



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ – UFOPA  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE JURUTI  
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE MINAS**

**SUELEN AMOEDO MOUZINHO**

**ANÁLISE COMPARATIVA DO USO DAS TÉCNICAS DE NUCLEAÇÃO PARA  
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**

**JURUTI-PA  
2023**

**SUELEN AMOEDO MOUZINHO**

**ANÁLISE COMPARATIVA DO USO DAS TÉCNICAS DE NUCLEAÇÃO PARA  
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal do Oeste do Pará – Ufopa,  
como requisito final para obtenção do Título de  
Bacharel em Engenharia de Minas.

Orientador: Prof. MSc. Matheus Diniz Pinto de  
Morais

**JURUTI-PA  
2023**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA**

---

M934a      Mouzinho, Suelen Amoedo  
                Análise comparativa do uso das técnicas de nucleação para recuperação de áreas degradadas / Suelen Amoedo Mouzinho – Juruti, 2023.  
                80 p. : il.  
                Inclui bibliografias.

Orientador: Matheus Diniz Pinto de Moraes  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Campus Universitário de Juruti, Bacharelado em Engenharia de Minas.

1. nucleação. 2. áreas degradadas. 3. recuperação. I. Moraes, Matheus Pinto de, *orient.*  
II. Título.

CDD: 23 ed. 363.7

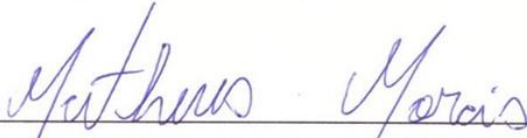
**SUELEN AMOEDO MOUZINHO**

**ANÁLISE COMPARATIVA DO USO DAS TÉCNICAS DE NUCLEAÇÃO PARA  
RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**

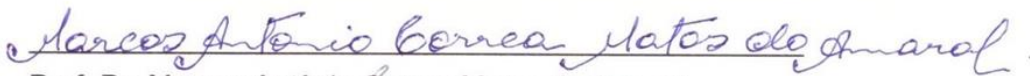
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal do Oeste do Pará – Ufopa,  
como requisito final para obtenção do Título de  
Bacharel em Engenharia de Minas.

Nota: 8,9

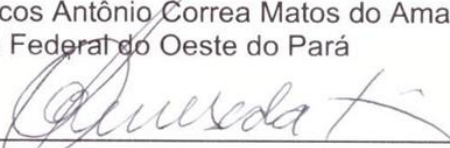
Data de Aprovação: 16 de janeiro de 2023.



Prof. MSc. Matheus Diniz Pinto de Moraes – Orientador  
Universidade Federal do Oeste do Pará



Prof. Dr. Marcos Antônio Correa Matos do Amaral  
Universidade Federal do Oeste do Pará



Prof. MSc. Régis Quesada Casquet  
Universidade Federal do Oeste do Pará

Dedido este trabalho primeiramente à Deus, e em seguida a todos que sempre acreditaram em mim, dando-me forças para ir sempre além. Em especial ao meu Pai João Wagner (In Memoriam), minha Mãe Denize Correa Amoedo, que batalharam sempre juntos para ver seus filhos alcançando os objetivos traçados, e a meu filho Heberth Amoedo Dolzane, que tão pequeno soube pacientemente compreender minha ausência.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, por estar sempre comigo, me dando força, sabedoria, fé e determinação.

Ao meu Amado Pai que tanto sonhou me ver formando, e quase no final teve que partir para a morada eterna. Pai, eu consegui.

A minha amada Mãe que sempre me incentivou cuidando do meu filho, e me dando todo suporte para prosseguir nessa jornada.

Aos meus irmãos Sâmia, Leandro, Wagner Filho, Fábio, e Karoline, que sempre me apoiaram, me dando “carona” para Universidade, alimentação quando tinha que estudar o dia todo, palavras de motivação para ir sempre além, e nunca deixar de acreditar em mim.

Ao meu Filho Heberth Amoedo Dolzane, que ainda com 5 anos quando iniciei o Curso, soube compreender a ausência de sua mãe, que estava em busca do melhor para oferecer-lhe. Hoje com 10 anos sou sua inspiração para continuar estudando, pois por diversas vezes me viu fazendo isso. Te amo minha riqueza.

Aos amigos de turma que Deus me concedeu nestes cinco anos, Cristiana Carla, Raíssa, Luciane, Vanessa e Vinícius, vocês foram muitos importantes nessa caminhada em minha vida, entendendo minhas limitações e me ajudando sempre. Os levarei para a Vida.

Aos que se foram e aos que chegaram, minha sempre gratidão.

A Turma de Engenharia de Minas 2017.2, onde compartilhei muitos momentos, e conheci pessoas que levarei para toda a Vida.

Aos Professores que contribuíram para minha formação, compartilhando seus conhecimentos e experiências.

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Juruti, que me proporcionou colocar em prática os conhecimentos adquiridos durante o curso.

“Se eu soubesse que o mundo terminaria  
amanhã, hoje ainda plantaria uma árvore”.

Martin Luther King

## RESUMO

A recuperação de áreas degradadas pela atividade antrópica demanda a utilização de diferentes técnicas envolvendo conhecimentos multidisciplinares, sendo obrigatória não somente em função da legislação ambiental, mas devido à pressão exercida atualmente pela opinião pública sobre empresas e governos. Todo projeto mineiro, ou de qualquer outra atividade que cause impactos ambientais, antes do processo de implantação, deve apresentar estudos dos impactos causados pela instalação e quais serão as medidas mitigadoras a serem tomadas. Neste contexto, tem-se a recuperação das áreas utilizadas durante a execução do projeto, ou seja, como será reabilitada a área impactada para que seja utilizada para outro fim, ou sendo recuperada próximo como já foi um dia, antes do processo que a modificou. Diversas técnicas são utilizadas com o intuito de recuperar as áreas que passaram por processos antrópicos, seja pelo método tradicional de plantio de mudas, ou pela inserção de núcleos de recuperação, chamados de técnicas nucleadoras ou nucleação. O presente trabalho tem como objetivo fazer uma análise comparativa a partir de experiências com o uso das técnicas de nucleação para recuperar áreas degradadas pela atividade antrópica, a fim de demonstrar a eficiência positiva na utilização da Nucleação nesses processos.

**Palavras-Chave:** nucleação; áreas degradadas; recuperação.

## **ABSTRACT**

The recovery of areas degraded by human activity requires the use of different techniques involving multidisciplinary knowledge, being mandatory not only due to environmental legislation, but due to the pressure currently exerted by public opinion on companies and governments. Every mining project, or any other activity that causes environmental impacts, before the implementation process, must present studies of the impacts caused by the installation and what mitigation measures will be taken. In this context, there is the recovery of the areas used during the execution of the project, that is, how the impacted area will be rehabilitated so that it can be used for another purpose, or being recovered as it once was, before the process that modified it. Several techniques are used with the aim of recovering areas that have undergone anthropic processes, either through the traditional method of planting seedlings, or through the insertion of recovery nuclei, called nucleating techniques or nucleation. The present work aims to make a comparative analysis from experiences with the use of nucleation techniques to recover areas degraded by human activity, in order to demonstrate the positive efficiency in the use of nucleation in these processes.

**Keywords:** nucleation; degraded areas; recovery.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Restauração baseada no modelo sucessional estocástico, com uma diversidade de espaços como oportunidade para a regeneração natural .....	21
Figura 2 – Resíduos florestais, lenha ou qualquer outro material orgânico inserido em núcleos nas áreas degradadas constituem abrigos artificiais para a fauna (lacertílios, anuros, etc.) .....	23
Figura 3 – Coletor de sementes instalado no relicto florestal conservado mais próximo da área degradada .....	26
Figura 4 – (a) Árvores exóticas mortas em pé, em plantações florestais abandonadas. (b) Poleiro do tipo “torre de cipó” – estrutura conforme de varas de eucalipto ou bambu, função de poleiros secos (à esquerda) e depois (à direita) com o crescimento de emaranhado de lianas, formando excelentes abrigos para aves e morcegos.....	27
Figura 5 – Plantio em linhas alternadas de espécies pioneiras e não.....	28
Figura 6 – Visão geral da área de estudo, limite do Parque Ecológico do Córrego da Onça, DF .....	34
Figura 7 – Vista da área de estudo após tratamento com plantio de mudas.....	35
Figura 8 – Croqui do Plantio linear de mudas realizado em 2008 .....	36
Figura 9 - Croqui da disposição dos grupos espaçados (quinguêncios) consorciados com o plantio linear .....	36
Figura 10 – Croqui da disposição dos grupos espaçados (quinguêncios) consorciados com o plantio linear .....	37
Figura 11 – Jatobá-da-Mata .....	38
Figura 12 – Fruto do Jatobá-da-Mata.....	38
Figura 13 – Árvore de Mulungu .....	39
Figura 14 – Fruto do Mulungu .....	40
Figura 15 – Paineira ou Barriguda.....	41
Figura 16 – Paineira-Rosa.....	41

Figura 17 – Flores de Paineira .....	42
Figura 18 – Canudo-de-pito, mamoninha do mato ou leiteira-preta .....	43
Figura 19 – Frutos do Canudo-de-pito, mamoninha do mato ou leiteira-preta .....	44
Figura 20 – Angico-Branco.....	45
Figura 21 – Frutos alongados do Angico-Branco .....	46
Figura 22 – Pau-pombo.....	47
Figura 23 – Frutos do Pau-pombo.....	48
Figura 24 – Ipê-Branco.....	49
Figura 25 – Cedro .....	50
Figura 26 – Croqui com a disposição das galharias na área de estudo (A) e a caracterização do material da galharia instalada na área de estudo (B). .....	52
Figura 27 – Croqui da distribuição aleatória das parcelas com amostras de solo com banco de sementes (bege), distantes a 2 metros das parcelas-testemunhos (branco) .....	53
Figura 28 – Parcela com solo e banco de sementes (A) e com testemunho ao fundo (B) .....	53
Figura 29 – Localização da área do estudo, no município de Guaíba, RS.....	55
Figura 30 – Aspecto da cava de mineração de argila abandonada, anteriormente à implantação das técnicas de restauração, no município de Guaíba, RS .....	55
Figura 31 – Aspecto de um núcleo após o plantio das mudas em novembro de 2014 em área de mineração de argila abandonada, no município de Guaíba, RS .....	56
Figura 32 – a) Áreas com solo exposto onde foram implantadas as galharias. b) configuração das galharias e do material transposto .....	57
Figura 33 – a) treliça de bambu verde onde foi alocada a galharia. b) sistema de levantamento da galharia por meio da treliça para verificação dos registros de fauna abaixo dos núcleos.....	57
Figura 34 – Localização geográfica da cidade de Juruti .....	59
Figura 35 – Figura esquemática da reconformação topográfica .....	61

Figura 36 – Basculamento de material (galharia e top soil) nos módulos de recuperação .....	61
Figura 37 – Desenho esquemático de módulos mistos (Galharia e Top Soil) .....	62
Figura 38 – Módulo de deposição misto.....	62
Figura 39 – Desenho esquemático de módulo simples.....	63
Figura 40 – Desenho esquemático da chuva de semente .....	63
Figura 41 – Desenho esquemático do plantio de mudas .....	64
Figura 42 – Exemplos de mudas plantadas em módulos de <i>top soil</i> .....	64
Figura 43 – Depósito recuperado no ano de 2011 .....	65
Figura 44 – Cobertura vegetal da área de estudo.....	67

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1	Objetivo .....	15
<b>2</b>	<b>REVISÃO BILIOGRÁFICA</b> .....	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD)</b> .....	<b>16</b>
2.1.1	Termo de Referência e Disposições Legais para Elaboração do PRAD .....	16
2.1.2	Processo de Elaboração do PRAD e Prioridade no Plantio de Espécies Nativas.....	18
<b>2.2</b>	<b>Técnicas de recuperação de áreas degradadas</b> .....	<b>20</b>
<b>2.3</b>	<b>Nucleação</b> .....	<b>21</b>
2.3.1	Transposição de Galharia.....	23
2.3.2	Transposição de Solo .....	24
2.3.3	Transposição de Chuva de Sementes.....	26
2.3.4	Poleiros Naturais e Artificiais .....	27
2.3.5	Plantio de Mudas em Grupos de Anderson .....	28
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>O uso das técnicas de nucleação para a recuperação de áreas degradadas</b> .....	<b>31</b>
4.1.1	Restauração de uma área degradada por mineração no Parque Ecológico do Corrego da Onça – DF, utilizando consorciamento de plantio em linha e grupamentos espaçados de Anderson.....	33
4.1.1.1	Características Ecológicas das Espécies Utilizadas .....	37
4.1.2	Utilização das Técnicas de Transposição de Galharia e de Banco de Sementes em uma Área Degradada no Parque Ecológico do Córrego da Onça – DF .....	51
4.1.3	Plantios de Espécies Nativas em Núcleos e Transposição de Galharias, em uma Cava de Mineração de Argila em Guaíba – RS.....	54
4.1.4	Recuperação de áreas degradadas pela mineração através das Técnicas de Nucleação na Mina de Bauxita de Juruti – Pará.....	58
4.1.5	Utilização das Técnicas de Nucleação como uma das Etapas para a Reabilitação da Área Minerada em Corumbataí – SP .....	65
<b>4.2</b>	<b>Os Desafios para o Uso das Técnicas de Nucleação</b> .....	<b>67</b>

<b>4.3</b>	<b>Sugestões para o Uso das Técnicas de Nucleação na Recuperação das Áreas Degradadas.....</b>	<b>68</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>72</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>73</b>

## 1 INTRODUÇÃO

“A exploração dos recursos naturais pode resultar na degradação ambiental e na perda de biodiversidade” (RODRIGUES et al., 2011). O uso sustentável desses recursos deve se basear no conhecimento sobre o funcionamento dos ecossistemas, da biodiversidade e da complexidade das interações ecológicas. “O restabelecimento das condições ambientais semelhantes às originais pode assumir caráter de restauração, reabilitação ou recuperação” (HERRERA et al., 1993; LOTT et al., 2004). Neste sentido, são elaborados os Planos de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD's), que ajudam a identificar e caracterizar a área do empreendimento, identificando também os principais impactos e as medidas e técnicas que devem ser aplicadas para reduzi-los.

Muitas ideias têm sido apresentadas na tentativa de recuperar ou restaurar áreas degradadas, entre elas, a proposta apresentada por Nogueira (1977), que defende o plantio heterogêneo de mudas das espécies nativas de uma região. Já Kageyama (1990) apresenta um método que se inicia com as espécies pioneiras, e consiste em plantio misto, com planejamento pró-sucessão. Na interpretação de Mariot et al. (2007), o processo de restauração deve ser gradual e longo, onde a própria natureza se encarrega de sua continuidade e do incremento da biodiversidade local, tanto vegetal quanto animal, sendo o monitoramento dessas áreas de fundamental importância para a efetivação desse processo.

Nesta perspectiva, “a recuperação de áreas degradadas através da nucleação utiliza-se da capacidade que as espécies têm de melhorar o ambiente, facilitando sua ocupação por outras espécies” (YARRANTON; MORRISOM, 1974). Técnicas de nucleação são muito usadas para a recuperação e restauração de ambientes, “pois possibilitam o aumento da biodiversidade local, obedecendo aos estágios naturais da sucessão ecológica de uma floresta nativa, onde os núcleos criados atraindo biodiversidade das áreas circundantes” (MARIOT et al., 2007). Reis et al. (2003) consideram que a nucleação representa uma das melhores formas de implementar a sucessão dentro de áreas degradadas, restituindo a biodiversidade condizente com as características da paisagem e das condições microclimáticas locais.

“O uso de princípios teóricos da sucessão vegetal na restauração de áreas degradadas possibilita a proposição de técnicas de baixo custo fundamentadas nos

mecanismos naturais, induzindo a regeneração local” (BECHARA, 2007; TRES et al., 2007; BENTO, 2010). Neste sentido, o presente estudo abordará uma análise comparativa de experiências com o uso das técnicas de Nucleação para Recuperação de Áreas Degradadas por atividades antrópicas, que possuem o objetivo de minimizar o impacto visual, e devolver um ambiente o mais próximo do que era antes da intervenção humana.

### **1.1 Objetivo**

O presente estudo teve como objetivo a realização de um levantamento bibliográfico, sobre as Técnicas de Nucleação para Recuperação de Áreas Degradadas, e posterior análise comparativa de experiências em processos que fizeram uso das técnicas de nucleação para restauração de seus ambientes degradados. A partir deste comparativo, demonstrar a eficiência da utilização das Técnicas Nucleadoras.

As técnicas abordadas neste estudo consideram que o melhor jeito de restaurar é imitando a natureza. Para poder imitar a natureza com todas as suas interações e funções, é necessário antes conhecer seus processos. Este estudo justifica-se no sentido de apresentar uma base de conceitos que ajudam a entender como se dão as técnicas de nucleação, que visam recuperar a área o mais próximo possível de como era antes da intervenção antrópica.

## 2 REVISÃO BILIOGRÁFICA

### 2.1 Projeto de Recuperação de Áreas Degradadas (PRAD)

#### 2.1.1 Termo de Referência e Disposições Legais para Elaboração do PRAD

Os Termos de Referência têm por objetivo estabelecer as diretrizes, conteúdo mínimo e abrangência do estudo ambiental exigido e é o instrumento orientador para seu desenvolvimento, expedido para a modalidade de Licença Prévia, quando do requerimento da licença. “Os Termos de Referência constituem passo fundamental para que o EIA alcance o fim desejado e a qualidade esperada” (MMA 2002 p. 42).

