

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

CARLOS EDUARDO FERREIRA SOUZA

MONITORAMENTO INICIAL E ANÁLISE ECONÔMICA DA
RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE DEPÓSITOS DE REJEITOS DE
MINERAÇÃO, ALEGRE – ES

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2023

CARLOS EDUARDO FERREIRA SOUZA

MONITORAMENTO INICIAL E ANÁLISE ECONÔMICA DA
RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE DEPÓSITOS DE REJEITOS DE
MINERAÇÃO, ALEGRE – ES

Monografia apresentada ao
Departamento de Engenharia
Florestal da Universidade Federal
do Espírito Santo, como requisito
parcial para obtenção do título de
Engenheiro Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO

ESPÍRITO SANTO

2023

CARLOS EDUARDO FERREIRA SOUZA

MONITORAMENTO INICIAL E ANÁLISE ECONÔMICA DA
RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA DE DEPÓSITOS DE REJEITOS DE
MINERAÇÃO, ALEGRE – ES

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Aprovada em 07 de dezembro de 2023

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Sustanis Horn Kunz

Universidade Federal do Espírito Santo

Orientador

Profa. Dra. Cristiane Coelho de Moura

Universidade Federal do Espírito Santo

Dra. Patrícia Borges Dias

Universidade Federal do Espírito Santo

In memoriam de dona Umbelina e dona Jovelina, eternos exemplos de amor, carinho, força e perseverança.

“Found out that we don't live to die
Even though there is no reason why”

Alok; R. Ori; Zeeba.

AGRADECIMENTOS

Ao Criador, pelo dom da Vida e por me dar uma família de amor.

À minha mãe, que também virou minha melhor amiga, por todo apoio e amor incondicional, que ficou ao meu lado nos piores momentos e ainda permanece ao meu lado torcendo mais que eu mesmo pela minha felicidade.

Ao meu pai, que sempre lutou muito junto com minha mãe, por todo apoio e ajuda, mesmo após dias cansativos de trabalho, sempre muito criativo e engenhoso.

Ao meu irmão, por todas as brigas e lulinhas, que de vez em quando volta a ser estudante para me ajudar em algo, por toda a amizade, sempre tentando frear um pouco das doideiras que eu invento.

À minha avó materna (*in memoriam*), por todo amor e zelo, que mesmo precisando voltar para ser a estrelinha mais brilhante do céu, ainda continua a me motivar a trilhar o caminho do bem.

À minha avó paterna (*in memoriam*), por todo o carinho, todas as comidinhas escondidas no guarda-roupa, todos os biscoitos compartilhados, você sempre será um anjinho em nossos corações.

Ao meu melhor amigo, por ser mais forte e nunca me abandonar, mesmo quando os olhos não conseguiam enxergar a luz.

À minha prima “M”, por todos os momentos na infância e por continuar estando perto mesmo de longe, obrigado por sempre estar torcendo pela minha felicidade.

A todos os professores da universidade, especialmente a professora Sustanis, que me acolheu desde a primeira interação naquele e-mail tímido, obrigado por todas as oportunidades e ensinamentos.

Aos membros da banca, Profa. Dra. Cristiane e Dra. Patrícia, também futura Profa., por aceitarem o convite, por sua disponibilidade e tempo e pelas contribuições para a melhoria deste trabalho.

Aos amigos e colegas que compartilharam a vida universitária comigo, por todos os momentos de luta, surto, mas também de alegria, especialmente minha

amiga “S”, que conseguiu se aproximar tão rápido e hoje se tornou uma pessoa que torço demais pelo sucesso, e minha amiga “T”, que nunca me deixou reclamar da vida sozinho.

À minha amiga e eterna parceira de campo Kézia, por todos os momentos de trabalho naquele sol rachando e também por todas as conversas, desabafos, momentos de apoio, quero que você saiba que é uma mulher extremamente forte e vai brilhar muito onde quer que esteja.

À Universidade Federal do Espírito Santo, de forma especial ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, pelo local, estrutura, equipamentos e profissionais, que contribuíram, contribuem e contribuirão para a formação de tantos profissionais em nosso Estado.

À Mineradora Granbrasil Granitos do Brasil S/A, que cedeu a área para implantar o experimento e se prontificou pela construção da cerca em cada um dos blocos.

A todos os parceiros de campo em Santa Angélica, que de bom coração e humor se voluntariaram para acordar cedo e nos acompanhar para um local que parece ter dezenas de sóis, sem vocês não teríamos conseguido.

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo - FAPES, pelo financiamento do projeto intitulado “Restaurando ambientes minerados: ações para recompor a vegetação nativa sobre depósitos de rejeitos na Mata Atlântica” e pela bolsa de Iniciação Científica (Processo n. 2021-CVBFC, Edital Universal 03/2021).

E por fim, agradeço ao Carlos Eduardo, que não desistiu de encontrar um lugar ao sol.

RESUMO

Estudos sobre a restauração de ambientes minerados são fundamentais para nortear Planos de Recuperação de Áreas Degradadas, aumentando as chances de resgatar a integridade ecológica do ecossistema. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é avaliar a técnica de nucleação no desenvolvimento inicial, por meio de grupos de Anderson, como uma estratégia eficiente à restauração de ambientes minerados e estimar os custos para a restauração de um hectare de área degradada. Para isso, foram implantados cinco núcleos de Anderson em quatro depósitos de rejeitos da exploração mineral de granito no município de Alegre, ES. Cada núcleo formado por cinco plantas de espécies arbóreas nativas ou naturalizadas dispostas em forma de cruz, com uma muda de *Cariniana legalis* no centro, totalizando 100 mudas plantadas no experimento. As espécies utilizadas foram: *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze, *Handroanthus pentaphylla* Hemsl., *Inga edulis* Mart., *Jacaranda mimosifolia* D. Don, *Schinus terebinthifolius* Raddi e *Tabebuia roseoalba* (Ridl.) Sandwith. No ato do plantio, após cinco meses e oito meses, foram avaliados o crescimento em altura, cobertura de copa e mortalidade das espécies, para identificar quais apresentaram melhor desempenho nessas condições de solo pedregoso. Para estimar os custos da nucleação para um hectare, foi considerado um espaçamento de um metro entre plantas dentro dos núcleos e dez metros entre núcleos, que resulta em um total de 64 núcleos.ha⁻¹, abrigando 320 plantas. Para a estimativa do plantio em área total, foi levado em consideração um espaçamento de 3 m x 2 m, que resulta em 1.667 plantas.ha⁻¹. A nucleação teve um resultado promissor, sendo que a maioria das espécies escolhidas teve um crescimento e desenvolvimento de acordo com o que era esperado considerando o grupo ecológico e as condições da área, com grande destaque para a espécie *S. terebinthifolius*. A mortalidade média de 14% é considerada aceitável, visto que o plantio foi feito fora do período chuvoso e o solo dos depósitos é pedregoso. A técnica de grupos de Anderson apresentou um menor custo em comparação ao plantio em área total (R\$ 14.459,50 e R\$ 68.451,00, respectivamente, desconsiderando os custos com cercamento). No orçamento de ambas as metodologias, os maiores custos foram do grupo Serviços, especialmente com a mão de obra para abertura de covas e plantio das mudas. É recomendado que

as limpezas e manutenções dos depósitos, como roçadas e coroamento, continuem sendo feitas até as mudas atingirem uma condição de total estabelecimento.

