UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS
BACHARELADO EM GEOGRAFIA

HUGO BARROS DE ANDRADE

UMA ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS E SUA VIABILIDADE NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

JOÃO PESSOA - PARAÍBA
2024

HUGO BARROS DE ANDRADE

UMA ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS E SUA VIABILIDADE NO SEMIÁRIDO DO BRASIL

Monografia apresentada à coordenação do curso de Geografia na Universidade Federal da Paraíba, para a obtenção do grau de bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza

JOÃO PESSOA - PARAÍBA
2024

Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A553a Andrade, Hugo Barros de.
Uma análise das técnicas de recuperação de áreas degradadas e sua viabilidade no semiárido do Brasil / Hugo Barros de Andrade. - João Pessoa, 2024.
66 p. : il.

Orientação: Bartolomeu Israel de Souza.
TCC (Curso de Bacharelado em Geografia) - UFPB/CCEN.

1. Reflorestamento. 2. Recuperação de áreas degradadas. 3. Semiárido. 4. Caatinga. I. Souza, Bartolomeu Israel de. II. Título.

UFPB/CCEN CDU 91(043.2)

Elaborado por Josélia Maria Oliveira da Silva - CRB-15/113

ANEXO 4

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
COORDENAÇÃO DOS CURSOS DE GEOGRAFIA

Resolução N. 01/2021/CCBLG/CCEN/UFPB

PARECER DO TCC

Tendo em vista que o aluno (a) **HUGO BARROS DE ANDRADE**
(X) cumpriu ( ) não cumpriu os itens da avaliação do TCC previstos no artigo 25º da Resolução N. 01/2021/CCBLG/CCEN/UFPB somos de parecer (X) favorável ou ( ) desfavorável à aprovação do TCC intitulado:

UMA ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS E SUA VIABILIDADE NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Nota final obtida: 9,4

João Pessoa, 14 de outubro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Bartolomeu Israel de Souza
Professor Orientador

—
Professor Co- Orientador (Caso exista)

Membro Interno Obrigatório (Professor vinculado ao Curso)

José Maria Pereira Cordeiro
Membro Interno ou Externo

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer às seguintes pessoas, sem as quais este trabalho não teria sido possível realizar:

- Aos meus pais, Nilton Pereira e Zileida Barros, e ao meu Irmão Bruno Barros, pelo seu apoio incondicional em todos os aspectos possíveis;
- Ao meu orientador Prof. Dr. Bartolomeu Israel de Souza pela orientação e apoio durante este trabalho bem como trabalhos anteriores;
- À psicóloga Maria Luiza Cantalice Luna pelo apoio em vários momentos da minha vida, em especial para a apresentação deste TCC;
- À banca avaliadora, composta pelos professores Anieres Barbosa da Silva e Joel Maciel Pereira Cordeiro, pelas suas importantes contribuições; e
- Aos professores do Curso de Bacharelado em Geografia da UFPB, que me ajudaram a amadurecer para que eu pudesse chegar até este momento e realizar tal trabalho.

RESUMO

A remoção de vegetação para formação de pasto, exploração agrícola ou obras de engenharia de fins gerais é o primeiro passo para um processo de desertificação, que não tem impactos apenas na flora, fauna e solo de uma área, mas envolve também aspectos econômicos, sociais e culturais, com perda ou redução dos recursos naturais, diminuição da produção e das condições de vida, e o consequente êxodo da população rural. No Brasil, há uma tendência de crescimento da aridez em especial no semiárido nordestino. A Caatinga, considerada o bioma mais biodiverso entre os biomas semiáridos do planeta, com apenas 1% de sua área coberta com conservação integral, tem tido parte de sua extensão transformada em áreas desertificadas devido às ações antrópicas. Muitos trabalhos tem sido desenvolvidos pela comunidade internacional na busca por soluções que possam reverter esse cenário, com técnicas que possibilitem a recuperação de áreas que passaram por um processo degradação ambiental. São soluções que variam de acordo com a disponibilidade de recursos e as especificidades. Esta pesquisa analisou técnicas que têm sido utilizadas em várias partes do mundo na recuperação de áreas degradadas, suas características, meios empregados e os resultados obtidos. Foi feita uma abrangente pesquisa bibliográfica realizada exclusivamente pela Internet sem nenhum filtro temporal, pois se desejava buscar todas as publicações que fizessem referências ao tema, assim como não houve qualquer limitação geográfica, pois quanto maior a diversidade de contextos sociopolíticos e culturais, mais rico seria o resultado da pesquisa. O foco principal foi a viabilidade dessas técnicas no semiárido brasileiro, em especial na Caatinga. Os resultados mostraram que algumas se mostraram eficazes, mas de elevado custo e dependente de recursos hídricos que são escassos na região. Outras demandam poucos recursos financeiros e materiais, mas o período para apresentar resultados é prolongado. Há também as que se mostram promissoras, mas ainda possuem lacunas que merecem investigações ou até mesmo serem testadas no semiárido nordestino.