No Art. 5º da INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº. 4, DE 13 DE ABRIL DE 2011 conta que O PRAD, deve ser elaborado de acordo com o Termo de Referência, no qual deverá ser protocolizado no Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (Ibama) em 02 (duas) vias. Depois de aprovado o PRAD ou o PRAD Simplificado pelo Ibama, o interessado terá um prazo máximo de 90 (noventa) dias para dar início às atividades previstas no cronograma de execução constante dos Termos de Referência do PRAD, observadas as condições sazonais de cada região.

A atividade antrópica vem causando diversos problemas como a degradação dos ecossistemas, pensando-se nisso, “a recuperação de áreas degradadas se torna cada vez mais necessária, objetivando a diminuição dos efeitos negativos que acarretam na destruição dos ambientes naturais” (SOARES, 2009).

O termo recuperação é facilmente confundido com o termo restauração, porém estes têm significados diferentes.

A recuperação de áreas degradadas, adotado quando a meta é basicamente recuperar a função da vegetação, como, por exemplo, o controle da erosão do solo, sem preocupação com a composição florística. A restauração visa ao estabelecimento dos processos naturais, responsáveis por retornar à vegetação ao mais próximo possível da sua condição anterior à degradação (MORAES et al., 2013, p. 13).

O termo recuperação vem sendo relacionado diretamente com as áreas degradadas, referindo-se à aplicação de técnicas para recuperação, agronômicas e de engenharia, visando à recomposição topográfica e à Revegetação de áreas em que o relevo foi descaracterizado pela mineração, pela abertura de estradas, etc. (TATSCH, 2011).

Segundo Gripp & Nonato (1993, p. 7), “a recuperação constitui o processo de reverter as terras degradadas pela mineração em terras produtivas e autossustentáveis”.

A recuperação de determinada área degradada por um determinado empreendimento, neste caso a mineração, pode ser definida como o conjunto de ações necessárias para que a área volte a estar apta para algum uso produtivo em condições de equilíbrio ambiental (FOSCHINI et al, 2002 p. 5).

“Devido à atividade de mineração causar diversos impactos negativos, é necessário que a atividade de recuperação seja realizada ao mesmo tempo em que se faz a exploração dos recursos minerais” (FOSCHINI et al, 2002, p. 5).

“A recuperação tem como objetivos recuperar suas características físicas, químicas e biológicas que fazem parte da sua estrutura, e também, recuperar sua função produtiva” (GUIMARÃES, 2009).

Recuperar uma área indevidamente impactada requer conhecimento de questões relevantes, como as condições ambientais da área afetada. “É necessário, no mínimo, o levantamento fitossociológico das espécies florestais” (GUIMARÃES, 2009, p. 2).

“O plano de recuperação constitui o conjunto de técnicas e procedimentos aplicáveis à contenção da degradação nas áreas afetadas, e também sua preparação para outras finalidades após o término das atividades” (LONGO, 2014, p. 14). Segundo Sánchez et al. (2001, p. 223) o PRAD é um elemento indispensável da estratégia de fechamento de toda a mina, qualquer que seja o uso futuro pretendido, já que as ações de recuperação de áreas degradadas contribuem para assegurar a estabilidade física perdidos com a implantação da mina.

A Constituição Federal, em seu Artigo 225, §2, determina a recuperação das áreas degradadas pela extração mineral, por tanto “aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei” (BRASIL, Constituição Federal, de 05 de outubro de 1988, 1988) e o Decreto-lei nº 97.632 “exige de todos os empreendimentos de extração mineral no país a apresentação de um PRAD” (BRASIL, Decreto-lei nº 97.632, de 10 de abril de 1989, 1989).

Para elaboração de projetos para recuperação de áreas degradadas é frequentemente utilizado a instrução normativa do Ibama nº 4 de 2011, que determina

as mínimas exigências para a elaboração do PRAD. Os principais aspectos incluídos a tal instrução normativa são:

No artigo 1º consta as principais informações que serão reunidas para o PRAD, no qual este “deverá reunir informações, diagnósticos, levantamentos e estudos que permitam a avaliação da degradação ou alteração e a consequente definição de medidas adequadas à recuperação da área”. Já em seu art. 2º o PRAD deverá conter as informações dos métodos e técnicas a serem aplicados, propor medidas que assegurem a proteção das áreas degradadas, além disso proteger e conservar o solo e os recursos hídricos, elaborar planilha com o estabelecimento teórico que contemple as variáveis ambientais e seu funcionamento similar ao dos ecossistemas da região.

#### 2.1.2 Processo de Elaboração do PRAD e Prioridade no Plantio de Espécies Nativas

“Para elaboração do PRAD, vários processos são avaliados e executados, pois à necessidade de se fazer um levantamento do nível de impacto do local e de suas necessidades reais, para melhor adequação do modelo a se empregar” (AMORIM et al., 2014, p. 2).

Segundo o Roteiro de Apresentação para PRAD (MMA, 2013, p. 11) deve-se descrever a metodologia de monitoramento e avaliação a ser adotada, contemplando os seguintes itens:

- Delineamento amostral padronizado;
- Indicadores de monitoramento e avaliação;
- Parâmetros e intervalos de diagnóstico dos indicadores; e
- Periodicidade da coleta de dados e da apresentação dos relatórios.

Recomenda-se para recuperação de áreas degradadas “a implantação de espécies nativas advindas da região onde serão plantadas, pois estas ajudarão a tornar o ambiente o mais próximo possível da sua condição original, além de apresentar facilidade de adaptação das espécies ao ambiente” (SANTOS, 2012, p. 11).

Segundo Lorenzi (2000) as comunidades vegetais vêm sofrendo grandes alterações de natureza antrópica, que em alguns casos tornam-se irreversíveis. Por

esse motivo, fez-se necessário a retirada total dessa espécie, como também de todas as outras espécies exóticas, dando lugar as espécies nativas do local.

A Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (Conama) nº 369 (2006), afirma que a erradicação de plantas invasoras e a proteção de plantios de espécies nativas são atividades imprescindíveis para a proteção da integridade da vegetação nativa.

Segundo a instrução normativa nº 04 de 2011 do Ibama, recomenda-se a utilização de espécies nativas nos procedimentos de recuperação de uma área, no qual prioriza a implantação de espécies comuns encontradas na região onde se pretende aplicar o projeto, esta recomendação ressalta a importância possuída pelas espécies nativas na efetividade do PRAD e também a importância ecológica e econômica que estas espécies representam, pois são mais adaptadas às condições ambientais locais, assim, sendo eficazes no processo de recuperação.

Com base nesta visão, chegou-se a uma nova metodologia de distinção ecológicas espécies, que resultou na classificação do que chamamos hoje de grupos ecológicos funcionais (BUDOWSKI, 1965; WHITMORE, 1976). Esta metodologia é uma forma de separar as espécies reforçando principalmente, a ideia de funcionalidade que cada espécie representa na comunidade em um modelo de facilitação, em virtude do seu comportamento e desenvolvimento em relação ao processo sucessional, isto é, em relação ao estágio sucessional em que elas ocorrem.

Delamonica (1997) complementa enfocando a importância de perturbações frequentes, assumindo que as mudanças contínuas na vegetação são normas e não exceções, ou seja, não existe uma convergência para um estado de clímax único. Com isso é possível afirmar que, o objetivo principal dos projetos de restauração ecológica na atualidade é procurar promover o retorno das funções de um ecossistema a um estado ou condição pela qual ocorra a autossustentabilidade do mesmo (PARKER; PICKETT, 1997), e não na busca de um único estado clímax.

Nessa nova visão, a ideia de incorporação dos processos físicos, químicos e biológicos associados ao conceito do fluxo de energia dentro das comunidades forneceu uma nova abordagem em relação ao conhecimento que envolve o processo de sucessão. O resultado dessa nova visão foi o de avaliar melhor o comportamento e as necessidades das espécies vegetais quanto às suas exigências abióticas, como

intensidade luminosa e disponibilidade de nutrientes e quanto às suas características de crescimento e desenvolvimento (BUDOWSKI, 1965; WHITMORE, 1976).

Ao longo das últimas décadas, a restauração de áreas degradadas tem evoluído, desde iniciativas isoladas até a sua consolidação como uma linha de pesquisa científica (JAKOVAC, 2007). Tendo em vista as necessidades prementes em relação aos programas de restauração (PRAD's), a incorporação de conceitos ecológicos para o desenvolvimento de novas técnicas vem sendo cada vez mais adotada ao longo dos últimos anos.

## **2.2 Técnicas de recuperação de áreas degradadas**

Visando a recuperação de áreas degradadas pela mineração, assim como por outras atividades, existem algumas técnicas que podem ser empregadas para essa finalidade. Grande destaque é dado às técnicas vegetativas. Entre essas técnicas, podemos citar o plantio de mudas, ilhas de diversidade (nucleação), condução da regeneração natural, semeadura direta e o resgate de plântulas.

Além dessas, existem algumas técnicas de engenharia, como a construção de terraços e paliçadas. As técnicas de engenharia objetivam, em primeira análise, a contenção do solo e a redução dos processos de erosão hídrica. Normalmente, a depender das condições do local (principalmente em relação ao relevo e clima), projetos de PRAD utilizam ambas as técnicas (vegetativas e de engenharia).

Todas as informações técnicas e atos normativos disponíveis referentes às especificidades e particularidades de cada região deverão ser levadas em consideração, especialmente no processo de plantio de mudas, no qual ajudarão a definir o número de indivíduos de espécies nativas que serão usadas por hectare, essas informações serão necessárias para o desenvolvimento científico e compatibilização das espécies utilizadas com a fitofisionomia local (IBAMA, 2011).

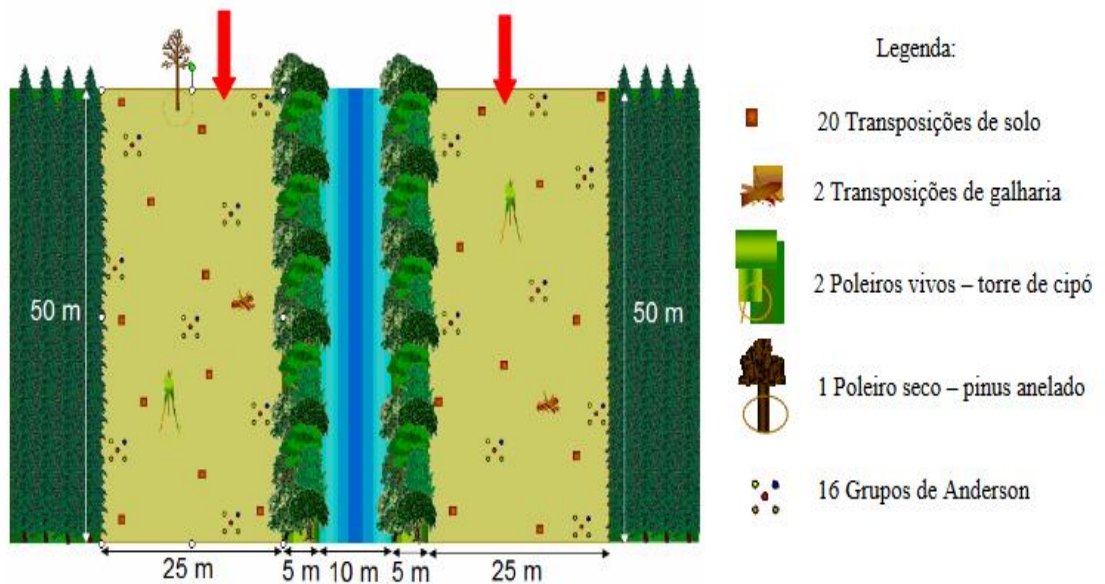
É importante ter prioridade na utilização de métodos e produtos que causem menor impacto possível, para que se tenha um controle das espécies invasoras, pragas e doenças. A aplicação de inseticidas e fertilizantes químicos pode prejudicar o plano de recuperação, pois determinados produtos podem atrapalhar nos processos de polinização e a dispersão de sementes (IBAMA, 2011).

### 2.3 Nucleação

A nucleação é um princípio sucessional na colonização de áreas em formação e representa uma técnica básica para as atividades antrópicas que se proponham contribuir para o restabelecimento de comunidades. “É entendida como a capacidade de uma espécie em propiciar uma significativa melhoria nas qualidades ambientais, permitindo um aumento na probabilidade de ocupação deste ambiente por outras espécies” (Yarranton & Morrison, 1974).

São tratadas como técnicas de nucleação: “transposição de solo, transposição de galharia, semeadura direta e hidrossemeadura, poleiros artificiais e naturais, plantio de mudas em ilhas de alta diversidade e coleta de sementes com manutenção da variabilidade genética” (REIS et al., 2003, p. 28) (Figura 1).

**Figura 1** - Restauração baseada no modelo sucessional estocástico, com uma diversidade de espaços como oportunidade para a regeneração natural



Fonte: Bechara (2006).

No processo de sucessão, as espécies componentes de uma comunidade, após a sua implantação e posterior morte, modificam-na, permitindo que outros organismos mais exigentes possam colonizá-la. Há registros, no entanto, de espécies que são capazes de modificar os ambientes de forma mais acentuada. Essas espécies são tratadas de forma distinta na literatura.

A nucleação é definida como um mecanismo que cria pequenos habitats (núcleos) dentro da área degradada, no qual atraí espécies distintas promovendo uma heterogeneidade ambiental, proporcionando ambientes diversificados no espaço e no tempo (KAWATO e EGOSHI, 2011, p.48):

A ideia da nucleação por meio da implantação dos núcleos é disparar gatilhos ecológicos no processo de regeneração natural. Os núcleos são elementos capazes de formar novas populações, novos nichos de regeneração e gerar conectividade na paisagem (KAWATO e EGOSHI, 2011, p.49).

Para Martins (2007, p. 255), “quando se dispõe de pouco recurso financeiro para sua restauração, pode-se optar pela recuperação, através da nucleação”. O custo não deve ser levado como fator decisivo para escolha da técnica e sim o equilíbrio entre o custo e as características da área, para melhor determinação de qual metodologia deverá ser aplicada na área degradada (KAWATO e EGOSHI, 2011, p. 49).

Os núcleos têm o papel fundamental, pois facilita o surgimento de novas espécies dos fragmentos vizinhos, do banco de sementes local e além de influenciar novos núcleos que são formados ao longo do tempo. Com isso, é possível que seja criado condições para que o ambiente consiga regenerar-se naturalmente, com “a chegada de espécies vegetais, animais e microrganismos e a formação de uma rede de interações entre eles” (TATSCH, 2011, p. 19). A nucleação é considerada “um conjunto de técnicas que propõe uma mínima interferência local” (MORAES et al., 2013, p. 18).

ODUM (1986) afirma que a estabilidade de uma área se relaciona mais intimamente com a diversidade funcional do que com a estrutural (de biomassa existente). A partir dessa afirmação, pode-se deduzir a importância das técnicas de nucleadoras, pois elas são capazes de refazer, dentro das comunidades, distintos nichos ecológicos diferenciados, associados aos organismos que as compõem.

A técnica de nucleação tem se mostrado essencial para a promoção das atividades de restauração, facilitando a colonização de novos habitats através do aumento do ritmo sucessional na área degradada (TRES, 2006). “As principais dúvidas sobre a eficácia dessas técnicas residem na dificuldade em aplicação em larga escala e na possibilidade significativa de o agente degradativo inibir esses pequenos núcleos” (MORAES et al, 2013, p. 18).

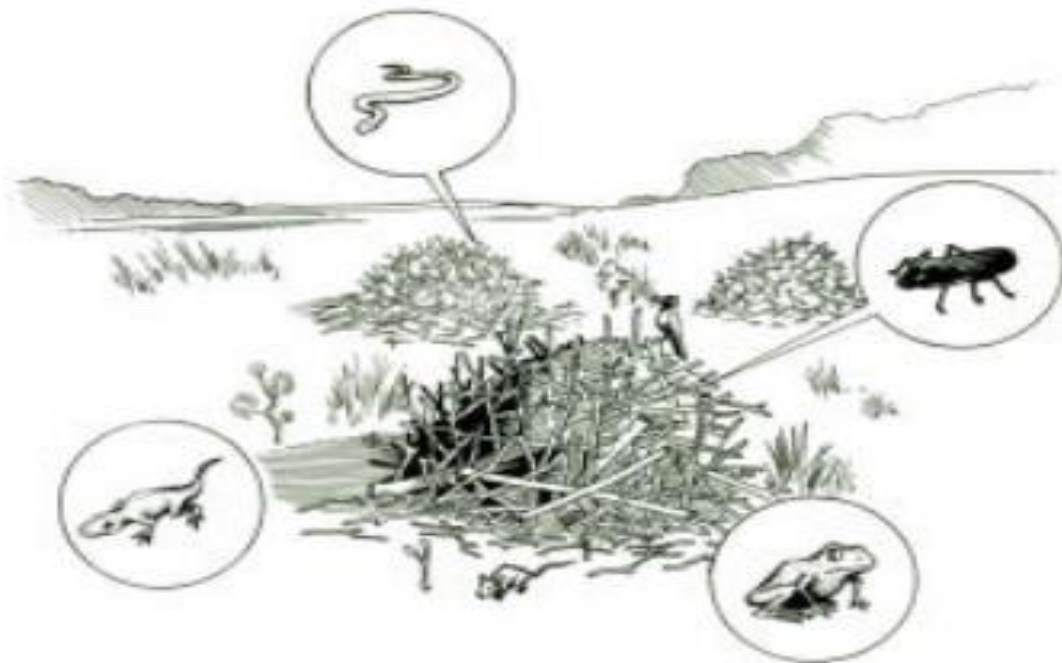
São diversas as técnicas para a restauração através da nucleação, a seguir serão apresentadas algumas delas.