Palavras-chave: Espécies Florestais Nativas; Nucleação; Grupos de Anderson; Recuperação de Áreas Degradadas; Rochas Ornamentais.

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| LISTA DE TABELAS | ix |
| LISTA DE QUADROS | x |
| LISTA DE FIGURAS | xi |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 Objetivos | 3 |
| 1.2.1 Objetivo geral..... | 3 |
| 1.2.2 Objetivos específicos | 3 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO | 4 |
| 2.1 Impactos no ambiente como consequência da mineração | 4 |
| 2.2 Recuperação de ambientes degradados pela mineração | 4 |
| 2.3 Nucleação em grupos de Anderson | 5 |
| 3. METODOLOGIA..... | 6 |
| 3.1 Caracterização da área | 6 |
| 3.2 Implantação do plantio | 7 |
| 3.3 Avaliação do crescimento e desenvolvimento das espécies..... | 11 |
| 3.4 Estimativa dos custos de implantação | 12 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 14 |
| 4.1 Crescimento e desenvolvimento das espécies | 14 |
| 4.2 Estimativa de custos | 17 |
| 5. CONCLUSÕES | 21 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 22 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 – Altura média e incremento médio (IM) de cada espécie referentes às três coletas de dados.. | 15 |
| Tabela 2 – Média de cobertura de copa e incremento médio (IM) de cada espécie referentes às três coletas de dados e mortalidade referente à última coleta | 16 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 – Caracterização de cada espécie quanto ao grupo ecológico (GE), síndrome de dispersão (SD) e forma de vida (FV) | 10 |
| Quadro 2 – Estimativa de custos, em reais, para a recuperação de um hectare de área degradada por meio da nucleação em grupos de Anderson, conforme preços de Alegre, ES | 18 |
| Quadro 3 – Comparação dos custos, em reais, entre as duas metodologias, para a recuperação de um hectare de área degradada pela atividade de mineração..... | 19 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 – Localização do distrito de Santa Angélica, no município de Alegre, Espírito Santo..... | 6 |
| Figura 2 – Localização dos depósitos de rejeitos de mineração (denominados de blocos), no distrito de Santa Angélica | 7 |
| Figura 3 – Presença de bovinos nas proximidades dos depósitos de rejeitos de mineração..... | 8 |
| Figura 4 – Blocos do experimento cercados, evidenciando o domínio da braquiária.. | 9 |
| Figura 5 – Esquema de um núcleo de Anderson. | 11 |
| Figura 6 – Esquema da obtenção dos dois diâmetros horizontais para cálculo da cobertura de copa. | 12 |
| Figura 7 – Mudanças de <i>Inga edulis</i> com sinais de ataque de pragas..... | 15 |

1. INTRODUÇÃO

O Brasil está entre os países com mais reservas minerais no mundo, possuindo uma vasta gama de minerais metálicos e não-metálicos em função de suas dimensões continentais e da diversificada geologia (BARRETO et al., 2001; SILVA; AZEVEDO, 2021). O estado do Espírito Santo possui destaque nacional na extração, produção e beneficiamento de rochas ornamentais, principalmente mármore e granito (DA SILVA, 2021), sendo responsável por 81,8% das exportações nacionais em 2022 e pela geração de aproximadamente 25 mil empregos diretos e 100 mil empregos indiretos (CENTROROCHAS, 2023), evidenciando a importância social do setor na melhoria da qualidade de vida das pessoas (FARIAS, 2002).

Por outro lado, a mineração gera muitos impactos negativos para o meio ambiente, afetando a fauna e flora local, o solo e os recursos hídricos (SILVA; ANDRADE, 2017). Além dos problemas citados, a extração de minérios também gera grandes volumes de rejeitos, formando pilhas de blocos que são considerados fora do padrão de mercado por apresentarem defeitos, como trincas ou fraturas. Tais defeitos podem ser inerentes ao material ou surgirem durante a lavra, na qual ocorre o manejo com explosivos, tombamento dos painéis e manuseio dos blocos (ZAGÔTO, 2016). Ao término das atividades, realocar estes blocos ao local de origem poderia minimizar os impactos ambientais (CAMPOS et al., 2010), entretanto, é muito comum presenciar pilhas de blocos abandonadas, causando impactos ambientais e poluição visual (CAMPOS et al., 2009).

A atividade de mineração possui um grande potencial de degradação, que pode levar o ambiente a um estado no qual não tenha mais capacidade de se recuperar sozinho em um tempo razoável (CORRÊA, 2007), especialmente quando há redução ou perda dos mecanismos de regeneração natural (SCCOTI et al., 2011). Nestes casos mais severos, a intervenção humana visando a restauração dessas áreas é necessária (CAMPOS et al., 2010) e obrigatória, como descrito no Decreto 97.632/89 que exige, além do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório do Impacto Ambiental (RIMA), a apresentação de um Plano de Recuperação de Área Degradada (PRAD) (BRASIL, 1989).

Cabe destacar que, dependendo da intensidade da degradação que a área foi submetida, os danos podem ser praticamente irreversíveis, sendo muito difícil

conseguir reproduzir as características de uma floresta nativa (CHAVES, 2013). Apesar disso, a restauração ecológica busca reestabelecer um ambiente autossustentável, com todas as suas interações ecológicas (SER, 2004). Para isso, os métodos mais usuais são o plantio de mudas em área total e a nucleação, em que espécies de diferentes grupos ecológicos são implantadas na área, a fim de induzir uma formação florestal com características estruturais e funcionais próximas à um ecossistema nativo, sendo importante o uso de espécies nativas com ocorrência na própria região (MACHADO, 2006).

A nucleação é uma forma de restauração em que as condições naturais de sucessão ecológica são simuladas (REIS et al., 2003). Os procedimentos e técnicas são implantados em núcleos que ocupam em média 5% da área total, deixando espaços abertos que serão preenchidos naturalmente com o avanço da restauração (DA FONSECA; SAROBA; THOMÉ, 2016). Uma das técnicas de nucleação é o plantio em grupos de Anderson, feita por meio da implantação de pequenos núcleos na área, que ficam distantes entre si por uma distância determinada, sendo que em cada núcleo são plantadas cinco mudas em formato de cruz (uma muda no centro e quatro na periferia) (BECHARA et al., 2010; BIERAS et al., 2015).

Portanto, em virtude da importância econômica e social do setor de mineração supracitada, especialmente no estado do Espírito Santo, e da obrigação dos reparos ambientais prevista no Decreto 97.632/89, estudos referentes à restauração de ambientes minerados são importantes. Além de gerar conhecimento acerca das melhores técnicas, podem servir como uma base que futuramente irá nortear os Planos de Recuperação de Áreas Degradadas desses ambientes, aumentando as chances da restauração conseguir resgatar a integridade ecológica desses ecossistemas.