Palavras-chave: reflorestamento, recuperação, áreas degradadas, semiárido, Caatinga

ABSTRACT

The removal of vegetation for pasture formation, agricultural exploration or general purpose engineering works is the first step towards a desertification process, which not only has impacts on the flora, fauna and soil of an area, but also involves economic and social aspects. and cultural, with loss or reduction of natural resources, reduction of production and living conditions, and the consequent exodus of the rural population. In Brazil, there is a tendency for aridity to increase, especially in the semi-arid northeast. The Caatinga, considered the most biodiverse biome among the semi-arid biomes on the planet, with only 1% of its area covered with integral conservation, has had part of its extension transformed into desertified areas due to human actions. Much work has been developed by the international community in the search for solutions that can reverse this scenario, with techniques that enable the recovery of areas that have undergone an environmental degradation process. These are solutions that vary according to the availability of resources and specificities. This research analyzed techniques that have been used in various parts of the world in the recovery of degraded areas, their characteristics, means used and the results obtained. A comprehensive bibliographical search was carried out exclusively over the Internet without any temporal filter, as it was desired to search for all publications that made references to the topic, as well as there was no geographical limitation, as the greater the diversity of socio-political and cultural contexts, the richer it would be the search result. The main focus was the viability of these techniques in the Brazilian semi-arid region, especially in the Caatinga. The results showed that some were effective, but costly and dependent on water resources that are scarce in the region. Others require few financial and material resources, but the period to present results is long. There are also those that show promise, but still have gaps that deserve investigation or even testing in the semi-arid northeast.

Keywords: reforestation, recovery, degraded areas, semiarid, Caatinga

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Exemplos de poços meia lua..... 15

Figura 02. Distribuição dos poços meia-lua..... 16

Figura 03. Evolução do processo de reflorestamento utilizando a técnica da meia-lua 17

Figura 04. Bola de semente germinada..... 19

Figura 05. Preparação das bolas de sementes..... 20

Figura 06: Quilombolas utilizando *Seed Bombing* para restaurar vegetação em áreas de difícil acesso..... 21

Figura 07. Exemplo de Barramento em formato de Arco Romano..... 22

Figura 08: Seção transversal de um barramento..... 22

Figura 09: Seção transversal de um barramento..... 22

Figura 10: Esquema mostrando o sequenciamento dos barramentos..... 23

Figura 11: Barramento em forma de arco..... 24

Figura 12: Evolução da camada de sedimentos no barramento..... 24

Figura 13: Camada de Serrapilheira no solo..... 25

Figura 14: Relação entre a produção de serrapilheira (Y) e a latitude (X). Os triângulos brancos indicam latitudes equatoriais; os triângulos pretos latitudes temperadas quentes; os círculos indicam zonas temperadas frias na América do Norte (Branco) e na Europa (Preto); e os quadrados indicam zonas Árticas-Alpinas..... 26

Figura 15: Emergência das plantas obtidas por semeadura e por tratamento e a sobrevivência passados dois anos após a semeadura direta. As barras verticais indicam o desvio-padrão..... 29

Figura 16: Poleiro artificial utilizado na pesquisa em Várzea -PB..... 30

Figura 17: Relação do depósito de sementes por m^2 com a altura dos poleiros.... 31

Figura 18. Tela sob o poleiro artificial para coleta dos excrementos das aves... 32

Figura 19: Enleiramento de galharia..... 34

Figura 20: Galharia como abrigo de fauna nativa..... 34

Figura 21: Instalação das galhadas na Fazenda Cachoeira de São Porfírio, Várzea – PB..... 36

