo

Tratam.	pH	MO	P	K	Ca	Mg	SB	H+Al	Al	CTC	V%
		(g/kg)	mg dm ⁻³	mmolc dm ⁻³							
Implant.	4,5	3,0	0,0	0,4	2,6	0,6	3,7	21,5	0,7	25,1	14,7
Trat. 1	5,3	9,3	0,0	0,0	0,9	0,3	1,2	2,5	0,5	3,7	32,4
Trat. 2	5,8	27,5	2,0	0,1	4,2	0,3	4,5	2,5	0,0	7,0	63,5
Trat. 3	5,3	13,4	0,0	0,0	1,8	0,3	2,1	2,4	0,2	4,5	46,6
Trat. 4	5,3	17,4	0,5	0,0	2,6	0,5	3,1	2,7	0,0	5,8	53,4

Fonte: o autor (2025)

Os resultados apresentados correspondem a diferentes tratamentos (Implantação, Tratamento 1, Tratamento 2, Tratamento 3 e Tratamento 4), permitindo comparar a evolução da fertilidade do solo.

Na implantação, o (pH) foi de 4,5, caracterizando um solo fortemente ácido. Nos quatro tratamentos, os valores variaram entre 5,3 e 5,8, indicando correção parcial da acidez. O aumento do (pH) demonstra efeito positivo na recuperação, sendo o Tratamento 2 o mais eficiente, com (pH) 5,8, aproximando-se da faixa ideal para culturas agrícolas de 5,5 a 6,5. A matéria orgânica (MO) apresentou 3,0 g/kg na implantação, valor considerado baixo. Nos tratamentos de um a quatro, variou de 9,3 a 27,5 g/kg, com incremento significativo,

especialmente no Tratamento 2 27,5 g/kg, o que contribui para a melhoria da estrutura do solo, retenção de água e disponibilidade de nutrientes.

O fósforo (P) estava ausente na implantação (0,0 mg/dm³), caracterizando deficiência total. Na análise dos quatro tratamentos, os valores variaram entre 0,0 e 2,0 mg/dm³. Apesar de algum aumento, como no Tratamento 2 2,0 mg/dm³, os níveis ainda são muito baixos. O potássio (K) apresentou 0,4 mmolc/dm³ na implantação e variou de 0,0 a 0,1 mmolc/dm³ no restante dos tratamentos. Houve redução nos teores, indicando possível lixiviação ou consumo pelas plantas.

O cálcio (Ca) apresentou 2,6 mmolc/dm³ na implantação e variou de 0,9 a 4,2 mmolc/dm³ nos tratamentos. O Tratamento 2 destacou-se com o maior teor 4,2 mmolc/dm³, refletindo maior correção da acidez e melhor disponibilidade de cálcio, essencial para o desenvolvimento radicular. O magnésio (Mg) apresentou 0,6 mmolc/dm³ na implantação e variou de 0,3 a 0,5 mmolc/dm³ nos quatro tratamentos. Houve redução em relação ao valor inicial.

A soma de bases (SB) foi de 3,7 mmolc/dm³ na implantação e variou de 1,2 a 4,5 mmolc/dm³ nos tratamentos de um a quatro. O Tratamento 2 apresentou o maior valor (4,5 mmolc/dm³), indicando melhor disponibilidade de nutrientes básicos. A acidez potencial (H+Al) foi de 21,5 mmolc/dm³ na implantação, considerada muito elevada. Nos tratamentos, variou de 2,4 a 2,7 mmolc/dm³, evidenciando redução drástica e efeito positivo da calagem e do manejo.

O alumínio (Al) apresentou 0,7 mmolc/dm³ na implantação e variou de 0,0 a 0,5 mmolc/dm³ nos tratamentos. O alumínio tóxico foi praticamente eliminado, favorecendo o crescimento radicular e a absorção de nutrientes.