1.1 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar o uso da técnica de nucleação no desenvolvimento inicial, por meio de grupos de Anderson, como uma estratégia eficiente de restauração de depósitos de rejeitos de ambientes minerados.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a mortalidade, o crescimento e o desenvolvimento das espécies implantadas em áreas com rejeitos de exploração mineral por meio da nucleação em grupos de Anderson;
- Identificar quais espécies terão melhor desempenho nessas condições para futuramente serem recomendadas em projetos de restauração semelhantes.
- Estimar os custos para a recuperação de um hectare de área degradada em depósitos de rejeitos de rochas ornamentais para a região sul do Espírito Santo, utilizando a técnica de nucleação em grupos de Anderson.
- Estimar, para as mesmas condições edafoclimáticas, os custos para a recuperação de um hectare de área degradada, caso fosse empregada a metodologia de plantio em área total e fazer uma comparação entre as duas técnicas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Impactos no ambiente como consequência da mineração

Embora o uso da terra pela mineração seja temporário, visto que as atividades em uma área específica são interrompidas quando o mineral de interesse se esgota, durante as operações de extração ocorrem muitas alterações nas condições ambientais e modificações na paisagem (ARAÚJO et al., 2005). A supressão da vegetação nativa e a limpeza da área são uma das primeiras ações degradantes, geralmente sendo feitas para abertura de vias de acesso, construção de estradas, perfuração da rocha e construção de barragens (IBRAM, 2012). Com o avanço da extração, a movimentação de grandes volumes de terra reflete na modificação do relevo e da paisagem (VIEIRA; REZENDE, 2015), sendo o transporte geralmente feito por veículos movidos pela queima de combustíveis fósseis, que geram ainda mais impactos negativos, neste caso, poluição do ar (DRUMM et al., 2014).

A qualidade dos corpos d'água é prejudicada pelo assoreamento, resultado da erosão dos solos expostos; pela turbidez, provocada pelos sedimentos finos em suspensão que interfere diretamente na penetração de luz solar no interior do corpo hídrico; pela contaminação com substâncias produzidas ou utilizadas nas atividades, como óleos, graxas e metais pesados que são altamente tóxicos; e pelas alterações no pH da água, que podem causar mortalidade da fauna e flora aquáticas. Além disso, novamente ocorre a depreciação da qualidade do ar pela emissão de particulados que podem ser absorvidos via respiração e afetar o organismo da fauna e do homem (MECHI; SANCHES, 2010; PORTELLA, 2015).

2.2 Recuperação de ambientes degradados pela mineração

Dentre os métodos utilizados para a recuperação de ambientes degradados pela mineração, a restauração ecológica se apresenta como uma excelente opção, sendo baseada no reestabelecimento das funções do ecossistema e de suas principais características, visando alcançar uma condição autossustentável (SER, 2004; MARTINS, 2013). Para atingir estes objetivos, existem várias estratégias que podem ser utilizadas, tais como: condução da regeneração natural, plantio em área total e nucleação (BRASIL, 2012).

Independente da estratégia a ser empregada, a escolha das espécies adequadas para a recuperação de uma área específica é um ponto muito importante. Segundo Martins (2011), é necessário fazer um controle das plantas exóticas invasoras no início do processo para que não atrapalhem o desenvolvimento das mudas nativas. Entretanto, ainda é possível encontrar indicação de espécies exóticas em PRAD, inclusive do gênero *Brachiaria* (Syn. *Urochloa*), que são consideradas extremamente agressivas, causando prejuízos ecológicos (CORRÊA, 2019). Portanto, deve-se priorizar o uso de espécies nativas com ocorrência na própria região (MACHADO, 2006) para realmente atingir os objetivos da restauração ecológica.

2.3 Nucleação em grupos de Anderson

A nucleação em grupos de Anderson consiste no plantio das mudas em grupos de cinco espécies, em arranjo no formato de cruz, geralmente sendo uma espécie clímax no centro e quatro espécies pioneiras ou secundárias iniciais nas periferias. O objetivo desta técnica é o crescimento rápido das plantas pioneiras potencializado pelo arranjo bem adensado das mudas, que promovem um rápido sombreamento da área e propiciam condições para o estabelecimento de outras espécies vegetais que podem estar latentes no banco de sementes do solo ou oriundas da chuva de sementes, podendo chegar na área transportadas pelo vento ou pela fauna em geral, que começará a enxergar o núcleo como um local de abrigo, reprodução e alimentação. Cabe destacar que as espécies utilizadas preferencialmente devem ser nativas pertencentes à flora regional (BIERAS et al., 2015; DA FONSECA; SAROBA; THOMÉ, 2016).

Em comparação ao plantio convencional em área total, a nucleação em grupos de Anderson apresenta algumas vantagens, especialmente sob um viés econômico. Primeiramente, o plantio em núcleos ocupa uma menor parcela da área, variando de acordo com o espaçamento adotado entre os núcleos, sendo em média 5% (DA FONSECA; SAROBA; THOMÉ, 2016) ou de 30 a 40% da área total, representando uma diminuição de custos que pode atingir 70% (BERNARDINI, 2017) em função da menor quantidade de mudas plantadas que por consequência reduz a mão de obra. Além disso, é observada uma menor mortalidade, visto que os núcleos bem adensados favorecem as interações entre as árvores e criam um microclima local, e menor frequência de manutenção, especialmente com capinas e coroamento, que são muito frequentes no plantio convencional (BOVO et al., 2020).

3. METODOLOGIA

3.1 Caracterização da área

A área de estudo está localizada em Santa Angélica (Figura 1), um distrito do município de Alegre (20°41'34"S e 41°27'11"O), pertencente à região sul do estado do Espírito Santo. A formação florestal típica é a Floresta Estacional Semidecidual Submontana, que possui por característica a perda de parte das folhas das árvores durante a estação seca (VELOSO et al., 1991), pertencente ao domínio da Floresta Atlântica.



Figura 1 – Localização do distrito de Santa Angélica, no município de Alegre, Espírito Santo.

Fonte: Wikipédia, a enciclopédia livre.

O clima do município, segundo a classificação de Köppen, é do tipo “Cfa”, caracterizado como subtropical, com verão quente (KOPPEN, 1936). As temperaturas médias anuais são de aproximadamente 23,5 °C (INCAPER, 2020), enquanto que o índice pluviométrico anual médio está na faixa entre 1.000 a 1300 mm (ALVARES et al., 2013). A topografia da região apresenta grandes variações de altitude e poucas áreas planas, sendo considerada muito acidentada (MENDONÇA et al., 2006).

No local são encontrados solos do tipo vermelho-amarelo argilosos e litólicos, que são rasos, muito pedregosos e pouco desenvolvidos em função da geografia rochosa e acidentada (INCAPER, 2020; EMBRAPA, 2021).