### 2.3.1 Transposição de Galharia

Após a colheita da madeira das plantações, o resíduo florestal (galhos, tocos, etc.) pode ser enleirado, compondo a técnica nucleadora inicial.

Esta ação atende, principalmente, “à formação de abrigos artificiais para a fauna, mas também promove a atuação de decompositores e possui grande potencial de recuperação de solos após a formação de húmus” (Reis et al., 2003). “A galhada, quando enleirada facilita a ativação da cadeia alimentar na área degradada, além de criar um ambiente úmido e sombreado que proporciona o desenvolvimento de plantas adaptadas a esse tipo de ambiente” (KAWATO e EGOSHI, 2011, p. 50) (Figura 2).

**Figura 2** - Resíduos florestais, lenha ou qualquer outro material orgânico inserido em núcleos nas áreas degradadas constituem abrigos artificiais para a fauna (lacertílios, anuros, etc.)



Fonte: Bechara (2006).

Em áreas destinadas a mineração ou ao represamento de hidrelétricas, onde grandes áreas do solo são removidas (áreas de empréstimo e bota fora), a principal causa de degradação ambiental está na total ausência de nutrientes no solo. Qualquer

fonte de matéria orgânica disponível na região deve ser utilizada, principalmente aquelas com nutrientes imobilizados (REIS et al, 2003).

As pilhas de galhos criam um micro-habitat sombreado e úmido, não somente o desenvolvimento de plântulas como também de insetos, aves que, atraídas pelos insetos, muitas vezes trazem uma chuva de sementes; alguns galhos rebrotam; e servem de abrigo para uma fauna de pequenos vertebrados (COSTA et al., 2011).

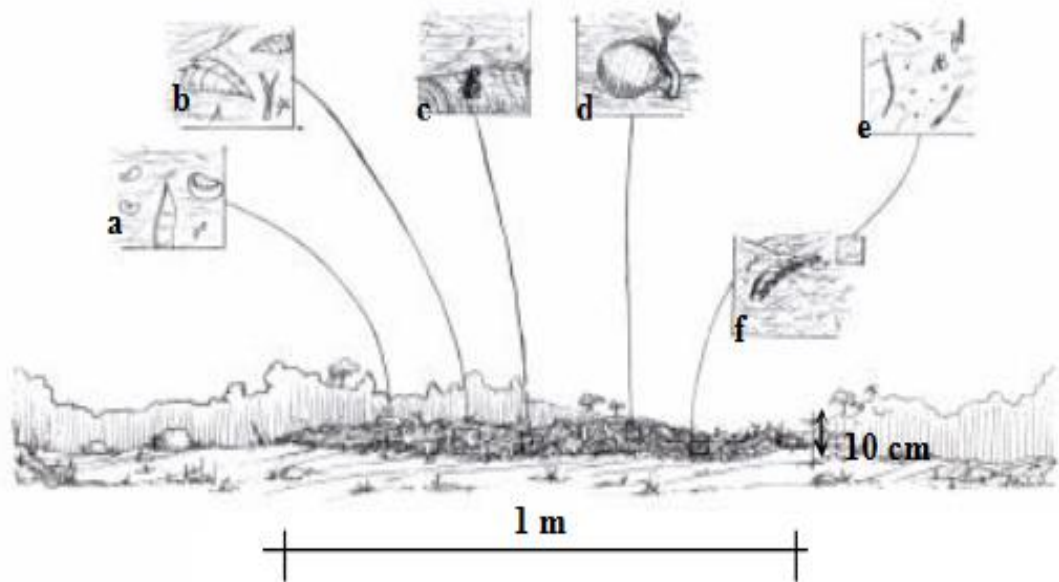
Uma função importante desta técnica é à disposição de matéria orgânica gerada pela decomposição da galharia que ajuda a enriquecer o solo criando condições adequadas à germinação e crescimento de sementes de espécies mais adaptadas aos ambientes sombreados e úmidos (KAWATO e EGOSHI, 2011).

### 2.3.2 Transposição de Solo

O solo pode ser entendido como um complexo de seres vivos, materiais minerais e orgânicos de cujas interações resultam suas propriedades específicas (estrutura, fertilidade, matéria orgânica, capacidade de troca iônica, etc.). Os organismos do solo não são apenas seus habitantes, mas também seus componentes. Durante processos degradativos, o solo sofre profundas modificações quanto às suas composições química, biológica e estrutural. A perda da matéria orgânica é a principal consequência da degradação, retardando o processo sucessional de restauração.

A transposição de solo, “visando à restauração do solo com toda a sua micro, meso e macro fauna/flora (sementes, propágulos, microorganismos, fungos, bactérias, minhocas, algas, etc.), é uma forma direta de formar núcleos em áreas degradadas” (Vieira, 2004) (Figura 3). “Baseia-se em transportar um pouco de solo de um fragmento próximo e preservado e colocá-lo na área degradada” (KAWATO e EGOSHI, 2011, p.51).

**Figura 3** - Transposição de solo superficial do relicto de vegetação conservado mais próximo para a área degradada, em núcleos de 1m<sup>2</sup>. (a) Sementes (b) pequenos galhos e folhas (c) Mesofauna (d) Propágulos pré-germinados (e) Microfauna (f) Macrofauna



Fonte: Bechara (2006).

Com o uso desta técnica “são resgatados, além do banco de sementes, a biota de solo e a serapilheira dos fragmentos de vegetação regionais para a área em restauração, precipitando o desenvolvimento de diversas formas de vida vegetal e animal no local” (Vieira, 2004; Bechara, 2006; Tres, 2006). As sementes que, após a transposição, continuarem enterradas e não germinarem comporão o novo banco de sementes na área degradada.

A porção de solo na qual é introduzida, contém “um banco de sementes, microorganismos, fungos, bactérias, minhocas, algas entre outros, que auxilia no desenvolvimento de inúmeras formas de vida vegetal e animal no local” (REIS et al., 2003, p. 30).

A transposição de solo possibilita a reestruturação e fertilização do solo pela presença microbiológica no banco de solo, responsável pela ciclagem de nutrientes, além da composição de sementes, que, ao germinarem, proporcionam a revegetação da área degradada (MARCUIZZO et al., 2013, p. 40).

Essa técnica introduz na área afetada pedaços de raízes com capacidade de rebrota, além de servir de matéria orgânica ao solo (MARTINS, 2009). No caso de empreendimentos que envolvem a degradação de grandes áreas, a transposição da

camada fértil do solo merece ser planejada no sentido de haver transposição concomitante ao processo de remoção e degradação.

### 2.3.3 Transposição de Chuva de Sementes

Segundo Martins (2009, p. 4) o termo chuva de sementes refere-se à quantidade de sementes que chega em um determinado local através da dispersão, no qual representa a principal forma de entrada de sementes no banco do solo (Figura 3). “Assim, para a transposição, é necessário coletar as sementes, antes que essas atinjam o chão da floresta, o que é feito através de coletores” (MARTINS, 2009, p. 137). “Tem como principal função servir como porta de entrada de propágulos à área degradada” (BARROS e RIZZO, 2012, p. 4).

**Figura 3** - Coletor de sementes instalado no relicto florestal conservado mais próximo da área degradada



Fonte: Bechara (2006).

Segundo Soares (2009, p. 7) “A chegada de sementes em um local através da dispersão é denominada chuva de sementes”. Essas sementes são espalhadas no intuito de serem coletadas para produção de mudas, “com o objetivo de recuperar uma área degradada ou para serem semeadas diretamente na área a ser recuperada” (SOARES, 2009, p. 7).

A chuva de sementes potencializa a sucessão local através do aporte de novas espécies advindas de áreas vizinhas (alóctone) e de novo material genético das

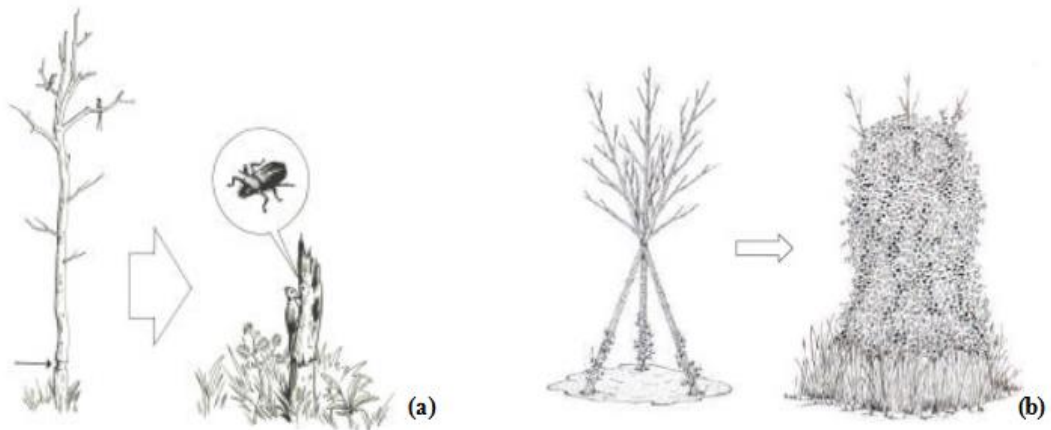
espécies locais (autóctone). Esse fluxo de sementes “tem capacidade de manter o dinamismo do banco de sementes e do banco de plântulas, dando continuidade ao processo sucessional” (Tres, 2006).

A chuva de sementes “é um dos principais indicadores do estágio de recuperação de áreas degradadas e da regeneração das florestas tropicais [ ]” (GUEVARA e GÓMEZ, 1972) “[...] apresentando grande potencial em indicar o isolamento de populações e de espécies em áreas degradadas” (GUEVARA e LABORDE, 1993).

#### 2.3.4 Poleiros Naturais e Artificiais

O uso de poleiros naturais ou artificiais, “tem como objetivo à atração de aves dispersoras de sementes de várias espécies e a formação de núcleos de regeneração a partir das sementes regurgitadas ou defecadas, recolonizando estes locais” (LAGO e MIKICH, 2011, p. 1) (Figura 4). Assim se forma um novo banco de sementes “que oferecem condições atrativas para os animais em áreas que sofreram degradação acelerando o processo de sucessão ecológica” (KAWATO e EGOSHI, 2011, p. 49).

**Figura 4** - (a) Árvores exóticas mortas em pé, em plantações florestais abandonadas. (b) Poleiro do tipo “torre de cipó” – estrutura conforme de varas de eucalipto ou bambu, função de poleiros secos (à esquerda) e depois (à direita) com o crescimento de emaranhado de lianas, formando excelentes abrigos para aves e morcegos



Fonte: Bechara (2006).

Os poleiros naturais são obtidos através do plantio de árvores de rápido crescimento, que tenham copa favorável para o pouso de aves e morcegos, podendo ter frutos que atraiam esses animais. Podem também ser utilizadas árvores

remanescentes na área. “Já os poleiros artificiais podem ser construídos com varas de bambu, postes de eucalipto, caules de árvores mortas ou recém derrubadas, nos quais são fixadas varas finas de madeiras” (SOARES, 2009, p. 5).

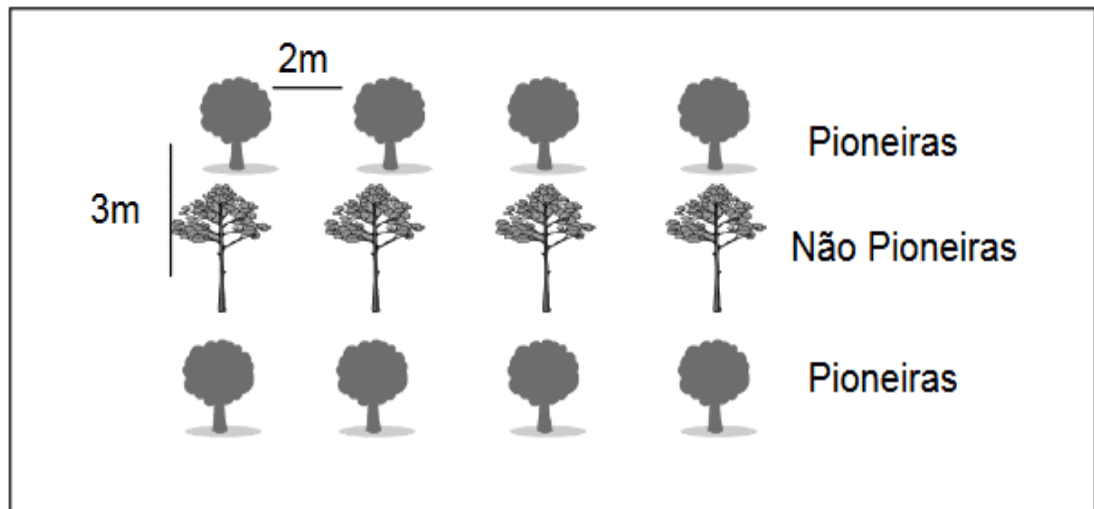
Dias (2008, p.14) enfatiza que “os poleiros atuam, dependendo de sua forma, tamanho e estrutura, como corredores ou como trampolins ecológicos, dentro de uma nova perspectiva de manejo ambiental das paisagens”.

### 2.3.5 Plantio de Mudanças em Grupos de Anderson

Entre as técnicas vegetativas, o plantio de mudas em área total é a mais usual em se tratando de ambientes degradados pela mineração. Por meio do plantio, torna-se mais fácil estabelecer o espaçamento entre as plantas, além de facilitar outras operações essenciais para o bom desenvolvimento das mudas. Entre essas práticas, pode-se citar a adubação, controle de formigas e de plantas daninhas. Adicionalmente, no plantio de mudas é possível que o responsável técnico escolha espécies adaptadas ao local, além da proporção entre os grupos ecológicos (pioneiras, secundárias e clímax) (Figura 5).

Plantio em linhas alternadas de espécies pioneiras e não

**Figura 5** – Plantio em linhas alternadas de espécies pioneiras e não



Fonte: Bechara (2006).

A implantação de mudas produzidas em viveiros florestais é uma forma de gerar núcleos capazes de atrair maior diversidade biológica para as áreas degradadas. O plantio de toda uma área degradada com mudas geralmente é oneroso e tende a fixar a composição no processo de sucessão por um longo período, promovendo apenas o crescimento dos indivíduos das espécies plantadas.

A produção de ilhas como defendido por REIS et al. (1999) e KEGEYAMA & GANDARA (2000) sugere a formação de pequenos núcleos onde são colocadas plantas de distintas formas de vida (ervas, arbustos, lianas e árvores), geralmente com precocidade para florir e frutificar de forma a atrair predadores, polinizadores, dispersores e decompositores para os núcleos formados. Isso gera, rapidamente, condições de adaptação e reprodução para os outros organismos.

Vale lembrar que para a escolha das mudas em um Projeto de Restauração faz-se necessário o prévio conhecimento das espécies vegetais presentes na região. Tal informação pode ser obtida por meio de levantamentos florísticos em ambientes florestais próximos ao local degradado.

### **3 METODOLOGIA**

O presente trabalho foi realizado primeiramente através de uma pesquisa bibliográfica, que consistiu na revisão da literatura relacionada à temática abordada. Para tanto, foram utilizados livros, periódicos, artigos, sites relacionados ao assunto, entre outras fontes.

De acordo com Boccato (2006, p. 266), a pesquisa bibliográfica busca a resolução de um problema (hipótese) por meio de referenciais teóricos publicados, analisando e discutindo as várias contribuições científicas. Esse tipo de pesquisa traz subsídios para o conhecimento sobre o que foi pesquisado, como e sob que enfoque e/ou perspectivas foi tratado o assunto apresentado na literatura científica.

Para obtenção dos resultados, foi realizada uma análise comparativa entre as técnicas desenvolvidas nas atividades selecionadas, objetivando a verificação da eficiência na utilização das técnicas de nucleação para recuperação de áreas degradadas, em cada um dos casos analisados.

## 4 REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 O uso das técnicas de nucleação para a recuperação de áreas degradadas

A vegetação é um componente essencial de um ecossistema equilibrado, assim como o ar limpo e a água em abundância e qualidade satisfatória. O estado de conservação da vegetação e sua continuidade são essenciais para se definir os diferentes tipos de habitats presentes em um determinado local. Conseqüentemente, a conservação promove a maior biodiversidade possível em um dado ambiente.

Vale salientar que, a vegetação proporciona aspectos de interesse humano, os quais podem ser divididos em duas categorias. Na primeira categoria, temos os bens, os quais são produtos diretamente consumidos e/ou comercializados pelo ser humano. Como exemplo, podemos citar os produtos florestais madeireiros e não madeireiros (frutos, mel, resinas, plantas medicinais, entre outros). Em uma segunda linha, estão os serviços ecossistêmicos, os quais são essenciais para o bem-estar humano e para a realização de algumas atividades econômicas. Dentre os serviços proporcionados pela vegetação, podemos citar a redução da erosão e da poluição e a manutenção da qualidade da água e do ar.