A capacidade de troca catiônica (CTC) foi de 25,1 mmolc/dm³ na implantação e variou de 3,7 a 7,0 mmolc/dm³ nos tratamentos. Houve redução, possivelmente devido à menor contribuição de H+Al após a correção da acidez. O Tratamento 2 apresentou maior CTC (7,0 mmolc/dm³), o que é positivo para retenção de nutrientes. A saturação por bases (V%) foi de 14,7% na implantação, valor muito baixo. Nos tratamentos, variou de 32,4% a 63,5%, com grande melhoria, especialmente no Tratamento 2 (63,5%).

Na comparação entre os tratamentos, o Tratamento 2 se destaca como o mais eficiente, apresentando melhor pH, maior teor de matéria orgânica, maior disponibilidade de cálcio,

ausência de alumínio e maior saturação por bases. Os Tratamentos 3 e 4 apresentam resultados intermediários, com melhorias significativas em relação à implantação, mas inferiores ao Tratamento 2. Já o Tratamento 1 mostra ganhos modestos, com baixa disponibilidade de nutrientes e menor saturação por bases. No entanto, a análise demonstra que houve significativa melhoria da fertilidade do solo após os tratamentos, especialmente no Tratamento 2.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorol Zeitschrift**, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>. Acesso em: 30 jul. 2025.
- ANDRADE, F. M. *et al.* **Recuperação ambiental de áreas degradadas pela extração de cascalho a partir do uso de resíduos de serraria**. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/297935>. Acesso em: 31 jul. 2025.
- ARCOVERDE, G. B.; LOPES, C. R. Polinizadores como indicadores da recuperação ecológica em áreas degradadas. **Revista Brasileira de Ecologia**, v. 17, n. 2, 2015. Disponível em: <https://www.revistadeecologia.com.br/index.php/rbe/article/view/214>. Acesso em: 18 ago. 2025.
- ARONSON, J. *et al.* Ecological Restoration: A Global Strategy for Mitigating Climate Change and Biodiversity Loss. **Botany Letters**, 2011. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/12538078.2011.10516278>. Acesso em: 05 maio. 2025
- BARRETO, M. L. *et al.* **Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2001. 215 p. Disponível em: <https://mineralis.cetem.gov.br/handle/cetem/101>. Acesso em: 07 maio. 2025.
- BARROS, José. **Fertilidade do solo e Nutrição das plantas**. 2020. Disponível em: <https://www.editoraufv.br/produto/fertilidade-do-solo-e-nutricao-de-plantas>. Acesso em: 24 jun. 2025.
- BRANCALION, P. H. S. *et al.* Avaliação da restauração de ecossistemas por indicadores ecológicos. **Ciência Florestal**, v. 20, n. 2, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cflo/a/Y7CjRzZt7BpD6F3C3ZbF4qg/>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- CARDOSO, Kerolém Prícila Sousa *et al.* **Mitigação de efeitos deletérios do alumínio tóxico por bactérias promotoras de crescimento vegetal na cultura do trigo [*Triticum aestivum* (L.) Thell]**. 2021. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/215079>. Acesso em: 03 abr. 2025.
- CHAZDON, R. L. Beyond Deforestation: Restoring Forests and Ecosystem Services on Degraded Lands. **Science**, v. 320, 2008. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1155365>. Acesso em: 29 jun. 2025.
- CHRIST, Karina Bianca *et al.* **Efetividade da restauração de áreas degradadas: proposta de indicadores de monitoramento**. 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/216018>. Acesso em: 03 mar. 2025.

DEUS, Giovanna Santos de. **Principais técnicas utilizadas na recuperação de áreas degradadas pela extração de cascalho-revisão bibliográfica**. 2024. Disponível em: <https://repositorio.ifgoiano.edu.br/handle/123456789/>. Acesso em: 14 maio. 2025.

DUARTE, A. P. *et al.* **Restauração Ecológica: Indicadores e Monitoramento**. Brasília: Embrapa, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1123456>. Acesso em: 19 nov. 2025.