3.2 Implantação do plantio

Foi feita a seleção de quatro depósitos de rejeitos (Figura 2) e o diagnóstico ambiental de cada área por meio da avaliação da presença de vegetação nativa ou exótica, proximidade com fragmentos florestais nativos, tamanho do depósito de rejeito e tipo do material constituinte, presença de animais domésticos e formigas cortadeiras.

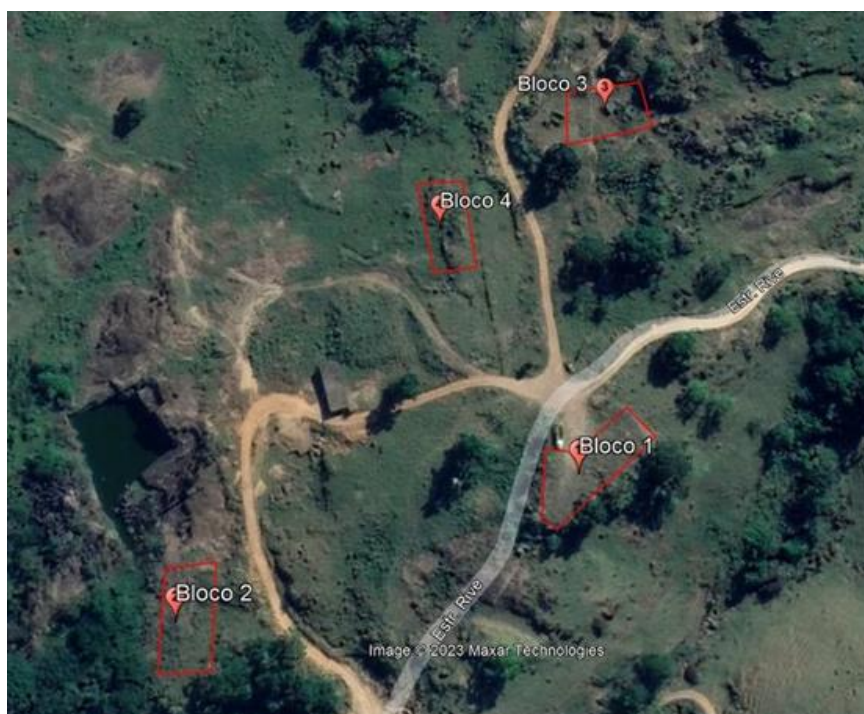


Figura 2 – Localização dos depósitos de rejeitos de mineração (denominados de blocos), no distrito de Santa Angélica.

Fonte: Google Earth.

Foi necessário o cercamento dos depósitos selecionados para evitar a entrada de animais, principalmente bovinos (Figura 3), que poderiam causar algum dano às mudas.



Figura 3 – Presença de bovinos nas proximidades dos depósitos de rejeitos de mineração.

Fonte: O autor.

Apesar de os depósitos estarem cobertos por pastagem (Figura 4), no momento da implantação não foi necessária ação de manejo à braquiária, devido ao pastejo bovino passado. No entanto, sete meses após o plantio, a área foi roçada. Na Figura 4 também é possível notar alguns pontos com solo exposto, além da presença de muitas rochas na paisagem.



Figura 4 – Blocos do experimento cercados, evidenciando o domínio da braquiária.

Fonte: O autor.

Em seguida, para a análise de solo foram coletadas dez amostras simples em cada depósito de rejeito, que formaram uma amostra composta, numa profundidade de 0-20 cm, e foram levadas para o laboratório Fullin para que fosse feita a análise química de fertilidade, determinação de pH, CTC, saturação por bases, além dos teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e acidez total.

As espécies foram selecionadas de acordo com o grupo ecológico, síndrome de dispersão e com a disponibilidade no Viveiro Florestal Universitário, localizado no Horto Florestal do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira – UFES, município de Jerônimo Monteiro, ES. As mudas do experimento foram doadas pela Universidade por meio de um projeto de extensão junto ao Instituto Pacto pelas Águas

Capixabas (IPAC), que faz a doação ou troca de mudas mediante apresentação de projeto PRADA para pequenos produtores. Os produtores recebem as mudas em troca de cestas básicas que depois serão distribuídas para famílias da região que necessitam de suporte.

As espécies se encontram listadas e classificadas quanto ao grupo ecológico (pioneira, secundária inicial e tardia), síndrome de dispersão (anemocoria, autocoria e zoocoria) e forma de vida (arbórea, arbustiva, herbácea) (Quadro 1).

Quadro 1 – Caracterização de cada espécie quanto ao grupo ecológico (GE), síndrome de dispersão (SD) e forma de vida (FV).

| Família | Espécie | Nome vulgar | GE | SD | FV |
|---------------|---|-------------------------|----|-----|------|
| Anacardiaceae | <i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi | Aroeirinha | P | Zoo | Árv. |
| Bignoniaceae | <i>Handroanthus pentaphylla</i> Hemsl. | Ipê-rosa de El Salvador | SI | Ane | Árv. |
| Bignoniaceae | <i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don | Jacarandá-mimoso | SI | Ane | Árv. |
| Bignoniaceae | <i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith. | Ipê-branco | SI | Ane | Árv. |
| Fabaceae | <i>Inga edulis</i> Mart. | Ingá-de-metro | SI | Zoo | Árv. |
| Lecythidaceae | <i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze | Jequitibá-rosa | ST | Ane | Árv. |

Fonte: O autor.

Nota: P = pioneira; SI = secundária inicial; ST = secundária tardia; Zoo. = zoocoria, Ane. = anemocoria; Árv. = árvore. A presença de duas espécies de ipê foi constatada depois que todas as coletas de dados já haviam sido feitas, ou seja, as mudas de *Handroanthus pentaphylla* e *Tabebuia roseoalba* eram medidas como se fossem uma única espécie. Portanto, nos resultados será mostrado uma única média para os ipês.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados (DBC), sendo cinco repetições em cada um dos quatro blocos. O experimento consistiu em cinco núcleos de Anderson em cada depósito de rejeito (repetições). Cada núcleo foi formado por cinco mudas de espécies arbóreas dispostas em forma de cruz, sendo a muda de *Cariniana legalis* no centro (Figura 5), totalizando 25 mudas por depósito, que resultam em 100 mudas plantadas (20 mudas de cada espécie).



Figura 5 – Esquema de um núcleo de Anderson.

Fonte: O autor.

Para a implantação, foram abertas covas nas dimensões de 40 cm x40 cm x40 cm quando possível, a depender da presença ou ausência de pedaços de rocha nas camadas superficiais do solo. Antes do plantio, foram colocados em cada cova 150 g de adubo na formulação 04-28-08 e 80 g de calcário dolomítico (a escolha do fertilizante e corretivo foi baseada nos resultados da análise de solo). Em seguida, as mudas foram centralizadas nas covas, adicionou-se 1 L da solução de hidrogel, feita na proporção de 50 g do produto para dez litros de água, e a própria terra da abertura das covas em quantidade suficiente para cobrir o sistema radicular. Também foi feita uma irrigação pós plantio onde cada muda foi regada com aproximadamente 4 L de água. O controle de formigas cortadeiras foi realizado com rondas periódicas e aplicação de iscas formicidas, seguindo a orientação do fabricante. As roçadas/coroamento/repasso estão sendo feitas a cada dois meses. O plantio das mudas foi realizado em março de 2023 e por já estar próximo do final das chuvas na região, as mudas foram irrigadas a cada 4 dias, com cerca de 2 L de água, por aproximadamente 60 dias.