Assim, fica evidente o papel das florestas nos demais componentes da atmosfera e a importância de se recuperar locais que sofreram perda da qualidade ambiental devido a mineração. No entanto, quando falamos em recuperar um ambiente, torna-se necessário entender o que de fato é uma recuperação de área degradada (RAD). Por isso, é necessário entender alguns conceitos, como ambiente degradado e quais as diferenças entre recuperação, restauração e reabilitação de uma área degradada.

Mariot *et al.* (2007) argumentam que as técnicas de restauração através da nucleação possibilitam a diminuição dos custos de implantação, aumentando a probabilidade de ocupação deste ambiente por outras espécies. Os custos para implantação de técnicas de nucleação constituem um fator geralmente a ser considerado na elaboração de um plano de recuperação de ambientes degradados, contudo não pode ser o único critério uma vez que pode gerar resultados insatisfatórios.

Devido às suas diferenças, os métodos mais adequados para se alcançar os resultados pretendidos pela recuperação (restaurar ou reabilitar) dificilmente serão os

mesmos. Como exemplo, em uma área onde se planeja restaurar o ambiente, a implantação de espécies exóticas, como o eucalipto, pode não ser uma boa escolha. Por outro lado, pensando na reabilitação de um ambiente antes ocupado por vegetação nativa e posteriormente degradado, a espécie exótica pode desempenhar funções de interesse ecológico, como estabilizar o solo.

Para a atividade de mineração, recuperar uma área ambientalmente afetada exige o conhecimento de alguns fatores, nos quais estabelecerão quais os tipos de técnicas que deverão ser aplicadas, geralmente tendo como objetivo o restabelecimento da vegetação (ALMEIDA e SÁNCHEZ, 2005, p. 49). Para o estabelecimento dessas técnicas de recuperação é necessário o reconhecimento da área ambiental afetada, identificação da biodiversidade, levantamento fitossociológico das espécies florestais e conhecer o potencial de regeneração natural do local estudado (GUIMARÃES et al., 2009).

A grande dificuldade da recuperação de áreas degradadas pela mineração ocorre devido aos impactos gerados pela atividade, em especial no solo. Como exemplo, tem-se a redução da matéria orgânica do solo, retirada e revolvimento de camadas do solo, baixa taxa de infiltração de água, etc. Todos esses pontos afetam de maneira direta os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, o que dificulta o estabelecimento de uma vegetação rica e diversa.

Dessa forma, é possível notar que para a restauração da área são exigidos maior tempo e uso de recursos, em comparação à reabilitação. No entanto, por mais que a restauração desses ambientes seja mais difícil, isso não quer dizer que seja algo impossível. Por meio de algumas técnicas obtém-se resultados satisfatórios em termos de recuperação dessas áreas. Contudo, devemos lembrar que o tempo e os recursos utilizados para se alcançar a restauração irão variar de acordo com a técnica escolhida.

A nucleação representa uma oportunidade de incorporar os princípios-chave do fluxo da natureza à prática da restauração ecológica. Este modelo, baseado no paradigma contemporâneo representa, “um espaço para o imprevisível gerando fenômenos eventuais e aleatórios e permitindo maiores aberturas para a variedade de fluxos biológicos nos sistemas naturais” (REIS, TRES, BECHARA, 2006).

A proposta de nucleação, de acordo com os projetos abordados, utiliza diversas técnicas nucleadoras, que são elas:

#### 4.1.1 Restauração de uma área degradada por mineração no Parque Ecológico do Corrego da Onça – DF, utilizando consorciamento de plantio em linha e grupamentos espaçados de Anderson

A mineração está entre as atividades antrópicas que mais interferem no meio ambiente, e é uma das que causam maior impacto nos ecossistemas, por ocasionar alterações profundas nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (CARNEIRO, 2008).

Na segunda metade da década de 50, com o início da construção da cidade de Brasília, milhares de metros de argila e cascalho foram consumidos em obras de terraplanagem, para construção da cidade e pavimentação das vias de acesso para o Distrito Federal. A falta de uma política ou programa ambiental, nas décadas de 50 e 60, que visasse à recuperação de áreas degradadas por mineração deixou dezenas de hectares expostos e compactados, que impediram a revegetação natural desses sistemas (CORRÊA e MELO FILHO, 2008; BARBOSA, 2008).

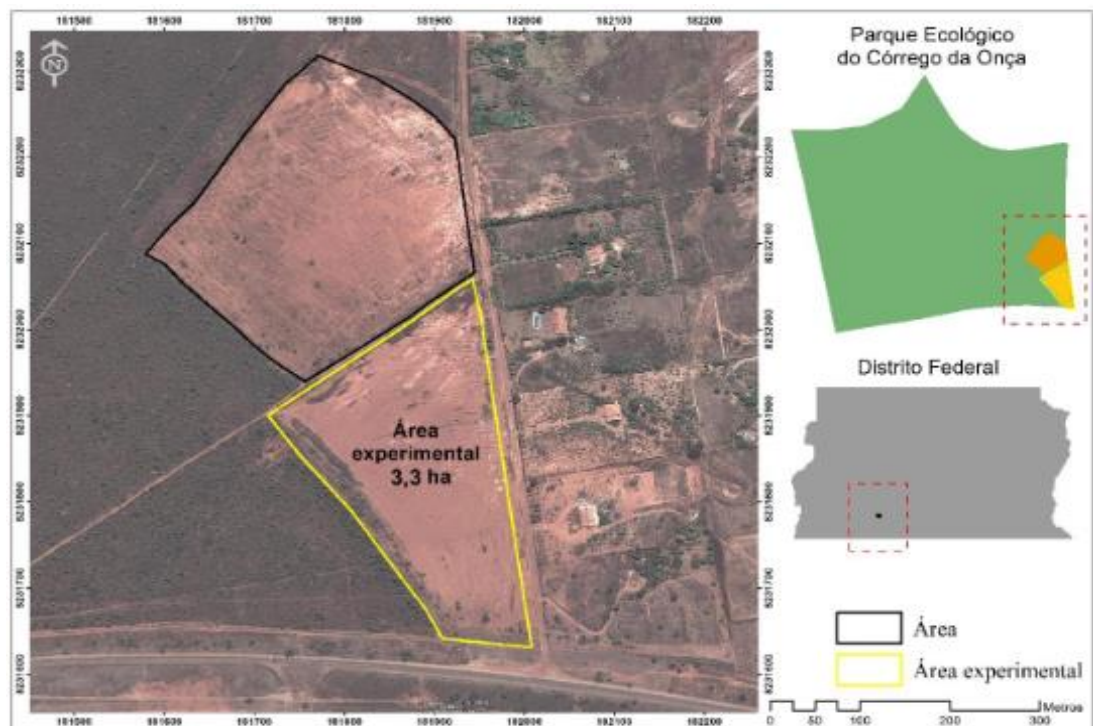
Apesar de proporem novas técnicas e tecnologias em muitos trabalhos na recuperação de áreas degradadas durante as três últimas décadas, atualmente, ainda se utiliza a técnica tradicional de plantio de mudas de espécies arbóreas, as quais têm objetivado a tentativa de reconstituição rápida do ambiente florestal, a partir da implantação de uma comunidade de espécies arbóreas (RODRIGUES & GANDOLFI, 2004; FELFILI et al, 2005a; KAGEYAMA & GANDARA, 2001, 2008). Um dos métodos de plantio que vem sendo utilizado em alguns trabalhos de recuperação nos últimos anos é o método de grupos espaçados de Anderson, no qual a unidade de plantio que deve ser composta de um grupo de espécies arbóreas, que devem ser espaçadas no terreno (ANDERSON, 1953).

O modelo pressupõe ainda, a utilização de mudas de espécies heliófitas (espécies protetoras) nos extremos do quadrado, e espécies ciófitas no centro do quadrado, visando o sombreamento para a espécie central e maior cobertura do solo nos primeiros anos de plantio (MARTINS, 2009), constituindo uma efetiva técnica de combate a gramíneas exóticas invasoras (BECHARA, 2009). Além disso, possibilita aumentar a heterogeneidade espacial de agrupamentos vegetais da área, como ocorre na natureza. Logo, a facilitação é um modelo fundamental para entender a

estruturação das comunidades em restauração (BROOKER et al., 2008), com o intuito de maximizar resultados estruturais, florísticos e funcionais, principalmente em ambientes com condições severas (BROOKER et al., 2008).

A área de estudo encontra-se sob as coordenadas  $15^{\circ} 58'21.38''S$ ;  $47^{\circ}58'17.10'' W$  e com dimensões de 6,45 hectares faz parte da área do Parque Ecológico do Córrego da Onça (Figura 6), fazendo parte da Área de Manancial do Catetinho, dentro da jurisdição da cidade satélite do Gama, Distrito Federal.

**Figura 6** - Visão geral da área de estudo, limite do Parque Ecológico do Córrego da Onça, DF



Fonte: Oliveira (2013).

Ao final da década de 50, a área de estudo foi utilizada como área de empréstimo para diversos fins, durante a construção de Brasília, onde foram retirados com auxílio de equipamentos pesados, mais de 300.000 m<sup>3</sup> de sedimentos, atingindo as camadas mais profundas expondo em alguns pontos, material rochoso em estágio de degradação, conhecidos como material saprófito.

A atividade de remoção teve como consequência um elevado grau de compactação do substrato (Figura 7), e uma condição na qual a área de estudo apresenta um substrato em condições muito próximas à esterilidade. Este quadro impossibilitou a colonização da área por quaisquer espécies vegetais até meados de 2008, quando se iniciaram os trabalhos de recuperação.

**Figura 7** - Vista da área de estudo após tratamento com plantio de mudas

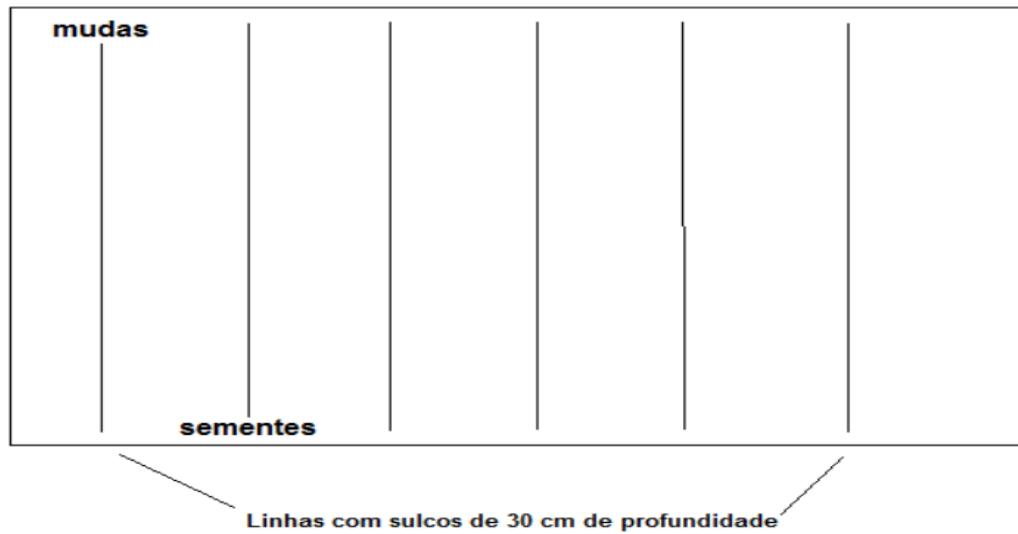


Fonte: Oliveira (2013).

Em 2008, foi realizada a descompactação do substrato com trator equipado com subsolador. Esta prática, segundo Leite *et al.* (1994) altera as propriedades físico-hídricas, permitindo infiltração quatro vezes maior de água no solo, quando comparadas às áreas de cascalheira compactadas. Após a descompactação foram feitas 60 linhas sulcadas a 30 cm de profundidade acompanhando as curvas de nível.

Os plantios foram dispostos em linhas equidistantes por 3 metros, e espaçamentos de 3x3m entre as mudas. A abertura das covas obedeceu às dimensões de 40 x 40 x 60 cm de profundidade. Para a adubação das covas utilizou-se 2L de esterco de gado curtido, 200g de calcário dolomítico e 150g de NPK (4-30-16). Em 60 linhas foram plantadas 57 espécies nativas, distribuídas 30 linhas com mudas e 30 linhas com sementes alternadas (Figura 8). Para cada linha foram feitas aproximadamente 30 covas. O número de mudas por espécies variou de forma aleatória entre 10 e 100 mudas por espécie, provavelmente baseado na classificação funcional (FELFILI, 2005).

**Figura 8** - Croqui do Plantio linear de mudas realizado em 2008

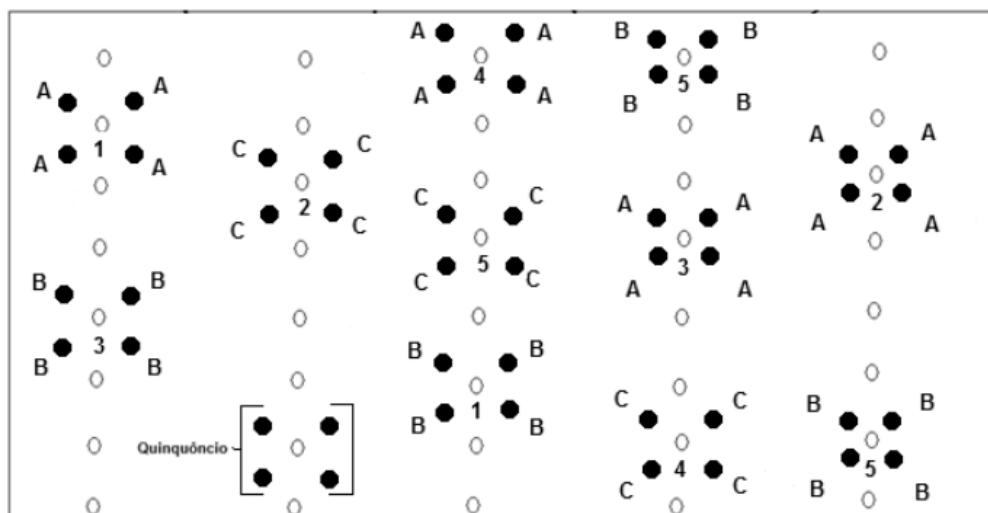


Fonte: Oliveira (2013).

Em 2010, aproveitando os 1445 indivíduos plantados em linha, foi realizado um consorciamento com a técnica de plantio em grupos espaçados (quinquêncio) (ANDERSON, 1953), que determina o plantio de mudas de forma adensada, formando um quadrado perfeito, utilizando espécies ciófitas como espécie central do quadrado, e heliófitas nos vértices do quadrado imaginário.

Das espécies disponíveis no viveiro, condicionou-se a seleção das espécies de melhor desenvolvimento em áreas mais abertas, de acordo com a classificação funcional ecológica (BUDOWSKI, 1965), e em relação à rusticidade, uma vez que as espécies tivessem maior sucesso de sobrevivência, para poder proporcionar uma melhor aplicabilidade dos cálculos estatísticos (Figura 9).

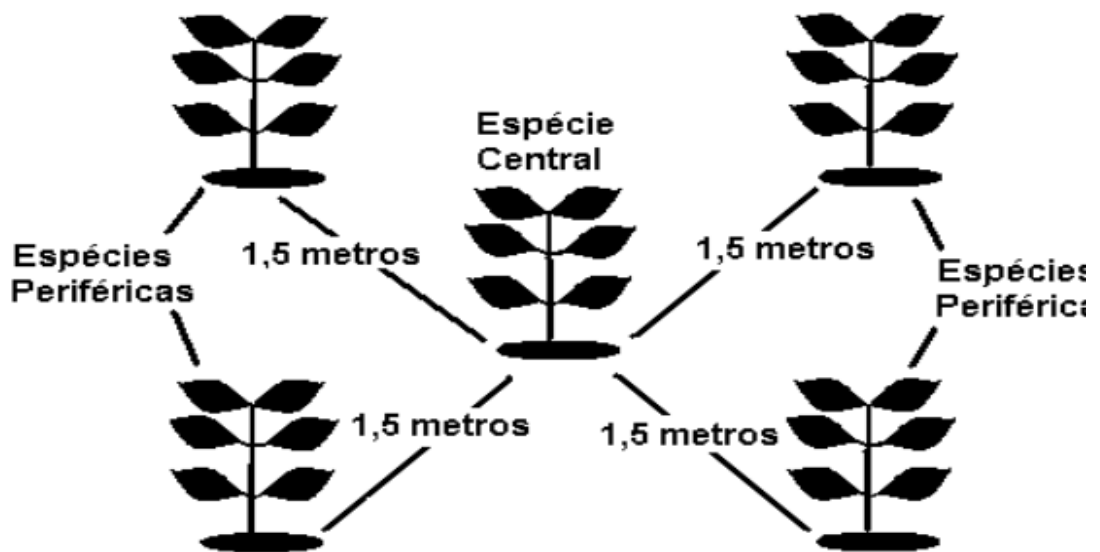
**Figura 9** - Croqui da disposição dos grupos espaçados (quinquêncios) consorciados com o plantio linear



Fonte: Oliveira (2013).

Os quinquôncios foram formados por cinco espécies centrais (*Hymenaea coubaril*, *Erythrina speciosa*, *Ceiba speciosa*, *Mabea fistulifera* e *Anadenanthera colubrina*) e três espécies periféricas (ou companheiras) (*Tapirira guianensis*, *Tabebuia roseoalba* e *Cedrela fissilis*). A distância entre o indivíduo da espécie central para cada uma das espécies periféricas era de 1,5 m de raio (adaptado de ANDERSON, 1953) (Figura 10).