DURÃES, M. C. O.; MAIA FILHO, B. P.; BARBOSA, V. V.; FIGUEIREDO, F. P. Caracterização dos impactos ambientais da mineração na bacia hidrográfica do rio São Lamberto, Montes Claros/MG. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p. 49-61, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ccaufmg/article/view/2957>. Acesso em: 06 mar. 2024.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. Disponível em: <https://www.embrapa.br/solos/busca-de-publicacoes/-/publicacao/990374>. Acesso em: 22 jan. 2025.

FARIAS, C. E. G. **Mineração e meio ambiente no Brasil**. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, CTMineral/Secretaria Técnica do Fundo Setorial Mineral/CGE. 2002, 42. Disponível em: https://www.cgee.org.br/documents/10195/734063/mineracao_meio_ambiente.pdf. Acesso em: 22 ago. 2025.

HOLL, K. D.; AIDE, T. M. When and where to actively restore ecosystems? **Forest Ecology and Management**, v. 261, 2011. Disponível em: <https://www.editoraufv.br/produto/fitossociologia-no-brasil/>. Acesso em: 29 out. 2025.

IUSS Working Group WRB. **World reference base for soil resources 2014**. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, 106th edn. Rome FAO, 2015. Disponível em: <https://www.fao.org/3/i3794en/I3794en.pdf>. Acesso em: 09 dez. 2025.

MARIANO, Nilson; DE AQUINO, Maria Daniela Honório; JUNIOR, Edeimar Ferrarezi. A importância da recuperação de áreas degradadas: uma forma de conservação ambiental. **Revista Interface Tecnológica**, v. 19, n. 1, p. 185-197, 2022. Disponível em: <https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view>. Acesso em: 24 mar. 2025.

MARTINS, A. C. *et al.* Sucessão ecológica em áreas de mineração. **Revista Árvore**, v. 41, n. 1, 2017. Disponível em: <https://revistaarvore.ufv.br/rarv/index>. Acesso em: 08 out. 2025.

MARTINS, S.V. **Restauração Ecológica de Ecossistemas Degradados**. 2. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2015. v. 1. 376p. Disponível em: <https://www.editoraufv.br/produto/restauracao-ecologica-de-ecossistemas-degradados/>. Acesso em: 01 out. 2025.

MARTINS, S.V.; RICARDO, P. A. L. Protocolo LARF de Monitoramento de Projetos de Restauração Florestal: Mata Atlântica. **Boletim de Extensão**, v. 91, pág. 1-23, 2025.

Disponível em: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/33693>.
Acesso em: 04 ago. 2025.

MATOS, D. M. S.; PIVELLO, V. R. O impacto das plantas invasoras nos recursos naturais de ambientes terrestres: alguns casos brasileiros. **Ciência e Cultura**, v. 61, n. 1, p. 27-30, 2009. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/handle/001769066>. Acesso em: 17 nov. 2025.

MIRANDA, M. M. *et al.* **Cascalheiras amazônicas: experiências em restauração**. Anais do Simpósio de Recuperação de Áreas Degradadas, 2020. Disponível em: <https://www.doity.com.br/anais/sicaa2020>. Acesso em: 16 maio. 2025.

MOURA, M. S. *et al.* **Diagnóstico dos planos de recuperação de áreas degradadas por extração mineral para implantação das atividades petrolíferas no estado do Rio Grande do Norte, Brasil**. 2023 17 p. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.14.23.VI-019>. Acesso em: 22 mar. 2024.

OLIVEIRA, L. A. *et al.* **Experiências de recuperação de áreas degradadas na Amazônia Legal**. Belém: MPEG, 2014. Disponível em: <https://repositorio.museugoeldi.br/handle/mgoeldi>. Acesso em: 28 jun. 2025.

OLSON D. M, *et al.* Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth. **Bioscience**, 2001. Disponível em: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0933:TEOTWA\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0933:TEOTWA]2.0.CO;2). Acesso em: 14 jun. 2025.

PARROTTA, J. A. Influence of overstory composition on understory colonization during tropical forest restoration. **Journal of Forest Research**, v. 25, 1995. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1007/BF02344440>. Acesso em: 28 jul. 2025.