3.3 Avaliação do crescimento e desenvolvimento das espécies

Para a avaliação do crescimento das espécies, foram feitas três coletas de dados: a primeira ocorreu no momento da implantação (mês 0); a segunda coleta foi feita cinco meses após o plantio (5m); e a última, oito meses após o plantio (8m). Os dados coletados foram referentes à altura dos indivíduos, cobertura de copa e

mortalidade. A altura foi coletada pela medição a partir do nível do solo até o meristema apical com uma fita métrica. Para a obtenção da cobertura de copa, inicialmente foram mensurados, também com uma fita métrica, dois diâmetros horizontais da copa (formato de cruz), de uma extremidade a outra dos maiores ramos sem esticar (Figura 6).

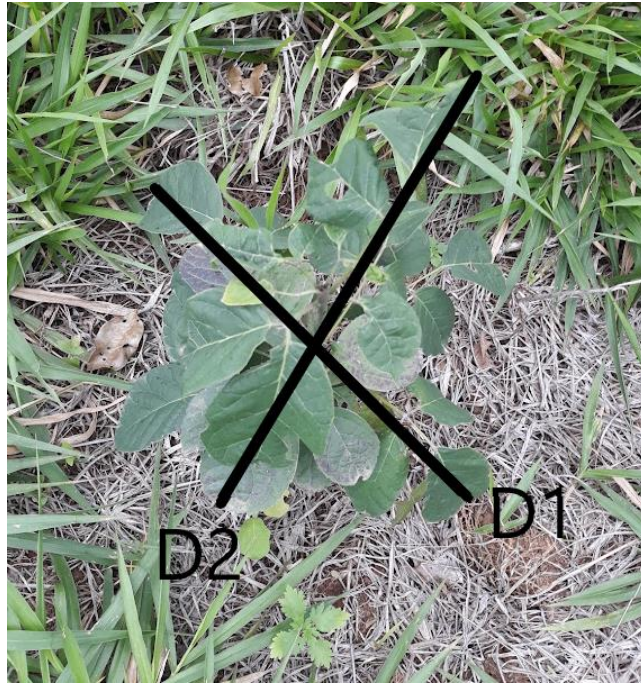


Figura 6 – Esquema da obtenção dos dois diâmetros horizontais para cálculo da cobertura de copa.

Fonte: O autor.

Em seguida, foi calculado o diâmetro médio e aplicado na fórmula da área de um círculo (1). O incremento médio (IM) foi obtido pela diferença entre as alturas medidas na primeira e na última coleta de dados.

$$A = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \quad (1)$$

3.4 Estimativa dos custos de implantação

Para a estimativa dos custos, foi realizado um levantamento dos materiais e serviços utilizados na implantação e manutenção, que foram divididos em quatro grupos: A) Materiais – insumos em geral, como adubos, corretivos, formicidas,

hidrogel; B) Serviços – análises de solo e mão de obra empregada no preparo do solo, abertura de covas, plantio das mudas, transporte das mudas; C) Mudanças – preço de compra das mudas (embora as mudas utilizadas neste experimento tenham sido recebidas do Viveiro Florestal Universitário da Universidade Federal do Espírito Santo, foram consultados viveiros da região para elaboração de um orçamento reflexo das espécies e quantidades de mudas utilizadas); D) Manutenção do plantio – insumos e mão-de-obra utilizados na manutenção, como replantio, adubação de cobertura, limpeza da área (roçada e coroamento). A partir dos valores levantados, foi realizado um estudo descritivo para posterior tabulação de dados e análise em planilhas do Microsoft Excel 2021 versão 2311.

Ademais, para a estimativa de custos para o plantio em área total, foi adotado um espaçamento de 3 m x 2 m, que geram um produto de 1.667 mudas.ha⁻¹. O valor unitário dos materiais, serviços, mudas e manutenção foi considerado como sendo o mesmo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento e desenvolvimento das espécies

As mudas das espécies *Inga edulis* e de ipês, no momento do plantio, tiveram os menores valores médios de altura, enquanto que as mudas das espécies *Cariniana legalis* e *Schinus terebinthifolius* possuíam as maiores médias para estes parâmetros (Tabela 1). Cabe destacar que nesta fase inicial do plantio, elementos qualitativos como vigor e sanidade são mais importantes do que elementos quantitativos, visto que a qualidade da muda influencia diretamente no seu desempenho durante e após o transplantio (BEZERRA, 2003).

Na segunda coleta de dados (5 meses), as mudas de *Cariniana legalis* e *Jacaranda mimosifolia* aparecem com valores menores em relação aos dados da primeira coleta. Esta diminuição pode ter sido causada por uma leve murcha das mudas, que já não recebiam mais irrigação nessa época, ou pelo acúmulo de solo e serapilheira na base das mudas ao longo do tempo.

Após as três coletas de dados, é possível observar que o incremento médio (IM) da altura é o que melhor reflete o desempenho das espécies (Tabela 1). Inicialmente, as mudas de *Cariniana legalis* possuíam uma das maiores alturas, mas apresentaram o menor incremento médio, indicando que as mudas vieram do viveiro com uma altura maior que as demais, mas em campo parece haver uma estagnação no crescimento. Esta estagnação pode ter sido causada por excesso de luminosidade, visto que o jequitibá-rosa é uma espécie que necessita de sombreamento durante o crescimento inicial (RÊGO; POSSAMAI, 2004). Cabe lembrar que o jequitibá-rosa é uma espécie secundária tardia, portanto, o crescimento lento é outra característica da espécie. O maior incremento médio da altura foi encontrado nas mudas de *Schinus terebinthifolius* (47,33 cm), bem superior às demais. O desempenho desta espécie já era esperado, visto que possui caráter pioneiro e é classificada como heliófita, apresentando rápido crescimento (LORENZI, 1992).

Tabela 1 – Altura média e incremento médio (IM) de cada espécie referentes às três coletas de dados.

| Espécie | Altura (cm) | | | |
|---------------------------------|-------------|---------|---------|-------|
| | Plantio | 5 meses | 8 meses | IM |
| <i>Cariniana legalis</i> | 51,23 | 48,05 | 54,42 | 3,19 |
| <i>Jacaranda mimosifolia</i> | 40,56 | 40,15 | 51,39 | 10,83 |
| Ipês | 31,72 | 35,65 | 48,83 | 17,11 |
| <i>Inga edulis</i> | 29,32 | 33,15 | 43,00 | 13,68 |
| <i>Schinus terebinthifolius</i> | 51,36 | 68,72 | 98,69 | 47,33 |

Fonte: O autor.