**Figura 10** - Croqui da disposição dos grupos espaçados (quinquôncios) consorciados com o plantio linear



Fonte: adaptado de ANDERSON (1953).

#### 4.1.1.1 Características Ecológicas das Espécies Utilizadas

**Jatobá-da-Mata** (*Hymenaea coubaril* var. *stilbocarpa* (Fabaceae – Caesalpinioideae))

Conhecido popularmente como jatobá-da-mata, a espécie é caracterizada como secundária tardia ou clímax exigente de luz, com 8 a 15 m de altura, podendo atingir até 20 m de altura na idade adulta e 40 a 80 cm de DAP (CARVALHO 2003) (Figura 11). Sua folhagem e frutificação ocorrem entre os meses de julho a setembro, com floração de outubro a março.

É uma espécie vegetal semidecídua, heliófita e pouco exigente em termos de fertilidade do solo. Ocorrem geralmente em solos bem drenados (LORENZI 2002) e Matas de Galeria Não-Inundáveis (RIBEIRO & WALTER 2008).

**Figura 11 - Jatobá-da-Mata**



Fonte: Malai Manso Resort (2018).

Os frutos contêm uma farinha comestível e muito nutritiva. Consumida tanto pelo homem como pelos os animais silvestres. Com a farinha é possível fazer bolo e pão de jatobá. A madeira é empregada na construção civil, como vigas, caibros, ripas, para acabamentos internos, como marco de portas, tacos e tábuas para assoalhos, para confecção de artigos de esportes, cabos de ferramentas, baquetas de bateria, peças torneadas, esquadrias e móveis (Figura 12).

**Figura 12 - Fruto do Jatobá-da-Mata**



Fonte: Malai Manso Resort (2018).

É encontrado na Amazônia, na Mata Atlântica, no Pantanal e no Cerrado com ocorrências do Piauí até o Paraná. A origem de seu nome vem do tupi e quer dizer “árvore com frutos duros”. No passado, foi muito utilizada pelos povos indígenas em momentos de meditação. Assim, o jatobazeiro passou a ser considerado um patrimônio sagrado brasileiro.

**Mulungu** (*Erythrina speciosa* Andrews (Fabaceae))

Os indivíduos de espécie apresentam espinhos em seu fuste, sua altura varia de 3 a 5 metros, o tronco pode medir de 15 a 25 cm de diâmetro, suas folhas são compostas trifoliadas e as inflorescências são em racemos terminais (Figura 13). O período de florescimento ocorre entre os meses de junho e setembro, que no cerrado coincide com o período de seca, onde ocorre a perda das folhas.

**Figura 13** – Árvore de Mulungu



Fonte: Jardim botânico (2023).

Espécie arbórea classificada como sucessional inicial (MORI et al, 2012), conhecida popularmente como mulungu é encontrada em terrenos de solo úmido, brejos de planície litorânea e de formações abertas secundárias. No Brasil, a espécie ocorre no Distrito Federal, Goiás, Minas Gerais e do Espírito Santo até Santa Catarina, na floresta pluvial atlântica (LORENZI, 2002). É uma espécie com alto potencial paisagístico, devido sua floração, crescimento rápido e fácil reprodução, propaga-se facilmente por sementes e por estacas. Suas Flores são vermelhas e atrativas para

avifauna, em raríssimas situações alguns indivíduos desta espécie apresentam flores brancas. Atualmente tem sido empregada para formação de cercas vivas e em plantios de restauração florestal.

Os frutos atingem a maturação entre outubro e novembro e permanecem na árvore durante um período maior (LORENZI, 2002). Possui néctar como recurso floral e é comumente visitada por beija-flores e outros pássaros de bico curto (MENDONÇA & ANJOS, 2006) (Figura 14). Indivíduos dessa espécie podem ser encontrados em áreas de solos úmidos, brejos de planície litorânea e de formações abertas secundárias. No Brasil, a espécie ocorre nos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo até Santa Catarina, na floresta pluvial atlântica (LORENZI, 2002), Goiás e Distrito Federal.

**Figura 14** - Fruto do Mulungu



Fonte: Unicentro (2016).

### **Paineira ou Barriguda** (*Ceiba speciosa* (A.St.-Hil.) Ravenna (Malvaceae))

Conhecida popularmente como paineira ou barriguda, a *C. speciosa* é uma espécie arbórea tropical, de grande porte, classificada como secundária inicial ou Secundária tardia (LEITE & RODRIGUES, 2008; MORI et al, 2012). Nativa brasileira, a paineira costuma apresentar na base de seu caule uma espécie de bojo ou alargamento, parecido com uma garrafa. Daí o nome – barriguda (Figura 15).

**Figura 15 - Paineira ou Barriguda**



Fonte: Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística (2023).

De crescimento rápido, pode atingir 30 metros de altura. Copa muito grande e arredondada. Produz flores numerosas, cor de rosa, em forma de sino – uma alegria para os olhos (Figura 16). Daí ser uma das preferidas da arborização urbana. Apresenta ampla distribuição geográfica, abrangendo principalmente as florestas na Argentina, Paraguai e Brasil (LORENZI, 2002).

**Figura 16 - Paineira-Rosa**



Fonte: Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística (2023).

Seus frutos nada pequenos ficam pendurados e quando maduros liberam a paina (espécie de algodão), que pode ser utilizada na confecção de travesseiros, almofadas e pelúcias. As sementes costumam atrair maritacas e tuins. A madeira da paineira-rosa é leve e de pouca durabilidade, sendo aproveitada na indústria de calçados e caixotaria (Figura 17).

**Figura 17** - Flores de Paineira



Fonte: Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística (2023).

Entre março e abril, a paineira perde quase todas as folhas e se cobre de grandes flores cor-de-rosa que lhe conferem extraordinária beleza. No início da primavera volta a despertar atenção quando seus frutos se abrem e soltam os flocos alvos de paina que, muito leves, se esgarçam sob a ação do vento.

A espécie ocorre sobretudo nos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais, São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Tem folhas alternas digitadas, cresce rapidamente e em cerca de dez anos já apresenta perfil imponente, graças aos muitos e extensos galhos que emite. O tronco, bojudo no começo, afila-se aos poucos e reveste-se de espinhos curtos e espessos.

**Canudo-de-pito, mamoinha do mato ou leiteira-preta** (*Mabea fistulifera* Mart (Euphorbiaceae))

É uma planta nativa, conhecida popularmente como Canudo-de-pito, mamoinha do mato ou leiteira-preta, sua altura varia entre 6 e 15 metros (Figura 18). A espécie é classificada como pioneira, sendo adaptada à luz direta, a solos de baixa fertilidade e acidez elevada e com boa capacidade de rebrota pós-fogo, e encontra-se

normalmente de forma agregada nas bordas de mata e em locais com impacto antrópico acentuado. Estas características a tornam uma espécie com elevado potencial para projetos de recuperação de áreas degradadas.

**Figura 18** - Canudo-de-pito, mamoinha do mato ou leiteira-preta



Fonte: Árvores do Brasil (2023).

Apresenta ampla ocorrência no Cerrado e em áreas de transição para Mata Estacional Semidecidual, ocorrendo nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo (LORENZI 2002). Encontrada na região com muita frequência, em sub-bosques ou áreas degradadas. Se dissemina muito bem, formando bosques.

Possui galhos finos e pendentes, folhas simples e lisas, 12 cm. Flores muito pequenas, em cachos pendentes. Frutos pequenos (2 cm) redondos, tomentosos, que se abrem em 3 parte, com uma semente em cada parte. A abertura se dá com um estalo alto, e as partes são lançadas a uma boa distância (Figura 19). Sementes de 0,5 cm, cinza brilhantes.

**Figura 19** - Frutos do Canudo-de-pito, mamoinha do mato ou leiteira-preta



Fonte: Árvores do Brasil (2023).

Planta decídua ou semidecídua, heliófita, seletiva xerófila, pioneira, característica de vegetação secundária de terrenos arenosos, principalmente no cerrado e de sua transição para a floresta semidecídua. É rara no interior da mata primária densa. Pode ser encontrada também na vegetação secundária da encosta atlântica. Flores muito melíferas. Frutos atrativos à fauna. Floresce de janeiro a abril. Frutifica em agosto a setembro. A madeira serve apenas para obras internas leves, confecção de embalagens leves, brinquedos, etc. A árvore é elegante e própria para arborização de ruas estreitas e sob redes elétricas. Como planta pioneira adaptada à luz direta e pouca exigente em solo, é ótima para plantios mistos destinados a recomposição de áreas degradadas de preservação permanente.

**Angico-branco** (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (Fabaceae - Mimosoideae)

A espécie *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan. (Fabaceae) é conhecida popularmente como angico-branco. Os indivíduos da espécie podem ser plantados em plantio puro a pleno sol, embora seja mais aconselhável em plantio misto com espécies nativas da região. A associação com espécies pioneiras de crescimento rápido ajuda a melhorar sua forma e ele pode ser utilizado no tutoramento de espécies nativas secundárias-clímaxes.

Planta decídua, heliófila, que tolera sombreamento leve na fase juvenil. Espécie de grande porte, com altura variando entre 12 a 15 metros, classificada como pioneira ou sucesional inicial (CATHARINO et al, 2006) (Figura 20). Apresenta rápido crescimento, e vegeta indiferentemente à sombra ou ao sol, em solos secos e úmidos, preferindo solos férteis e profundos, mas com grande adaptabilidade a diferentes tipos de solos; tolera solos rasos e compactados com ampla distribuição geográfica, ocorrendo na Caatinga, Mata Atlântica e Pantanal. No Cerrado, em floresta estacional semidecidual, campos rupestres e mata seca (LORENZI 2002).

**Figura 20** - Angico-Branco



Fonte: Árvores do bioma cerrado (2023).

Floresce durante a estação seca, despida completamente de folhagem, e a frutificação ocorre entre os meses de setembro a novembro. Os frutos são alongados do tipo vagem ou legume (Figura 21), produzindo anualmente grande quantidade de sementes viáveis onde são dispersas gradualmente, permanecendo as vagens presas à planta mãe após a dispersão (SILVA, 2000).

**Figura 21** - Frutos alongados do Angico-Branco



Fonte: Árvores do bioma cerrado (2023).

A propagação da espécie se dá por sementes que podem ser coletadas dos frutos diretamente da árvore quando iniciarem a abertura espontânea ou serem recolhidas no chão após a queda. O conhecimento sobre as características biométricas de sementes de espécies nativas da Caatinga ainda é insipiente, mesmo diante da importância desse mecanismo para a diferenciação de espécies e padronização de lotes de sementes, o que possibilita a produção de mudas uniformes.

Além disso, informações sobre sementes são importantes para manutenção da biodiversidade, sendo uma ferramenta para a compreensão e descrição do processo germinativo (OLIVEIRA et al., 2006). Segundo Cosmo et al., (2010), esse conhecimento é de grande valia para o entendimento da autoecologia em espécies nativas que é definida como o estudo das relações biológicas de determinada espécie com o ambiente físico.

**Pau-pombo** (*Tapirira guianensis* Aubl. (Anacardiaceae))

Sendo conhecida popularmente como pau-pombo, a espécie é considerada a mais comum espécie nativa da família Anacardiaceae, ocorrendo em quase todas as formações florestais do Brasil (SOUZA; LORENZI, 2005).

Fornece madeira pouco durável, mas considerada boa fonte de energia e útil para construções provisórias no meio rural, bem como para confecção de caixotes, molduras, móveis comuns, esculturas, brinquedosm utensílios domésticos e cabos de vassoura, entre outros artefatos. Os troncos costumam ser perfurados por primatas que se alimentam das bolotas de goma que se formam após a exsudação da seiva. As folhas e a casca do tronco possuem uma série de constituintes químicos (Correia et al., 2003) e, apesar de serem consideradas vesicantes e tóxicas, são usadas na medicina popular contra dermatoses e sífilis. As flores masculinas fornecem pólen e néctar e as femininas apenas néctar aos seus visitantes. Os frutos entram na dieta de várias espécies de aves e de mamíferos terrestres. A espécie vem sendo empregada em arborização urbana, sobretudo, em Brasília, e em recomposição de áreas desmatadas, sendo das mais indicadas para esta finalidade.

*Tapirira Guianensis* tem ampla dispersão no Cerrado, ocorre em áreas de preservação permanente (florestas ribeirinhas) e está presente em várias unidades de conservação de proteção integral nesse bioma (Figura 22).

**Figura 22** - Pau-pombo



Fonte: Árvores do bioma cerrado (2023).

Sua altura varia entre 8 e14 metros, e ocorre em todo o território brasileiro, sendo bastante encontrada em formações secundárias de solos úmidos, como os de

várzeas e beira de rios, podendo ser encontrada também em ambientes secos de encosta. Ainda segundo esse autor, a espécie apresenta grande potencial para ser utilizada em programas de recuperação de áreas degradadas, principalmente em locais úmidos, por ser tolerante a esse ambiente e por produzir frutos altamente procurados pela fauna (Figura 23).

**Figura 23** - Frutos do Pau-pombo



Fonte: Árvores do bioma cerrado (2023).

Segundo Lorenzi (2002), trata-se de uma árvore perenifólia e heliófita, sendo classificada como espécie pioneira, secundária inicial ou secundária tardia (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2006; CATHARINO et al, 2006; MORI et al, 2012).

### **Ipê-Branco** (*Tabebuia roseoalba* (Bignoniaceae))

A *T. roseoalba* é uma espécie secundária, que apresenta aspectos de deciduidade, heliófilia e é seletiva xerófila, característica de afloramentos rochosos e calcários da floresta semidecídua. Pode ser encontrada tanto no interior da mata primária como nas formações secundárias, podendo atingir altura entre 7 a 16 metros. Popularmente, a *T. roseoalba* é conhecida como ipê-branco (Figura 24). As espécies do gênero *Tabebuia* são propagadas sexuadamente, e a utilização de sementes de alta qualidade é fundamental para obtenção de sucesso nos plantios de restauração de áreas degradadas, madeireiras e medicinais.

**Figura 24** - Ipê-Branco



Fonte: Árvores do bioma cerrado (2023).

A propagação sexuada é muito utilizada na obtenção de mudas de espécies do gênero *Tabebuia* para plantios florestais e na restauração de áreas degradadas e, por isso, a produção de sementes de alta qualidade é fundamental (OLIVEIRA et al., 2005).

Espécie eclética quanto a condição de fertilidade do solo, podendo ser cultivada sob solo fértil, drenável, enriquecido com matéria orgânica, ou mesmo em solos pobres e pedregosos. Planta bastante rústica e resistente a períodos de estiagem e que não aprecia terrenos encharcados. Estas características a torna uma planta interessante para recuperação de áreas degradadas.

### **Cedro** (*Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae))

Popularmente conhecida como cedro ou cedro cetim. Tem grande porte podendo chegar até 40 m de altura (Figura 25). Os indivíduos da espécie podem se desenvolver no interior de florestas primárias, nas bordas de matas e também em capoeiras, mas tem preferência por solos úmidos e profundos, como os encontrados nos vales e planícies aluviais. É uma espécie muito utilizada em recomposição de reflorestamentos heterogêneos de áreas degradadas.

**Figura 25** - Cedro



Fonte: Árvores do bioma cerrado (2023).

O cedro apresenta grande importância pela sua complexidade frente aos fatores ambientais, demonstrando experimentalmente a capacidade elástica de sua adaptação fisiológica às condições lumínicas do ambiente, como pelo grande potencial de regeneração natural ou por via generativa ou por via vegetativa, sendo uma espécie de grande plasticidade silvicultural (PINHEIRO et al, 1990).

Esta espécie tem ampla distribuição na América Latina, desde o norte da Argentina e Paraguai e na América Central chegando ao Panamá e Costa Rica (PENNINGTON, 1981). No Brasil, ela ocorre comumente nas matas secas (RIZZINI, 1981), nas regiões Leste e Sul podendo chegar até as regiões do Centro, Norte e Nordeste.

Aparentemente, a utilização dos quinquêncios no modelo proposto por Anderson (1953) é uma boa alternativa, pois proporciona a instalação de ilhas de vegetação, que podem proporcionar melhores condições para as espécies mais exigentes plantadas, e para o estabelecimento de outras espécies em seu entorno, possibilitando a irradiação dessas ilhas ao longo do tempo, favorecendo o processo de regeneração natural.

Mas não se pode descartar ainda a questão individual e/ou da espécie em relação a processo de tolerância as condições ambientais, sendo necessários estudos mais específicos para tentar avaliar melhor os possíveis mecanismos presentes no desenvolvimento das espécies presentes na área de estudo.

#### 4.1.2 Utilização das Técnicas de Transposição de Galharia e de Banco de Sementes em uma Área Degradada no Parque Ecológico do Córrego da Onça – DF

A crescente demanda social e a aceleração da economia tem produzido um crescente cenário de degradação no Brasil. A recuperação de uma área degradada refere-se à aplicação de técnicas silviculturais, agrônômicas e de engenharia, que visam à recomposição topográfica e à revegetação de áreas em que o relevo foi descaracterizado pela degradação.

As técnicas de nucleação podem representar uma das formas de programar a sucessão dentro de áreas degradadas, incrementando as interações interespecíficas. A área em estudo objetivou avaliar eficiência das técnicas de nucleação, transposição de galharias e de banco de sementes em uma área degradada por mineração.