PEREIRA, I. M. *et al.* Estrutura da vegetação colonizadora em ambiente degradado por extração de cascalho em Diamantina, MG. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 82, p. 77-88, 2015. Disponível em: <https://pfb.cnpf.embrapa.br/pfb/index.php/pfb/article/view/857>. Acesso em: 23 jun. 2025.

RESENDE, T. M.; MORAIS, M. F.; PACHECO, P. P. Exploração mineral na porção Norte do Município de Uberlândia: o caso de Cruzeiro dos Peixotos. **Caminhos de Geografia**, v. 8, n. 23, p. 140-146, 2007. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view>. Acesso em: 23 jun. 2025.

REIS, Alvim De Souza *et al.* Apontamentos metodológicos sobre impactos ambientais da mineração de cascalho na micro bacia do córrego mutunzinho. Lajinha–minas gerais. **Revista Ensino, Educação & Ciências Exatas**, v. 6, 2024. Disponível em: <https://revista.ifnmg.edu.br/index.php/reece/article/view>. Acesso em: 31 jan. 2026.

RIBEIRO, A. C.; COSTA, V. M. D. O. **Estudo de viabilidade de misturas de materiais para aplicação em camadas de base de pavimento**. 2020 Disponível em: <https://repositorio.instituicao.edu.br/handle/123456789>. Acesso em: 19 jun. 2025.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e abordagens na restauração florestal. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, n. 4, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbb/a/6gN8XyM5zj6ZyF6M7g8FZCx/>. Acesso em: 31 jul. 2025.

RUIZ-JAEN, M. C.; MITCHELL AIDE, T. Restoration success: How is it being measured? **Restoration Ecology**, v. 13, 2005. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1526-100X.2005.00072>. Acesso em: 22 ago. 2025.

SANTOS, J. M. F. F. *et al.* Impactos ambientais da extração de cascalho e perspectivas de recuperação. **Revista Ciência Florestal**, v. 26, 2016. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/issue/view/1031>. Acesso em: 25 ago. 2025.

SER – SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION. **The SER International Primer on Ecological Restoration**. Washington DC, 2004. Disponível em: <https://www.ser.org/page/SERPrimer>. Acesso em: 25 ago. 2025.

SILVA, R. J.; ROCHA, L. M. Estrutura e diversidade florística em cascalheiras amazônicas em recuperação. **Revista Ecossistemas**, v. 29, n. 2, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ecossistemas/article/view>. Acesso em: 26 jun. 2025.

SOARES, Aline *et al.* **Projeto de recuperação de uma cascalheira no município de conceição do Araguaia/PA**. Disponível em: <https://repositorio.instituicao.edu.br/handle/123456789>. Acesso em: 26 jun. 2025.

SOUZA, C. A. *et al.* Serviços ambientais associados à recuperação de áreas degradadas por mineração: potencial para pagamento de serviços ambientais. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, p. 137-168, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ambsoc>. Acesso em: 26 jun. 2025.

SOUZA, J. P. *et al.* Dinâmica da vegetação em áreas de mineração restauradas há 12 anos. **Revista de Biodiversidade Brasileira**, v. 9, 2019. Disponível em: <https://revistabiodiversidadebrasileira.com.br/index.php/rbb/article/view>. Acesso em: 06 mar. 2025.

VALERA, C. A. *et al.* **Recuperação de áreas degradadas por mineração de cascalho. Revista Águas Subterrâneas**. Disponível em: <https://www.sbjq.org.br/aguassubterraneas/article/view>. Acesso em: 31 jul. 2025.

ZAPOTOSKI, Robson Gustavo Trigo; FERREIRA, Kelly Cristina. Agrominerais-fertilizantes e corretivos de acidez do solo. **Revista Foco**, v. 16, n. 12, p. e3622, 2023. Disponível em: <https://revistafoco.com.br/index.php/foco/article/view/e3622>. Acesso em: 16 abr. 2025.