As mudas de *Inga edulis* apresentaram as menores alturas médias em todas as coletas de dados. O rocambre de mudas foi transportado a campo sete dias antes do plantio e no momento do plantio as mudas de ingá-de-metro apresentavam sinais de ataque de algum inseto-praga (Figura 7). A intensa predação diminuiu a área foliar da planta e consequentemente a capacidade fotossintética, resultando em uma menor produção de biomassa (BOMFIM; OLIVEIRA, 2010).



Figura 7 – Mudanças de *Inga edulis* com sinais de ataque de pragas.

Fonte: Do próprio autor.

Em relação à cobertura de copa (Tabela 2), novamente a espécie *Schinus terebinthifolius* aparece com os maiores valores, em virtude de seu caráter pioneiro. As demais espécies estão com um crescimento mais lento, que já era esperado por não serem espécies pioneiras, tendo menor tolerância ao sol pleno (FERRETTI, 2002). Portanto, é necessário que as pioneiras se desenvolvam primeiro para proporcionar certo grau de sombreamento que resulta em melhores condições de crescimento para as demais.

Acerca da mortalidade das mudas (Tabela 2), a maioria das espécies apresentaram mortalidade dentro do limite aceitável de 20% (IEMA, 2006), com uma mortalidade média de 14%. A determinação deste limite levou em consideração o tipo de solo da área e o plantio após término do período chuvoso, que representariam grandes desafios para as mudas. Este é um resultado promissor, mas cabe destacar que a manutenção do experimento deve continuar sendo realizada até o completo estabelecimento das mudas em campo.

A única espécie com mortalidade acima do aceitável foi o *Inga edulis*, sendo recomendado que um replantio seja feito para confirmar se o desempenho mediano está relacionado com a intensa predação em campo, como suposto previamente, ou se a espécie realmente possui limitações de crescimento em solos de ambientes minerados.

Tabela 2 – Média de cobertura de copa e incremento médio (IM) de cada espécie referentes às três coletas de dados e mortalidade referente à última coleta.

| Espécie | Cobertura de copa (cm ²) | | | IM | Mortalidade (%) |
|---------------------------------|--------------------------------------|---------|---------|-------|-----------------|
| | Plantio | 5 meses | 8 meses | | |
| <i>Cariniana legalis</i> | 210 | 280 | 370 | 160 | 5 |
| <i>Jacaranda mimosifolia</i> | 270 | 630 | 1.190 | 920 | 10 |
| Ipês | 150 | 630 | 1.030 | 880 | 10 |
| <i>Inga edulis</i> | 170 | 390 | 1.700 | 1.530 | 25 |
| <i>Schinus terebinthifolius</i> | 190 | 2.710 | 5.740 | 5.550 | 20 |

Fonte: O autor.

Sobre as espécies utilizadas, a seleção de algumas espécies pioneiras, secundárias iniciais e secundárias tardias foi feita visando uma sucessão ecológica na área em um cenário futuro. Quanto a dispersão, as espécies escolhidas são dispersas pelo vento ou pela fauna. O preenchimento dos espaços abertos entre os

núcleos é favorecido pela dispersão pelo vento, mas também pode ocorrer por meio da interação com a fauna, atraída pelas flores vistosas e chamativas ou pelos frutos.

Além disso, a área atualmente possui presença abundante de braquiária com alguns indivíduos arbóreos isolados, assim, futuramente as árvores do experimento podem servir como fonte de propágulos ou como atração para a fauna que carrega o potencial de trazer sementes de novas espécies para as áreas de depósito. Também é esperado que o sombreamento gerado pelos indivíduos diminua o domínio das gramíneas na área, dando espaço e melhores condições para o estabelecimento de novas plantas, que serão responsáveis pela continuidade da sucessão ecológica e aumento da riqueza de espécies na área.

4.2 Estimativa de custos

Dentre os quatro grupos de divisão de custos, o grupo Serviços apresentou o maior custo, que corresponde a aproximadamente 50% dos custos totais estimados (Quadro 2). A maior contribuição para o aumento dos custos foi a abertura de covas, tomando como referência a abertura de seis covas/dia. Este valor de referência foi obtido com o próprio contratado e pode ser explicado pela grande presença de rochas na camada superficial do solo, que impedem o uso de motocoveador e também dificultam o trabalho com a própria enxada ou cavadeira.

Quadro 2 – Estimativa de custos, em reais, para a recuperação de um hectare de área degradada por meio da nucleação em grupos de Anderson, conforme preços de Alegre, ES.

| A) Materiais | Preço | Referência | Quantidade | Total |
|---------------------------------|--------------|---------------------|-------------------|--------------|
| Fertilizante NPK 04-28-08 50 kg | R\$ 245,00 | 150 g/cova | 1 | R\$ 245,00 |
| Calcário dolomítico 5 kg | R\$ 10,00 | 80 g/cova | 6 | R\$ 60,00 |
| Hidrogel 500 g | R\$ 20,00 | 5 g/cova | 4 | R\$ 80,00 |
| Isca formicida 500 g | R\$ 16,50 | 10 g/m ² | 3 | R\$ 49,50 |
| Soma (A) | | | | R\$ 434,50 |

| B) Serviços | Preço | Referência | Quantidade | Total |
|-----------------------------|--------------|----------------------------|-------------------|--------------|
| Coleta de solo para análise | R\$ 100,00 | - | 1 | R\$ 100,00 |
| Análise de solo | R\$ 50,00 | - | 1 | R\$ 50,00 |
| Abertura de covas (diária) | R\$ 100,00 | 6 covas.dia ⁻¹ | 54 | R\$ 5.400,00 |
| Plantio de mudas (diária) | R\$ 100,00 | 25 mudas.dia ⁻¹ | 13 | R\$ 1.300,00 |
| Frete das mudas | R\$ 200,00 | - | 2 | R\$ 400,00 |
| Soma (B) | | | | R\$ 7.250,00 |

| C) Mudas | Preço | Referência | Quantidade | Total |
|---------------------------------|--------------|-------------------|-------------------|--------------|
| <i>Cariniana legalis</i> | R\$ 35,00 | - | 77 | R\$ 2.695,00 |
| <i>Jacaranda mimosifolia</i> | R\$ 10,00 | - | 77 | R\$ 770,00 |
| Ipês | R\$ 10,00 | - | 77 | R\$ 770,00 |
| <i>Inga edulis</i> | R\$ 10,00 | - | 77 | R\$ 770,00 |
| <i>Schinus terebinthifolius</i> | R\$ 10,00 | - | 77 | R\$ 770,00 |
| Soma (C) | | | | R\$ 5.775,00 |

| D) Manutenção | Preço | Referência | Quantidade | Total |
|----------------------------|--------------|----------------------------|-------------------|----------------------|
| Replantio (diária) | R\$ 100,00 | 25 mudas.dia ⁻¹ | 3 | R\$ 100,00 |
| Roçadas/coroamento/repasso | R\$ 100,00 | 1 ha.dia ⁻¹ | 9 | R\$ 900,00 |
| Soma (D) | | | | R\$ 1.000,00 |
| Soma (ABCD) | | | | R\$ 14.459,50 |

| Situacional | Preço | Referência | Quantidade | Total |
|-----------------------------------|--------------|-------------------|-------------------|---------------|
| Cerca de mourão com arame farpado | R\$ 50,00 | Metro linear | 400 | R\$ 20.000,00 |

Fonte: Produção do próprio autor.