A alteração do microclima nas parcelas com galharias pode ter como fator relevante o aumento da taxa de infiltração de água no solo. Os mecanismos pelos quais proporcionam o aumento da capacidade de infiltração são provavelmente complexos, provavelmente, por envolver a fauna edáfica, como os térmitas, criando bioporos que constituem um dos principais meios de infiltração de água no perfil do solo (TONGWAY; LUDWIG, 1996).

A transposição do banco de sementes do solo é outra ferramenta alternativa indicada para restauração em áreas degradadas, por apresentar baixo custo financeiro e um estoque dinâmico de sementes viáveis, dormentes ou não (GARWOOD, 1989, LECK et al., 1989), com a possibilidade de conter elevada riqueza florística (CALEGARI et al., 2008; MARTINS, 2009a, 2009b).

A área de estudo encontra-se sob as coordenadas 15° 58'21.38"S; 47°58'17.10" W e com dimensões de 6,45 hectares faz parte da área do Parque Ecológico do Córrego da Onça, fazendo parte da Área de Manancial do Catetinho, dentro da jurisdição da cidade satélite do Gama, Distrito Federal.

Ao final da década de 50, a área foi utilizada como área de empréstimo para diversos fins, como a terraplanagem para a implantação da rodovia BR-040, para o assentamento dos trilhos da ferrovia central-atlântica (Brasília-Santos), durante a construção de Brasília, com a retirada de argila e cascalho, atingindo as camadas mais profundas expondo em alguns pontos, material rochoso em estágio de degradação, também conhecido como material saprofítico.

As galharias foram instaladas com material coletado decorrente de podas do campus da Universidade de Brasília e de áreas de cerrado sensu stricto “tombado para pasto”, da Fazenda Água Limpa (FAL/UnB), próxima à área experimental. Dez galharias menores com cerca de 10 metros foram dispostas de forma paralela e aleatória à leira central (Figuras 26A e 26B), de forma a proporcionar pequenas conexões para o deslocamento da fauna de solo ao longo da área.

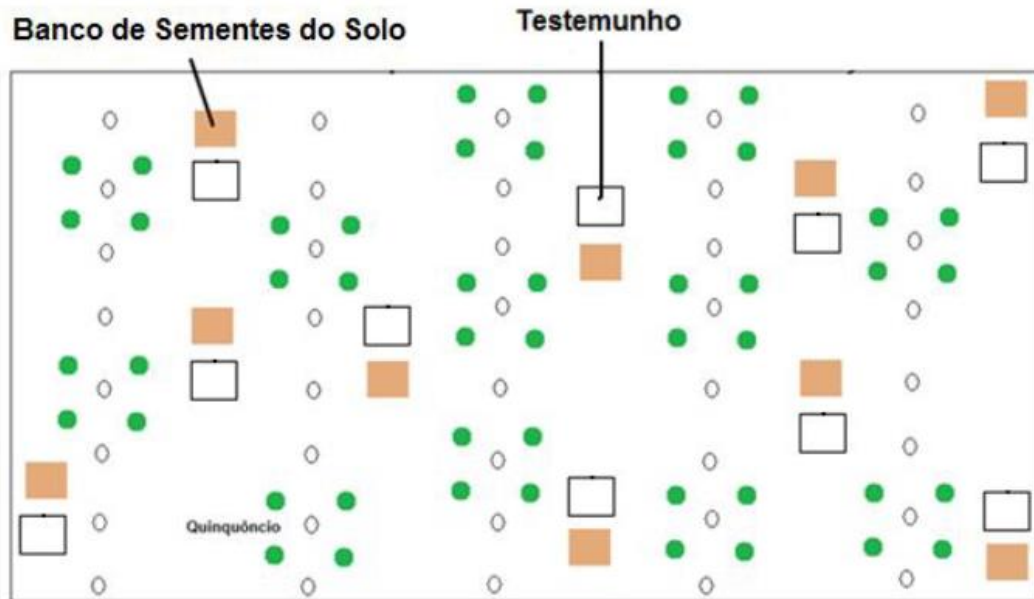
**Figura 26** - Croqui com a disposição das galharias na área de estudo (A) e a caracterização do material da galharia instalada na área de estudo (B).



Fonte: Oliveira (2010).

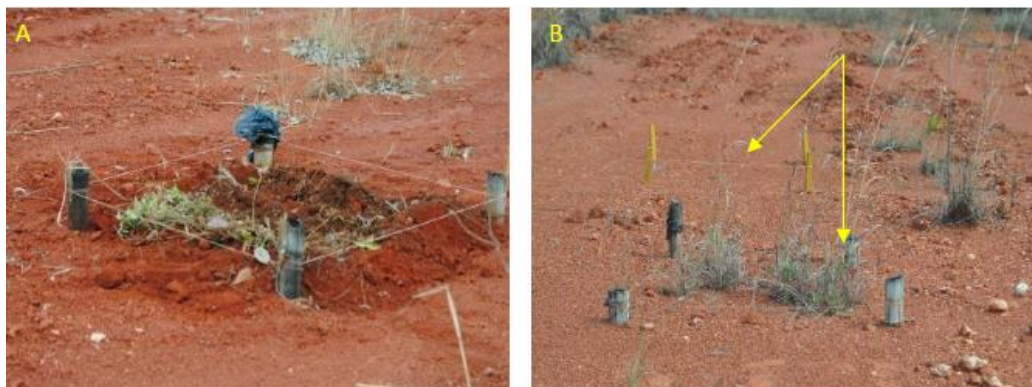
Na área experimental foram instalados aleatoriamente 25 parcelas de 1 m<sup>2</sup>, montados com estacas de bambu e linha de nylon trançada, cada parcela com uma testemunha alocada a 2 metros de distância. Os quadrantes utilizados com a transposição do banco de sementes foram dispostos em um delineamento inteiramente casualizado (DIC). Nos testemunhos não foram adicionados nenhum material coletado, mantendo o mesmo substrato da área. O substrato dentro dos quadrantes foi removido, para acamar o solo coletado, e revolvido com picareta e enxada, para descompactação, de modo a facilitar a germinação, penetração e desenvolvimento das raízes (Figuras 27 e 28).

**Figura 27** - Croqui da distribuição aleatória das parcelas com amostras de solo com banco de sementes (bege), distantes a 2 metros das parcelas-testemunhos (branco)



Fonte: Oliveira (2010).

**Figura 28** - Parcela com solo e banco de sementes (A) e com testemunho ao fundo (B)



Fonte: Oliveira (2010).

As duas técnicas de nucleação utilizadas neste estudo vêm comprovando ser boas estratégias para a recuperação de áreas degradadas, em virtude das possíveis mudanças relativamente rápidas obtidas, que varia em relação as condições iniciais do ambiente estudado. Estas técnicas proporcionaram em alguns meses após sua instalação, o estabelecimento de plantas, que até então não ocorriam no substrato exposto. Provavelmente, com o aumento do número de parcelas em ambos os tratamentos, e novos levantamentos, a diversidade e abundância deverá ser significativamente mais elevada, proporcionando melhores resultados no processo de restauração ecológica da área de estudo, potencializando o aumento da velocidade

dos processos ecológicos, por permitir o estabelecimento de dezenas de espécies em diversas formas de vida.

#### 4.1.3 Plantios de Espécies Nativas em Núcleos e Transposição de Galharias, em uma Cava de Mineração de Argila em Guaíba – RS

As áreas que são submetidas a mineração tornam-se sítios muito frágeis do ponto de vista ecológico. Dentre as consequências da mineração estão a fragmentação florestal, risco a conservação local e regional da biodiversidade, degradação da paisagem ao remover a vegetação e as camadas do solo, alterações físicas, químicas e biológicas no meio edáfico, redução da regeneração natural, redução da infiltração e da recarga de águas subterrâneas, suscetibilidade a erosão e inundações (FERREIRA et al., 2010; GUIMARÃES et al., 2013; JESUS et al., 2016; NEVES et al., 2016).

Baseando-se no fato de que áreas regeneradas heterogeneamente fornecem ecossistemas diversos que ajudarão a construir a resiliência local em áreas anteriormente mineradas (HOLLING, 1973), é relevante a abordagem sistêmica na qual baseia-se a nucleação. O princípio fundamental da nucleação aplica-se na restauração de áreas mineradas partindo do pressuposto que, no momento em que o processo de sucessão natural é desencadeado pelo uso múltiplo de numerosos e diversificados núcleos, há a oferta de condições para que tal área expresse seus mecanismos de regeneração e de auto recuperação.

Este estudo teve como objetivos determinar a eficácia de duas técnicas de nucleação, sendo estas, plantio em núcleos e transposição de galharias, como estratégia de restauração ecológica em área de mineração de argila abandonada em Guaíba – RS, a fim de comprovar a atuação dessas técnicas como promotoras de gatilhos ecológicos para desencadear os processos de sucessão natural.

A área de estudo localiza-se no município de Guaíba, RS, (Figura 29) em área pertencente à CMPC Celulose Riograndense, e compõe o projeto “Restauração ecológica em área degradada por atividade de mineração no município de Eldorado do Sul-RS”, o qual consorciou diferentes técnicas de nucleação para avaliar a eficácia na restauração ecológica da área.

**Figura 29** - Localização da área do estudo, no município de Guaíba, RS



Fonte: Toso (2018).

Mais especificamente, a área consiste em uma cava de mineração de argila, cuja atividade de extração foi encerrada há cerca de 19 anos. O local foi adquirido pela empresa CMPC já com o passivo ambiental de, aproximadamente 1,4 ha, sendo a técnica, implantada em uma porção de 0,4 ha. A área do passivo se caracteriza por saprolito exposto de origem granítica, sujeito à processos erosivos intensificados pelo ângulo em escarpa do talude da cava de mineração e, no lado oposto, sujeito a inundações periódicas a partir do lago existente (Figura 30).

**Figura 30** - Aspecto da cava de mineração de argila abandonada, anteriormente à implantação das técnicas de restauração, no município de Guaíba, RS



Fonte: Toso (2018).

Em novembro de 2014 foram implantados, de forma aleatória, doze núcleos de Anderson adaptados, de formato circular, com 13 mudas de espécies nativas cada, sob espaçamento de 1 m entre plantas e de no mínimo 10 m entre núcleos (Figura 31). Cada núcleo ocupou aproximadamente 12,5 m<sup>2</sup>.

Figura 31 - Aspecto de um núcleo após o plantio das mudas em novembro de 2014 em área de mineração de argila abandonada, no município de Guaíba, RS



Fonte: Toso (2018).

As mudas foram escolhidas por serem nativas da fitofisionomia regional e por haver disponibilidade de mudas de maior porte ( $\geq 1$  m de altura) e rusticidade. Todas as mudas foram cedidas pelo viveiro da CMPC Celulose Riograndense com 12 meses de idade. O período total de monitoramento foi de trinta meses (2 anos e 6 meses).

A transposição de galharias foi realizada em agosto de 2016, com o intuito de preencher algumas manchas que estavam sem cobertura vegetal, portanto foram alocadas aleatoriamente na área (Figura 32 a). Ao todo foram transpostos para a área 16 núcleos de galharia, sendo que cada um ocupou aproximadamente 2 m<sup>2</sup> (2 x 1 m), com 1 m de altura, composto por galhos, folhas, troncos, sementes, flores e outras partes vegetais (Figura 32 b).

Figura 32 - a) Áreas com solo exposto onde foram implantadas as galharias. b) configuração das galharias e do material transposto



Fonte: Toso (2018).

O material foi oriundo de uma roçada de manutenção de beira de estrada, a aproximadamente 800 m do local do estudo, a qual continha espécies nativas, herbáceas, arbustivas e arbóreas, além de cipós e lianas. Foi tomado o cuidado para que não fosse trazido até a área de estudo espécies invasoras, a fim de evitar a contaminação biológica.

Os núcleos de galharias foram alocados em cima de treliças confeccionadas com bambu verde (*Bambusa tuldoides* Munro.) e amarradas com arame galvanizado, também com dimensões de 2 x 1 m (Figura 33 a). Este método implantado é inédito e visou a mobilidade das galharias, sendo desenvolvido para a coleta das variáveis abaixo do núcleo com mínima interferência sobre o sistema ecológico em formação (Figura 33 b).

Figura 33 - a) treliça de bambu verde onde foi alocada a galharia. b) sistema de levantamento da galharia por meio da treliça para verificação dos registros de fauna abaixo dos núcleos



Fonte: Toso (2018).

Para que projetos envolvendo plantios em núcleos obtenham êxito em áreas de mineração abandonada é preciso preconizar, em um primeiro momento, o plantio

de espécies pioneiras, rústicas, de crescimento rápido e com o maior número de atributos

funcionais para assim desencadear a sucessão ecológica.

Salienta-se que nas áreas onde as galharias foram alocadas não havia qualquer tipo de matéria orgânica e tão somente uma compacta camada de substrato saprolítico com algumas gramíneas e herbáceas. Desta forma, a ocorrência das diversas ordens da fauna abaixo do material vegetal aliado à ação da temperatura, chuva, luz solar e umidade fizeram com que houvesse o acúmulo de serapilheira em plena decomposição.

A restauração ecológica e a técnica de transposição de galharia tendem a interferir o mínimo possível, e promovem uma heterogeneidade de habitats. Dessa forma, as sementes que porventura serão trazidas pela fauna encontrarão um ambiente favorável à germinação, fato que anteriormente não existia nos locais onde a galharia foi implantada, pois não havia suprimentos básicos como umidade e um substrato fértil.

#### 4.1.4 Recuperação de áreas degradadas pela mineração através das Técnicas de Nucleação na Mina de Bauxita de Juruti – Pará

A Mina de Bauxita de Juruti, localizada no oeste do Pará (Figura 34), é operada pela Alcoa, companhia que se destaca mundialmente por buscar a consolidação dos três pilares da sustentabilidade. O projeto mineral em Juruti é pioneiro na aplicação da técnica de nucleação para a recuperação de áreas mineradas. As técnicas nucleadoras utilizadas em Juruti-PA são: implantação de módulos de recuperação composto de solo e galharia, advindos das áreas de desflorestamento, plantio de mudas e poleiros secos. A técnica foi implantada no ano de 2011.

A avaliação de eficiência da técnica é feita a partir do levantamento de indicadores para que seja feito um monitoramento de como está sendo a regeneração dentro dos módulos de recuperação implantados. Estes estudos de monitoramento mostram que a técnica vem apresentando bons resultados, proporcionando, assim, que as áreas mineradas sejam habitadas novamente.

**Figura 34** - Localização geográfica da cidade de Juruti



Fonte: IBGE (2010).

A Mina de Bauxita de Juruti tem um dos maiores depósitos e de mais alta qualidade entre as reservas de bauxita do mundo, com um potencial total estimado em cerca de 700 milhões de toneladas métricas, suficientes para atender à crescente demanda do produto no mercado.

As características de disposição dos platôs da Mina de Bauxita de Juruti conduzem a aplicação do método de lavra em tiras (strip mining) para o aproveitamento racional da reserva. Este método tem aplicação consagrada nos depósitos em camadas, onde a remoção do minério e do estéril se dá ao longo de cortes paralelos com uma pequena largura e grandes comprimentos, chamados de tiras. O estéril removido de uma tira é depositado na tira lavrada anteriormente, de onde já foi removido o minério, promovendo, assim, o descobrimento do minério nesta tira.

A preocupação com a reparação de danos provocados pelo homem aos ecossistemas não é recente. Plantações florestais têm sido estabelecidas desde o século XIX no Brasil com diferentes objetivos. Entretanto, somente na década de 1980, com o desenvolvimento da ecologia da restauração como ciência, o termo restauração ecológica passou a ser mais claramente definido, com objetivos mais

amplos, passando a ser o mais utilizado no mundo nos últimos anos (ENGEL & PARROTTA, 2003).

A ideia da nucleação por meio da implantação dos núcleos é disparar gatilhos ecológicos no processo de regeneração natural. Os núcleos são elementos capazes de formar novas populações, novos nichos de regeneração e gerar conectividade na paisagem. Dessa forma, são criadas condições para a regeneração natural, como a chegada de espécies vegetais, animais e microrganismos e a formação de uma rede de interações entre eles.

- a) A nucleação, é favorecida pelo método de deposição no qual o material estéril é depositado, em um ponto de vista ambiental, levando em conta que este: permite que a percolação das águas pluviais tenha caminhos preferenciais até a base da deposição, e;
- b) Garante que o processo de empolamento (20%) da argila após sua remoção e deposição na faixa ao lado, aumenta a sua porosidade, garantindo o processo de percolação das águas pluviais até o seu lençol freático, mantendo a dinâmica da água sobre os platôs minerados. Este empolamento também será favorável à implantação do sistema florestal, facilitando o desenvolvimento do sistema radicular das plantas recrutadas.

Foram utilizados como áreas para recuperação ambiental os depósitos de estéril da Mina de Bauxita de Juruti. Estes depósitos foram mapeados pela equipe topografia, a fim de determinar suas dimensões, onde posteriormente foi feita a deposição do material, oriundo da supressão vegetal, material este que é utilizado para regeneração natural das áreas em questão.

O nivelamento do terreno para permitir a entrada dos caminhões e deposição da galharia e topsoil para montagem dos módulos de nucleação foi executado com tratores de pequeno porte, sem a utilização do patrolamento e de escarificação. O aplainamento foi realizado somente o necessário para a segurança na entrada dos caminhões de transporte de galharia e topsoil (Figura 35).

**Figura 35** - Figura esquemática da reconformação topográfica



Fonte: Silva (2013).

A Transposição de Galharia e *Top soil* utilizado foi transportado para as áreas de recuperação com a utilização de caminhões basculantes. O carregamento destes caminhões foi feito a partir de escavadeiras hidráulicas após o enleiramento, por trator de esteira, do material na área em que estava ocorrendo a supressão vegetal (Figura 36).

**Figura 36** - Basculamento de material (galharia e top soil) nos módulos de recuperação



Fonte: Silva (2013).

Na Mina de Bauxita de Juruti, os módulos foram delimitados por bermas que apresentam uma área de 2.500 m<sup>2</sup> ou 900 m<sup>2</sup> (internamente), dependendo da classe de tal.

- Módulos mistos - Estes módulos apresentam uma medida de 50m x 50m (Figuras 37 e 38).

**Figura 37** - Desenho esquemático de módulos mistos (Galharia e Top Soil)



Fonte: Silva (2013).

**Figura 38** - Módulo de deposição misto



Fonte: Silva (2013).

- Módulos Simples - Diferente dos módulos mistos, estes módulos apresentam um medida de 30m x 30m, separados por bermas de top soil, formando compartimentos de 900m<sup>2</sup> (Figura 39).

**Figura 39** - Desenho esquemático de módulo simples



Fonte: Silva (2013).

Dentro dos módulos mistos, também foram introduzidas as técnicas nucleadoras de transposição da chuva de sementes, poleiros artificiais e plantio de mudas funcionais. Nestas áreas foram inseridos coletores confeccionados por telas com média de 2m<sup>2</sup>, suspensos por tirantes amarrados as pontas das telas, formando uma bolsa presa em quatro árvores (Figura 40).

**Figura 40** - Desenho esquemático da chuva de semente



Fonte: Silva (2013).

Todo o material depositado nos coletores é recolhido mensalmente e ensacado em embalagens individuais para cada coletor.

No Sistema de Plantio de Mudas funcionais foram introduzidas, em média, 75 mudas por módulo de recuperação espalhando-as de maneira a cobrir de forma equidistante dentro do mesmo. A opção do número pequeno de mudas está associada à grande regeneração de plantas provenientes do banco de sementes e ainda às probabilidades de um processo grande de regeneração a partir do material introduzido pela chuva de sementes e pelo transporte de sementes por pássaros (pássaros onívoros) que venham forragear insetos sobre as galharias (Figuras 41 e 42).

**Figura 41** - Desenho esquemático do plantio de mudas



Fonte: Silva (2013).

**Figura 42** - Exemplos de mudas plantadas em módulos de *top soil*



Fonte: Silva (2013).

As primeiras áreas recuperadas foram realizadas no ano de 2011. A (Figura 43) mostra um depósito recuperado no ano de 2011. É possível observar o depósito totalmente coberto por uma vegetação de aproximadamente 3m.

**Figura 43** - Depósito recuperado no ano de 2011



Fonte: Silva (2013).

A presença de estradas isolando os depósitos em recuperação é um agravante para que espécies animais frequentem os ambientes em recuperação. É preciso que sejam formados corredores de conectividade entres os módulos para que o processo de restauração não seja comprometido e para que haja migração de espécies animais de um módulo para outro.

A técnica de nucleação para restauração das áreas mineradas na Mina de Bauxita de Juruti mostra-se, a partir do levantamento dos indicadores de monitoramento, eficaz, levando em conta os resultados esperados propostos no PRAD, cumprindo, assim, o propósito de manter a estabilidade física da área e torná-la novamente habitada por espécies vegetais e animais.

#### 4.1.5 Utilização das Técnicas de Nucleação como uma das Etapas para a Reabilitação da Área Minerada em Corumbataí – SP

Há pelo menos 50 anos dezenas de fabricantes de cerâmica vermelha atuam na região de Rio Claro e Corumbataí, as quais utilizam como matéria- prima, material argiloso formado pelo intemperismo de rochas da Formação Corumbataí. Desta forma, ao se explorar argila deve-se recuperar a área degradada como determina a

Constituição Federal de 1988, em seu art. 225, §2º. Se buscou assim avaliar a viabilidade de utilização das técnicas de nucleação como uma das etapas para a reabilitação da área minerada em Corumbataí, SP.

A seleção da área de estudo ocorreu devido a sua influência na preservação dos processos hidrológicos, em que o benefício da recuperação desta não será apenas para o proprietário da área, uma vez que o aumento da vazão dos cursos hídricos oriundo das nascentes preservadas se torna benefício para a humanidade toda.

A seleção da área de estudo ocorreu devido a sua influência na preservação dos processos hidrológicos, em que o benefício da recuperação desta não será apenas para o proprietário da área, uma vez que o aumento da vazão dos cursos hídricos oriundo das nascentes preservadas se torna benefício para a humanidade toda. A área escolhida foi a APP de uma nascente que teve sua mata ciliar degradada e precisa se adequar às exigências da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb).

Para determinar o grau de degradação, a área foi avaliada visualmente quanto a eventuais alterações no relevo oriundas da extração de argila assim como as atuais condições do solo quanto a presença de processos erosivos.

A escolha das técnicas considerou também a presença de cobertura vegetal na área degradada, além da existência e distância de remanescentes na área degradada e no entorno, bem como, a presença de regeneração natural, banco de sementes, plântulas, presença de plantas invasoras, espécies indicadoras.

A área apresenta baixo grau de degradação em relação a forma do relevo. Nota-se a ausência de mudança brusca de relevo, as formas do relevo são suaves e sem indícios de processos erosivos.

A cobertura vegetal predominante é *Brachiaria* (Brachiária), além de pequenos fragmentos de mata ciliar dentro da APP da nascente (Figura 44) além de um fragmento maior de remanescente.

Figura 44 - Cobertura vegetal da área de estudo



Fonte: Associação Brasileira de cerâmica (2023).

A presença da *Brachiaria* é considerada um fator positivo quando relacionado com a minimização de processos erosivos uma vez que dificulta a lixiviamento do solo. Contudo, é um fator negativo para o desenvolvimento de mudas e sementes de espécies nativas, visto que são plantas invasoras e por isso apresentam um desenvolvimento mais rápidos que as espécies nativas impedindo o desenvolvimento destas.

#### **4.2 Os Desafios para o Uso das Técnicas de Nucleação**

As técnicas de nucleação são hoje consideradas promissoras para a recuperação de áreas degradadas, uma vez que proporcionam uma expressiva melhoria nas condições ambientais no sentido de resgatar a funcionalidade local e atrair as diversidades antes existentes. Os novos núcleos formados permitirão novos fluxos gênicos e a conectividade ambiental, promovendo uma maior estabilidade na dinâmica do ecossistema. Este princípio, além de permitir que as atividades de recuperação se fundamentem nos processos sucessionais, faz com que estas apresentem baixo custo e, portanto, viabilidade para a utilização das técnicas de nucleação.

No entanto, muitos estudos ainda são necessários para que haja compreensão das técnicas e a efetividade de sua aplicação, uma vez que em muitos

casos não têm sido registrados bons resultados, e em outros a demora no processo de formação da fisionomia florestal faz com que seja abandonado. Além disso, problemas com gramíneas invasoras tem dificultado a implantação das técnicas nucleadoras.

Das Técnicas nucleadoras, o Plantio de Mudas (ou Núcleos de Andersom) com espécies atrativas a fauna demonstrou-se promissor, contudo, devem ser colocados de forma que permita o manejo entre estes de forma mecanizada. A transposição de solo tem regenerado uma grande quantidade de espécie pioneiras, fazendo-se necessário o enriquecimento com sementes ou mudas de espécies de sucessão tardias, novamente, para esta técnica o manejo mecanizado também é dificultado. Como alternativa é sugerido que os núcleos sejam dispostos em linhas. A chuva de sementes tem se demonstrado ineficiente uma vez que a grande quantidade de sementes que chegam aos coletores encontra-se inviáveis, porém é necessário que haja mais testes com relação ao uso dessa técnica. Os poleiros artificiais também mostraram a existência de elementos facilitadores para o início do processo sucessional secundário. Por fim, pode-se dizer que o grande desafio no uso das técnicas de nucleação é o controle de gramíneas exóticas sem o uso de agroquímicos, uma vez que estes podem ser incorporados ao solo e chegar as plantas não alvos e até mesmo aos recursos hídricos.

#### **4.3 Sugestões para o Uso das Técnicas de Nucleação na Recuperação das Áreas Degradadas**

Cada uma das técnicas de nucleação possui diversos efeitos funcionais e particularidades que, em sinergia, abrangem vários fatores básicos de ecologia para a promoção da sucessão, energia, biodiversidade regional sobre o ambiente degradado e ainda conectividade entre as diferentes unidades da paisagem fragmentada. Quanto maior a diversidade de núcleos, maior será a efetividade das técnicas.

- Transposição de Galharias: Quando feito com galhos e caules de maior diâmetro é mais lenta decomposição, a função de abrigar a fauna pode perdurar por muitos anos. Por outro lado, quando se usam galhos e caules de pequeno diâmetro, a sua rápida decomposição acelera a formação de húmus e reconstituição do solo;

- **Transposição do solo:** Recomenda-se o uso desta técnica usando pequenas porções de *topsoil*, germinadas em bandejas em viveiro florestal, e dispendo as placas de mudas de alta biodiversidade em forma de núcleos na área degradada. Com o uso de pequenas porções de 1 m<sup>2</sup> emprestadas das florestas conservadas mais próximas (a serem desmatadas ou não), pode-se otimizar o tamanho da área a ser recuperada e agenciar a conectividade entre as áreas. Em florestas maduras, estas áreas de empréstimo de banco de sementes, quando pequenas e bem espaçadas, são rapidamente cicatrizadas, não degradando desta maneira a área fonte de sementes;
- **Chuva de Sementes:** A periodicidade de coleta mensal possibilita a implantação no campo de plantas que produzirão frutos ao longo de todos os meses, o que poderá manter os animais durante todo o ano na área degradada, considerando-se assim o aspecto fenológico da comunidade reestruturada. Recomenda-se sempre coletar de áreas fonte de sementes bem conservadas e principalmente sem espécies exóticas invasoras, evitando processos de invasão biológica;
- **Poleiros Naturais:** Recomenda-se o plantio de espécies rústicas herbáceo-arbustivas, geralmente de ciclo anual, que florescem e frutificam em poucos meses, atraindo uma série de animais polinizadores, dispersores de sementes e consumidores. Como são plantas de ciclo curto, logo servem de alimento aos decompositores, reciclando a matéria orgânica no solo. Ainda que o uso de espécies nativas seja o ideal, em algumas situações de falta de sementes nativas de ervas e arbustos no mercado, deve optar-se por determinadas plantas usadas tradicionalmente na adubação verde, que sejam exóticas, porém, não invasoras e não perenes, saindo naturalmente do ecossistema em pouco tempo (atentando-se sempre para não promover processos de invasão biológica);
- **Poleiros Artificiais:** Recomenda-se estruturas altas, pois quanto mais altas, são mais eficientes para o pouso de aves e morcegos, animais que trazem grande quantidade de sementes das áreas naturais remanescentes na região, podendo promover a conectividade entre as áreas. Os poleiros do tipo “torre de cipó” de 10 metros de alturas, confeccionados com três varas de eucalipto (com a copa) enterradas no solo em forma de cone, são bastante recomendados, pois conduzem trepadeiras como, por exemplo, maracujás nativos

(*Passiflorácea Jus. ex Roussef*) ou cipó-de-são-joão (*Pyrostegia venusta Ker (Gawl.)*), promovendo desta maneira maior atração de animais, inclusive morcegos;

- Plantio de Mudas: Recomenda-se que o plantio seja feito em grupos de cinco ou nove mudas altamente adensadas dentro do grupo (sob espaçamento em tronco de 1x1m), porém amplamente espaçadas entre grupos na área. Devem ser utilizadas espécies de fácil armazenamento de água e dessedentação da fauna silvestre, bem como para a atração de diversos animais para a área degradada

O conjunto de técnicas de nucleação representa um modelo de restauração florestal que contrasta com os métodos determinísticos utilizados, pelo fato de priorizar os processos sucessionais de modo que haja uma menor alteração no rumo da trajetória da sucessão natural. Aparentemente, a nucleação aplicada é mais lenta para atingir uma vegetação arbórea que corresponda ao clima tropical predominante no Brasil, mas representa uma base para a formação de comunidades vegetacionais que possam futuramente atuar como novos núcleos funcionais dentro da atual paisagem fragmentada.

Ações nucleadoras representam um avanço em modelos de restauração, expressando o forte caráter ético com a conservação e manejo das paisagens. Os núcleos formados mostram que pequenas interferências a nível local e de contexto, representam "gatilhos ecológicos" promotores de conectividade e de integração das áreas naturais e produtivas.

Toda ação de restauração deve ser monitorada e manejada conforme seus resultados. O monitoramento indicará se a técnica escolhida foi adequada e se está bem conduzida. Após a avaliação, nova tomada de decisão pode ser necessária. Por isso, recomenda-se que a restauração seja feita em etapas, começando por pequenas áreas. O monitoramento permite analisar se a técnica empregada está desencadeando a regeneração necessária para o retorno da vegetação nativa. A qualidade do solo e a estrutura, diversidade e composição da vegetação são características comumente avaliadas em um monitoramento de restauração ecológica, e são capazes de prever o sucesso da recomposição da vegetação.

As técnicas mais simples são a cobertura do solo, a densidade de plantas presentes e a sua riqueza. A cobertura do solo por forma de vida (vegetação competitiva, solo exposto, árvores, arbustos e herbáceas nativas). Fotografias podem ser feitas anualmente no mesmo lugar para comparar a cobertura do solo, e assim poder verificar se a vegetação planejada e a cobertura do solo aumentaram e se a vegetação competitiva diminuiu.

## 5 CONCLUSÃO

Para concluir é importante dizer que fazer um levantamento das técnicas de recuperação aplicadas em áreas afetadas pelas atividades antrópicas, é de suma importância, pois através disso, será possível obter informações das principais técnicas de recuperação que estão sendo desenvolvidas nas áreas onde ocorrem as atividades minerárias, e a partir disso, sugerir a técnica de nucleação como medida que contribuirá com a redução da degradação de forma sustentável, garantido aos ambientes degradados, a proteção e viabilização de outros usos para a área recuperada.

Uma nova tendência de modelos de restauração vem primando por abordagens mais amplas e integradas, buscando uma visão sistêmica da paisagem. A proposta do modelo de nucleação é biocêntrica: contrária à visão pontual e reducionista da natureza, prioriza refazer processos naturais da sucessão estocástica, direcionando a comunidade para a sua integração com a paisagem que a rodeia. Ações nucleadoras representam um avanço em modelos de restauração, expressando o forte caráter ético com a conservação e manejo das paisagens. Os núcleos formados mostram que pequenas interferências a nível local e de contexto, representam “gatilhos ecológicos” promotores de conectividade e de integração das áreas naturais e produtivas.

O desenvolvimento da técnica ambiental de Nucleação para recuperação das áreas degradadas é fundamental para o desenvolvimento sustentável, além de proporcionar um equilíbrio do crescimento econômico com a conservação ambiental.

Portanto, a atividade de recuperação, tendo como princípio básico a nucleação, tende a facilitar o processo sucessional natural, tornando-se mais efetiva quanto mais numerosa e mais diversificada forem esses núcleos.

É possível concluir que, após a execução das atividades propostas, ficou mais clara a importância da implantação de um programa de recuperação de uma área degradada, assim como a utilização de estratégias de nucleação que fazem uso de princípios importantes como a sucessão ecológica, a auto-ecologia e a ciclagem de nutrientes além de empregar técnicas simples e que possuem custos baixos se comparadas às técnicas convencionais.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R.O.P.O e SANCHES, L.E. Revegetação em áreas de mineração: critérios de monitoriamento e avaliação do desempenho. **Revista Árvore**. v.29, n.1. p.47-54, p. 48, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v29n1/24234.pdf>. Acesso: 04 jun. 2022.
- AMORIM, D.A.S.; SANTANA, J.E.S.; CARVALHO, S.; OLIVEIRA, E.M; Elaboração e execução do plano de recuperação de área degradada (PRAD) do complexo salgadeira em Chapada dos Guimarães – MT. In: **Anais...Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental**, Belo Horizonte, nov.2014. p.5.
- ANDERSON, M.L. **Plantación en grupos especiados**. FAO. Unasyuva - Vol. 7, No. 2. 1953.
- BECHARA, F.C. **Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras**: Floresta Estacional Semidecidual, Cerrado e Restinga. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Recursos Florestais, ESALQ-USP, Piracicaba – SP, 2006.
- BECHARA, F. C. *et al.* Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras de biodiversidade. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, s.1, p.9-11, 2007.
- BECHARA, F.C.; REIS, A. Unidade demonstrativa de restauração ecológica de restinga arbórea contaminada por Pinus no Parque Florestal do Rio Vermelho. In: TRES, D.R.; REIS, A. **Perspectivas sistêmicas para a conservação e restauração ambiental**: do pontual ao contexto. A. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues, 2009. 374 p.
- BENTO, R. A. **Custeio baseado em atividades das técnicas de restauração de áreas degradadas na Amazônia Central 2010**. 72f. Dissertação de Mestrado em Ciências de Florestas Tropicais – Manaus: INPA, 2010.
- BRASIL. **Decreto Federal 97.632**, Brasília, DF, 10 de abr. de 1989.
- BROOKER, R. W. et al. Facilitation in plant communities: the past, the present, and the future. **Journal of Ecology**, v. 96: 18-34. 2008.
- BOCCATO, V. R. C. Metodologia da pesquisa bibliográfica na área odontológica e o artigo científico como forma de comunicação. **Rev. Odontol.** Univ. Cidade São Paulo, São Paulo, v. 18, n. 3, p. 265-274, 2006. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/rdbci/article/view/1896>. Acesso em: 03 set. 2020.
- BUDOWSKI, G. **Distribution of tropical American rain forest species in the light of successional processes**. Turrialba, nº 15: 40-42, 1965.
- CALEGARI, L. et al. Caracterização do banco de sementes de espécies arbustivo-arbóreas para fins de restauração florestal de área degradada por mineração,

Carandaí, MG. In: Simpósio nacional sobre recuperação de áreas degradadas, 7., 2008, Curitiba. **Anais...** Curitiba. SOBRADE. 2008. 135-146.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; SOARES, A. L. L. Carbono orgânico, nitrogênio total, biomassa e atividade microbiana do solo em duas cronossequências de reabilitação após a mineração de bauxita. **Rev. Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32: 621-632. 2008.