Nota: A quantidade de mudas foi calculada levando em consideração a mortalidade de 20%. A cerca foi colocada como situacional pois depende da presença ou ausência de gado ou algum outro animal herbívoro na área. O custo com materiais e mão de obra já está incluso no preço por metro linear de cerca.

A aquisição de mudas, considerando um replantio com mortalidade de 20%, representou um custo de R\$ 5.775,00, que corresponde a aproximadamente 40% dos custos totais. O plantio de 320 mudas em uma área de um hectare é explicado pelo

espaçamento adotado entre os núcleos, no caso, dez metros, e pela distância entre plantas dentro de um núcleo, que foi um metro. Estes espaçamentos resultam em um total de 64 núcleos, cada um contendo cinco mudas, que gera o produto de 320. Os custos com manutenção ficaram em R\$ 1.000,00, cerca de aproximadamente 6,9% dos custos totais. Na manutenção foram considerados os gastos para o replantio e para as roçadas/coroamento de limpeza, em que também seria feito o repasse do combate às formigas cortadeiras.

O custo total estimado para a recuperação de um hectare de área degradada utilizando a nucleação por grupos de Anderson foi de R\$ 14.459,50, no caso de não ser necessário o cercamento da área. Se na área houver presença de gado ou outro animal herbívoro, a construção da cerca de mourão com arame farpado pode representar um custo adicional estimado de R\$ 20.000,00, que resultaria em um custo total de R\$ 34.459,50. Válido reforçar que os custos com cercamento podem ser muito variáveis, sofrendo influência do rendimento homem/dia, regateios com lojas da região, parcerias, presença de rochas que podem servir como barreira física para o gado, entre outros.

Em relação à estimativa dos custos para o método de plantio em área total, o custo total por hectare para esta técnica foi de R\$ 68.451,00 (Quadro 3). Mais uma vez o grupo Serviços apresentou o maior custo, correspondente a 51,6% do valor total. Nesta técnica, a aquisição de mudas teve de R\$ 30.000,00, que representa 43,8% do total. Uma maior participação do grupo Mudas já era esperado, visto que o espaçamento 3 m x 2 m resulta no plantio de 1.667 mudas.ha⁻¹ e na compra de mais 333 mudas para o replantio.

Quadro 3 – Comparação dos custos, em reais, entre as duas metodologias, para a recuperação de um hectare de área degradada pela atividade de mineração.

| Grupo | Nucleação em grupos de Anderson | Plantio em área total |
|---------------|--|------------------------------|
| A) Materiais | R\$ 434,50 | R\$ 1.901,50 |
| B) Serviços | R\$ 7.250,00 | R\$ 35.350,00 |
| C) Mudas | R\$ 5.775,00 | R\$ 30.000,00 |
| D) Manutenção | R\$ 1.000,00 | R\$ 1.200,00 |
| Soma (ABCD) | R\$ 14.459,50 | R\$ 68.451,00 |

Fonte: Produção do próprio autor.

Nota: Os custos com o cercamento da área não foram incluídos nesta comparação.

Em uma comparação percentual entre as duas técnicas, a escolha da nucleação em grupos de Anderson representaria uma redução de aproximadamente 79% dos custos, quando comparada com o plantio em área total. Bechara et al. (2001) também encontrou menores custos para a metodologia de nucleação, que corresponderam a aproximadamente 34% de redução de custos, entretanto, é preciso reforçar que foi um estudo feito em um local com condições edafoclimáticas diferentes, além de ter sido empregadas várias técnicas de nucleação, não apenas os grupos de Anderson.

Cabe destacar que a escolha do método não precisa ser baseada apenas em questões financeiras. O plantio em área total se mostra mais apropriado em situações onde não há nenhum fragmento florestal próximo, que poderia ser uma fonte de propágulos. Caso haja proximidade com alguma mata, a nucleação pode ser aplicada e irá gerar resultados mais similares a um processo de regeneração natural, visto que grande parte da área permanece como espaços vazios para serem preenchidos ao longo do tempo (CHAZDON; GUARIGUATA, 2016; BECHARA et al., 2021).

5. CONCLUSÕES

A nucleação teve um resultado promissor, sendo que a maioria das espécies escolhidas teve um crescimento e desenvolvimento de acordo com o que era esperado nas condições da área, com grande destaque para a espécie *Schinus terebinthifolius*. A mortalidade é considerada aceitável, visto que o plantio foi feito fora do período chuvoso e o solo dos depósitos é pedregoso.

A técnica de grupos de Anderson apresentou um menor custo em comparação ao plantio em área total. No orçamento de ambas as metodologias, os maiores custos foram do grupo Serviços, especialmente com a mão de obra para abertura de covas e plantio das mudas.

É recomendado que seja feito um replantio para preencher os espaços vazios deixados pelos indivíduos mortos. Também é necessário que as limpezas e manutenções, tais como roçadas e coroamento, continuem sendo feitas nos blocos do experimento até o plantio atingir uma condição de total estabelecimento.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alegre (Espírito Santo). In: WIKIPÉDIA: a enciclopédia livre. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Alegre_%28Esp%C3%ADrito_Santo%29. Acesso em: 10 dez. 2023.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

ARAÚJO, F. S. et al. Florística da vegetação arbustivo-arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de caulim, em Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, v. 29, p. 983-992, 2005.

BARRETO, M. L. et al. Mineração e desenvolvimento sustentável: desafios para o Brasil. 2001. Disponível em: https://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/922/1/mineracao_desenvolvimento_sustentavel.pdf. Acesso em: 10 set. 2023.

BECHARA, F. C. et al. Avaliação preliminar de área de restauração ecológica: usando a teoria da nucleação. 2010. Disponível em: https://casadafloresta.com.br/img/publicacoes/C023_Bechara_et_al_2010.pdf. Acesso em: 10 set. 2023.

BECHARA, F. C. et al. Performance and cost of applied nucleation versus high-diversity plantations for tropical forest restoration. **Forest Ecology and Management**, v. 491, p. 119088, 2021.

BERNARDINI, L. E. **Núcleos monoespecíficos como estratégia de restauração ecológica**: um estudo de caso na Mata da Pedreira, campus da ESALQ-USP. 2017. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2017.

BEZERRA, Fred Carvalho. Produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido. 2003. Disponível em: [doc_72 mudas de hortaliças.p65 \(embrapa.br\)](#). Acesso em: 10 set. 2023.

BIERAS, A. C. et al. O uso de técnicas de nucleação na restauração de áreas degradadas no Polo Centro Norte-APTA, Pindorama-SP e no IMES-Catanduva-SP. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 3, p. 43, 2015.

BOMFIM, E. G; OLIVEIRA, E. P. Padrão de herbivoria foliar em espécies do gênero Piper (Piperaceae) em uma área de preservação ambiental (APA) do Tarumã/Ponta Negra (AM). **XIX Jornada de Iniciação Científica PIBIC INPA-CNPq/FAPEAM**, 2010.

BOVO, J. et al. IMPLANTAÇÃO E MONITORAMENTO DE PROJETO DE RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA POR NUCLEAÇÃO EM ASSENTAMENTOS RURAIS DE ARARAS (SP). 2020.

BRASIL. Decreto nº 97.632 de 10 de abril de 1989. Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências. **Diário [da] República Federativa do Brasil**, 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/d97632.htm. Acesso em: 10 set. 2023.

BRASIL. LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário [da] República Federativa do Brasil**, 2012. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm. Acesso em: 25 nov. 2023.

CAMPOS, M. L. et al. Impactos no solo provocados pela mineração e depósito de rejeitos de carvão mineral. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 9, n. 2, p. 198-205, 2010.

CAMPOS, R.A de. et al. Tratamento e aproveitamento de rejeitos de rochas ornamentais de revestimento, visando mitigação de impactos ambientais. Anais do XXIII Simpósio Geologia do Nordeste; VII Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste. Fortaleza: CETEM/MCT, 2009. 192 p.

Centro Brasileiro dos Exportadores de Rochas Ornamentais – CENTROROCHAS. Setor de rochas brasileiro mantém faturamento superior a 1 bilhão de dólares em exportações em 2022. 2023. Disponível em: <https://centrorochas.org.br/setor-de-rochas-brasileiro-mantem-faturamento-superior-a-1-bilhao-de-dolares-em-exportacoes-em-2022/>. Acesso em: 10 set. 2023.

CHAVES, L. S. S. Impactos Ambientais gerados por mineração no município de Capanema-PA. In: **IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**. 2013.

CHAZDON, R. L.; GUARIGUATA, M. R. Natural regeneration as a tool for large-scale forest restoration in the tropics: prospects and challenges. **Biotropica**, v. 48, n. 6, p. 716-730, 2016.

CORRÊA, P. F. et al. Análise dos planos de recuperação de áreas degradadas pela mineração de argila no Sul de Santa Catarina, Brasil. **Tecnologia e Ambiente**, v. 25, p. 273-288, 2019.

CORRÊA, R. S. **Recuperação de áreas degradadas pela mineração no Cerrado: manual para revegetação**. Editora Universa, 2007.

DA FONSECA, C.; SAROBA, C. C.; THOMÉ, M. P. M. Recomposição florestal através do método de nucleação e poleiros naturais na recomposição de áreas degradadas: um estudo de caso. **Revista Interdisciplinar Pensamento Científico**, v. 2, n. 1, 2016.

- DA SILVA, A. S. A mineração de granito no Espírito Santo. **Mineração e agrohidronegócio: Efeitos no ambiente, trabalho e saúde**, 2021. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/media/incaper/proater/municipios/Alegre.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2023.
- DRUMM, F. C. et al. Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, p. 66-78, 2014.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Bioma Cerrado. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-cerrado/solo/tipos-de-solo/tr/-/nv>. Acesso em: 14 Set 2023.
- FARIAS, C. E. G. Mineração e meio ambiente no Brasil. **Relatório do CGEE/PNUD**, v. 76, p. 2, 2002. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5694145/mod_resource/content/1/10675%20-%20Minera%C3%A7%C3%A3o%20e%20meio%20ambiente%20no%20Brasil%20%281%29.pdf. Acesso em: 10 set. 2023.
- FERRETTI, André Rocha. Modelos de Plantio para a Restauração. **A Restauração da Mata Atlântica em Áreas de sua Primitiva Ocorrência Natural. Embrapa Florestas, Colombo**, p. 35-43, 2002.
- INCAPER – Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Programa de assistência técnica e extensão rural - PROATER 2020 - 2023: Alegre - Planejamento e ações, 2020.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). Mineração & Economia Verde: Encontro da Indústria para a sustentabilidade. Brasília, 2012.
- Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA). **Instrução Normativa nº 17 de 06 de dezembro de 2006**. Institui Termo de Referência com o objetivo de estabelecer critérios técnicos básicos e oferecer orientação para elaboração de Planos de Recuperação de Áreas Degradadas – PRADs, visando a restauração de ecossistemas. 2006.
- KOPPEN, W. Das geographische System de Klimate. **Handbuch der klimatologie**, 1936.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 1992. v.1, 368 p.
- MACHADO, E. L. M. et al. Importância da avifauna em programas de recuperação de áreas degradadas. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 4, n. 7, p. 3-9, 2006.
- MARTINS, A. F. Controle de gramíneas exóticas invasoras em área de restauração ecológica com plantio total, Floresta Estacional Semidecidual, Itu, SP. **Itu-SP**.

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, 2011.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: Ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração.** Viçosa, MG: Aprenda Fácil, 2013. 270p.

MECHI, A.; SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. **Estudos avançados**, v. 24, p. 209-220, 2010.

MENDONÇA, G. S. et al. Proposta para construção de aceiro no Horto Florestal em Alegre-ES. **ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**, v. 10, 2006.

PORTELLA, M.O. Efeitos colaterais da mineração no meio ambiente. **Revista Brasileira de políticas públicas**, v. 5, n. 3, 2015.

RÊGO, G. M.; POSSAMAI, E. Avaliação de teores de clorofila no crescimento de mudas do jequitibá-rosa (*Cariniana legalis*). 2004.

REIS, A. et al. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. *Natureza & Conservação*, Curitiba. v. 1, n. 1, p. 28-36. Abril 2003.

SCCOTI, M. S. V. et al. Mecanismos de regeneração natural em remanescente de Floresta Estacional Decidual. **Ciência Florestal**, v. 21, p. 459-472, 2011.

SER - Society for Ecological Restoration International, Grupo de Trabalho sobre Ciência e Política. **Princípios da SER International sobre a restauração ecológica.** Tucson: Society for Ecological Restoration International. 2004.

SILVA, C. R.; AZEVEDO, R. G. Recursos minerais do Brasil: Diretrizes para o setor mineral. **Terrae Didactica**, v. 17, p. e021020-e021020, 2021.

SILVA, M. L.; ANDRADE, M. C. K. Os impactos ambientais da atividade mineradora. **Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 11, n. 6, 2017.

VELOSO, H. P.; RANGEL-FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal.** Ibge, 1991. Disponível em: <http://jbb.ibict.br/handle/1/397>. Acesso em: 18 ago. 2023.

VIEIRA, E. G.; REZENDE, E. N. Mineração de areia e meio ambiente: é possível harmonizar?. **Revista do Direito Público**, v. 10, n. 3, p. 181-212, 2015.

ZAGÔTO, J. T. Estudo do rejeito da lavra de rochas ornamentais do Espírito Santo para a produção de brita. 2016. 63 f. Dissertação (Programa de Pós Graduação em Tecnologia Mineral) Universidade Federal do Pampa, Caçapava do Sul, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unipampa.edu.br/handle/riiu/1866>. Acesso em: 20 set. 2023.