CARVALHO, P.E.R. Espécies Arbóreas Brasileiras. v. 1. Brasília, **Embrapa Informação Tecnológica**; Colombo/PR: Embrapa Florestas. 2003.

CATHARINO, E. L. M.; BERNACCI, L. C.; FRANCO, G. A. D. C.; DURIGAN, G.; METZGER, J. P. Aspectos da composição e diversidade do componente arbóreo das florestas da Reserva Florestal do Morro Grande, Cotia-SP. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 6, n. 2, 2006.

CONAMA. **Resolução nº 369**, de 28 de março de 2006.

CORRÊA, R.S.; MELO FILHO, B. Aspectos ecológicos da sucessão secundária em áreas mineradas no cerrado. In: CORRÊA, R.S.; BAPTISTA, G. M. M. **Mineração de áreas degradadas no cerrado**. Editora Universa, Brasília, cap. 7: 123-158. 2008.

COMPÊNDIO ONLINE GERSON LUIZ LOPES. Laboratório de Manejo Florestal. Disponível em: <https://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/erythrina-mulungu-martex-benth-mulungu-coral/>. Acesso em: 10 de jan. de 2023

CORREIA, S.J. et al. Constituintes das cascas de *Tapirira guianensis* (Anacardiaceae). **Química Nova**, v.26, n.1, p.36-38, 2003. Disponível em: <https://www.arvoresdobiomacerrado.com.br/site/2017/04/08/tapirira-guianensis>. Acesso em: 10 jan 2022.

COSMO, N. L.; NOGUEIRA, A. C.; LIMA, J. G.; KUNIYOSHI, Y. S. Morfologia de fruto, semente e plântula de *Sebastiania commersoniana*, Euphorbiaceae. **Floresta**, v. 40, n. 2, p. 419-428, 2010.

COSTA, M.G.C. Transposição de Galharia como técnicas de restauração de áreas degradadas uma avaliação de eficiência do método na atração de fauna. In: **Congresso Brasileiro de Reflorestamento Ambiental**. Rio Claro, 2011, p.2.

DIAS, R.C. **Poleiros artificiais como catalisadores na recuperação florestal**. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica – RJ, jul. 2008. 25 p. Disponível em: [http://www.if.ufrj.br/inst/monografia/Cristiano\\_Roberto\\_Dias.pdf](http://www.if.ufrj.br/inst/monografia/Cristiano_Roberto_Dias.pdf). Acesso em: 20 de Junho de 2022.

DELAMONICA, P.S. **Florística e estrutura de floresta atlântica secundária** – Reserva Biológica Estadual da Praia do Sul, Ilha Grande, RJ. Dissertação de Mestrado, IB/USP, São Paulo. 178 p., 1997.

FELFILI, J. M.; FAGG, C. W.; PINTO, J. R.R. Modelo nativas do bioma stepping stones na formação de corredores ecológicos, pela recuperação de áreas **degradadas no cerrado**. In: Arruda, M. B. (Org.). **Gestão integrada de ecossistemas aplicada à corredores ecológicos**. Brasília, p. 187-209. 2005a.

FOSCHINI, R.C; RIBEIRO, C.G; SALVADOR, N.N.B. **Legislação ambiental sobre recuperação de áreas degradadas pela exploração de minérios e o uso do mecanismo de caução**. Ambiente – AUGM. São Carlos, dez. 2002. Disponível em: <http://www.ambiente.augm.ufscar.br/uploads/A2-152.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2022.

GARWOOD, N.C. **Tropical soil seed banks: a review**. In: M.A. LACK, V.T. PARKER AND R.L. SIMPSON (Eds.) Ecology of soil seed banks. Academic Press, San Diego, California. 149-209. 1989.

GRIPP, M.F.A.; NONATO, C.A. A preservação e recuperação do meio ambiente no planejamento e projeto de lavra. In: **II Congresso Ítalo Brasileiro de Engenharia de Minas**, 1993. São Paulo, 15 a 17 set. 1993.

GUEVARA, S.; GOMEZ- POMPA, A. Seeds from surface soil in a tropical region of Veracruz, México. **Journal of Arnold Arboretum**, v. 53, p. 32- 335, 1972.

GUEVARA, S.; LABORDE, J. Monitoring seed dispersal at isolated standing trees in tropical pastures: consequences for local species availability. **Vegetation**, v.107/108, p.319-338, 1993.

GUIMARÃES, A.E.N.; VINICIUS, E.; BATISTA, P.G.; SOUZA, Z. **Análise para recuperação de uma área degradada, na micro bacia do ribeirão Taquaruçu – Palmas-TO**. Faculdade Católica do Tocantins. 2009, 14p.

HERRERA, M.A.; SALAMANCA, C.P.; BAREA, J.M. Inoculation of woody legumes with selected arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia to recover desertified Mediterranean ecosystem. **Applied and Environmental Microbiology**, v.59, n.1, p.129-133, 1993.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (10 de outubro 2002). **Área territorial oficial**. Resolução da Presidência do IBGE de nº 5 (R.PR-5/02).

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo**. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). **Instrução normativa** n. 4, de 13 abri. 2011.

JAKOVAC, A.C.C. **Uso do banco de sementes florestal contido no topsoil como estratégia de recuperação de áreas degradadas**. Dissertação. Instituto de Biologia – UNICAMP, Campinas, São Paulo. 148 p. 2007.

KAGEYAMA, P.Y - Plantações mistas com espécies nativas com fins de proteção e reservatórios. In: Congresso florestal brasileiro, 6, Campos de Jordão, 1990. **Anais**. São Paulo, SBS/SBEF, 1990. v.1, p. 109-13.

KAGEYAMA, P.; GANDARA, F. B. Recuperação de áreas ciliares. In: Rodrigues, R.R.; Leitão Filho, H. de F. (eds.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo/Fapesp. 249-271. 2000.

KAGEYAMA, P.; GANDARA, F. B. **Recuperação de Matas Ciliares**. In: KAGEYAMA, P.Y.; OLIVEIRA, R.E.; MORAES, L.F.D.; ENGEL, V.L.; GANDARA, F.B. (org.) Restauração ecológica de ecossistemas naturais. Botucatu: Fundação de estudos e pesquisas agrícolas florestais – FEPAF. 340 p. 2008.

KAWATO, H. K; EGOSHI, H.R. **Proposta de restauração de mata ciliar utilizando técnicas de nucleação no município de Regente Feijó-SP**. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Estadual Paulista. nov, 2011. 108 p.

LAGO, M. L. E.; MIKICH, S. B. Contribuição de poleiros naturais e artificiais para a recuperação de ecossistemas florestais. In: **Anais...Encontro de Iniciação Científica da Embrapa Florestas**. Colombo, PR, out. 2011.

LEITE, E. C; RODRIGUES, R. R. Fitossociologia e caracterização sucessional de um fragmento de floresta estacional do sudeste do Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 583-595, 2008.

LONGO, M.H.C. **Serviços ecossistêmicos e a atividade mineraria: um estudo de caso no vale do Ribeiram**. SP. 2014. 108 f. Dissertação de Mestrado em Conservação de Ecossistemas Florestais. Universidade de São Paulo- SP, 2014.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 3.ed. Nova Odessa. São Paulo: Instituto Plantarum, vol.1, 2000.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. 4. Nova Odessa, Instituto Plantarum. 2002

LOTT, C. P. M.; BESSA, G. D.; VILELA, O. CRVD - Reabilitação de áreas e fechamento de minas. **Brasil Mineral** - Edição especial Mineração e Meio Ambiente, n.228, p.26-31, 2004.

MARIOT, A; MARTINS, L.C; VIVIANI, J.V; PEIXOTO, E.R. 2007. **A Utilização de técnicas nucleadoras na restauração ecológica do canteiro de obras da UHE serra do Falcão**. Disponível em: <http://www.cadp.org.ar/docs/congressos/2008/76.pdf>. Acesso em: 04 jun. 2022.

MARTINS, S. V. Recuperação de matas ciliares. 2.ed. ver. e ampl. Viçosa, MG; **Aprende Fácil**. v.1, p. 255, 2007.

MARTINS, S. V. Recuperação de áreas degradadas: ações em áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e de mineração. Viçosa, MG: **Aprenda Fácil**, v.1, 2009. 270 p.

MALAI MANSO RESORT YACHT CONVENTION & SPA. **Jatobá-da-mata**. Disponível em:

<https://www.malaimansoresort.com.br/sustentabilidade/arvores/jatoba-da-mata/>. Acesso em: 10 jan. 2022.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. Secretaria de meio ambiente, infraestrutura e logística. **Conheça a barriguda**. Disponível em: <https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/2016/04/conheca-a-barriguda/>. Acesso em: 10 jan. 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Guia de procedimentos do licenciamento ambiental federal**. Brasília. 2002. 128 p. Disponível em: [http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa\\_pnla/\\_arquivos/Procedimentos.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/Procedimentos.pdf). Acesso em: 04 jun. 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Roteiro de apresentação para plano de recuperação de área degradada (PRAD) terrestre**. Parque Nacional da Serra da Bocaina, v.3, jan. 2013. 13p. Disponível em: [http://www.icmbio.gov.br/parnaserradabocaina/oquefazemos/gestaoemanejo/Roteiro\\_PRAD\\_versao3.pdf](http://www.icmbio.gov.br/parnaserradabocaina/oquefazemos/gestaoemanejo/Roteiro_PRAD_versao3.pdf) . Acesso em: 04 jun. 2022.

MORAES, L. F. D; ASSUMPÇÃO, J. M; PEREIRA, T.S; LUCHIARI, C. **Manual técnico para a restauração de áreas degradadas**. Rio de Janeiro. 2.ed. Rio de Janeiro, 2013. 84 p. Disponível em: [https://www.jbrj.gov.br/sites/all/themes/corporateclean/content/publicacoes/manual\\_tecnico\\_restauracao.pdf](https://www.jbrj.gov.br/sites/all/themes/corporateclean/content/publicacoes/manual_tecnico_restauracao.pdf). Acesso em: 04 jun. 2022.

MORI, E. S.; PIÑA-RODRIGUES, F. C. M.; FREITAS, N. P.; MARTINS, R. B. **Sementes florestais: guia para germinação de 100 espécies nativas**. São Paulo: Instituto Refloresta, 159 p. 2012.

NOGUEIRA, P. **Reflorestamento heterogêneo com essências indígenas**. São Paulo: Instituto Florestal, 1977. 71 p.

ODUM, H.T. Emergy in ecosystems. In: POLUNIN, N. (Ed.). **Environmental monographs and symposia**. New York: John Willey, 1986. cap.8, p. 337-369.

OLIVEIRA, A.J.F. **Recuperação de uma área degradada do cerrado através de modelos de nucleação, galharias e transposição de banco de sementes**. 2013. Tese de Doutorado, Publicação PPGEFL, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, DF, 116p.

OLIVEIRA, A. K. M.; SCHLEDER, E. D.; FAVERO, S. Caracterização morfológica, viabilidade e vigor de sementes de *Tabebuia aurea* (Silva manso) Benth. & Hook. F. ex. S. Moore. **Revista Árvore**. v. 30, n. 01, p. 25-32, 2006.

OLIVEIRA, L. M.; CARVALHO, M. L. M.; NERY, M. C. **Teste de tetrazólio em sementes de *Tabebuia serratifolia* Vahl Nich. e *T. impetiginosa* (Martius ex A. P. de Candolle) Standley – Bignoniaceae**. *Revista Ciência Agronômica*, v.36, n.2, p.169-174, 2005.

PARKER, V.T. e PICKETT, S.T. Restoration as an ecosystem process: implications of the modern ecological paradigm. In: URBANSKA, K. M., WEBB, N. R., EDWARDS, P.J. (Eds.). **Restoration ecology and sustainable development**. Cambridge press. 17-32, 1997.

PENNINGTON, T.D. **A monograph of neotropical Meliaceae**. New York, New York Botanical Gardens, 470p. 1981.

PINHEIRO, A. E.; MARANGON, L. C.; PAIVA, G. L. R. Características fenológicas do cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) em Viçosa, Minas Gerais. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 21, p.21-26, 1990.

REIS, A., ZAMBONIM, R. M.; NAKAZONO, E. M. 1999. **Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal**. Série Cadernos da Biosfera 14. Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica / Governo do Estado de São Paulo. São Paulo. 42 p.

REIS, A; BECHARA, F.C; ESPÍNDOLA, M.B; VIEIRA, N.K; SOUZA, L.L. Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais. **Natureza e Conservação**. Santa Catarina, n.1, vol. 1, p. 28-36, abr.2003.

REIS, A; TRÊS, D. R; BECHARA, F. C. **Nucleação como Novo Paradigma na Restauração Ecológica**: “Espaço para o imprevisível”. Disponível em: [http://lerf.eco.br/img/publicacoes/2006\\_.pdf](http://lerf.eco.br/img/publicacoes/2006_.pdf). Acesso em 20 jun. 2022.

RIBEIRO, J.F. & WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. Pp. 1279. In: Sano, S.M.; Almeida, S. P. & Ribeiro, J. F. (Ed). **Cerrado**: ecologia e flora. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica. 2008.

RIZZINI, C.T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**. São Paulo, E. Blucher, 296p. 1981.

RODRIGUES, R.R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: Rodrigues, R. R. e Leitão Filho, H. F. **Matas ciliares**: conservação e recuperação. Editora da Universidade de São Paulo: Fapesp. São Paulo, 2004. 320 p.

RODRIGUES, R. R. et al. Large-scale ecological restoration of high-diversity tropical forests in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.261, p.1605-1613, 2011.

SANTOS, P. L. *et al.* Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de semeadura direta para recuperação de áreas degradadas. Brasil. **Revista Árvore**. V.36, 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/rarv/v36n2/a05v36n2.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2022.

SILVA, L. M. B.; BARBOSA, D. C. Crescimento e sobrevivência de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan (Leguminosae), em uma área de caatinga, Alagoinha, PE. **Acta Botânica**, v. 14, n. 3, p. 251-261, 2000.

SILVA, Rhaymá do Carmo. **Análise do método de recuperação de áreas degradadas da Mina de Bauxita de Juruti – Nucleação**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Campus Universitário de Marabá, Instituto de Geociências e Engenharias, Faculdade de Engenharia de Minas e Meio Ambiente, Curso de Engenharia de Minas e Meio Ambiente, Marabá, 2013.

SOARES, M. P. **Técnicas de restauração de áreas degradadas 2009**. Disponível em: [http://www.ufjf.br/ecologia/files/2009/11/estagio\\_Silvia\\_Soares1.pdf](http://www.ufjf.br/ecologia/files/2009/11/estagio_Silvia_Soares1.pdf). Acesso em: 04 jun. 2022.

TATSCH, G.L. **Recuperação de uma área degradada através do método de nucleação**. Relatório técnico. Santa Margarida do Sul. Curso de Engenharia Florestal – Universidade Federal do Pampa, São Gabriel. 2011. 40 p.

TONGWAY, J. D. & LUDWIG, J.A. Rehabilitation of semiarid landscapes in Australia. I. Restoring productive soil patches. **Restoration Ecology**, v.4, nº 4, 388-397. 1996.

TOSO, Lucas Donato. **Nucleação como gatilho ecológico na restauração de áreas mineradas no rio grande do sul** - 2018. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola, RS, 2018.

TRES, D.R. Tendências da restauração ecológica baseada na nucleação. In: Congresso nacional de botânica, 57, Gramado, 2006. **Anais...** Gramado, 2006. s/p.

VIEIRA, N.K. 2004. **O papel do banco de sementes na restauração de restinga sob talhão de Pinus elliottii Engelm**. 77p. Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Biologia Vegetal, UFSC, Florianópolis.

WHITMORE, T.C. Gaps in the forest canopy. In: TOMLINSON, P.B.; ZIMMERMANN, M.H. **Tropical trees as living systems**. Cambridge: Cambridge University Press, 639-649.,1976.

YARRANTON, G.A.; R.G. Morrison. Spatial dynamics of a primary succession: nucleation. **Journal of Ecology**, v.62, n.2, p. 417-428, 1974.