Figura 22: Excretas observadas dentro e ao lado de galhadas instaladas na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB..... 37

Figura 23: Modelo sucessional de plantio de árvores nativas em módulo. P = pioneiras; I = secundárias iniciais; T = secundárias tardias; C = clímaxes..... 39

Figura 24: Evolução do reflorestamento na Fazenda Bulcão em 20 anos..... 40

Figura 25: Combinações possíveis de núcleos de plantio..... 41

Figura 26: Diferentes combinações possíveis em núcleos de 21 e 25 árvores com duas espécies..... 42

Figura 27: Núcleo de Anderson em grupo de 5..... 43

Figura 28: Esquema de SAF que pode ser descrito como corte de beco..... 46

Figura 29: Esquema mostrando o SAF implementado por Campos (2020) A= Mudas de Espécies arbóreas madeireiras (nativas e exóticas); F = mudas de espécies frutíferas (nativas e exóticas) 49

Figura 30. Distribuição de blocos, linhas e covas na área de estudo e seus respectivos tratamentos..... 52

Figura 31. Taxa de sobrevivência das plantas provenientes de sementes sub-metidas à emergência sem tratamento (A) e com tratamento (B) para a superação de dormência..... 54

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Biomassa recolhida nos poleiros..... 33

Tabela 02: Desenvolvimento das espécies estudadas mostrando, respectivamente, a média da altura inicial e final (H), a taxa de crescimento final (TCF), o diâmetro a altura do solo inicial e final (DAS) e a taxa de crescimento do diâmetro a altura do solo, com os desvios padrão entra parênteses..... 44

Tabela 03: Lista de espécies utilizadas na implantação do Sistema Agroflorestal..... 49

Tabela 04: Espécies selecionadas para o estudo de recuperação de áreas degradadas por meio de semeadura direta no município de Lagarto-Se. Classificação Sucessional (CS): P - pioneira; Si - secundária inicial..... 51

SUMÁRIO

1 - Introdução..... 11

2 - Metodologia..... 13

3 - Resultados e Discussões..... 14

3.1- Técnicas de Recuperação de Áreas Degradadas..... 04

3.1.1 - Poços Meia-lua..... 14

3.1.2 - Bombardeio de Sementes..... 18

3.1.3 - Barramento Base Zero..... 21

3.1.4 - Transposição de Serapilheira..... 25

3.1.5 - Poleiros Artificiais..... 29

3.1.6 - Transposição de Galharia..... 33

3.1.7 - Plantio de Mudas..... 37

3.1.8 - Núcleos de Anderson..... 40

3.1.9 - Agroflorestas..... 44

3.1.10 - Semeadura Direta..... 50

3.2 - Considerações Sobre as Técnicas de Recuperação de Áreas Degradadas e sua Viabilidade no Semiárido Brasileiro..... 54

4 - Conclusões e Recomendações..... 58

Referências..... 60

1 INTRODUÇÃO

A degradação ambiental é constatada quando se observa que a vegetação e fauna são reduzidas ou extintas do seu ecossistema e sua camada de solo rico em nutrientes minerais se encontra exaurida, com impactos em todos os elementos envolvidos nesse ecossistema (Costa *et al*., 2016). As razões disso estão relacionadas ao fato do ser humano ter buscado satisfazer suas necessidades explorando os recursos naturais sem preocupação com sua preservação ou uso responsável (Paulista *et al*., 2018). Nesse contexto, a remoção parcial ou total de uma área para formação de pasto, exploração agrícola ou obras de engenharia de fins gerais é o primeiro passo para um processo de desertificação em zonas de clima seco, pois tem impactos diretos na sua biodiversidade e na degradação do solo com o processo de erosão, remoção de nutrientes etc. (Lima, 2004).

A desertificação não é um fenômeno com impactos apenas na flora, fauna e solo de uma área, mas envolve também aspectos econômicos, sociais e culturais, com perda ou redução dos recursos naturais, diminuição da produção e das condições de vida, e o consequente êxodo da população rural.

De acordo com o INPE/CEMADEN (2023), há uma tendência de aumento da aridez em todo o Brasil, exceto a região Sul e litoral do Rio de Janeiro e São Paulo. O fenômeno é mais acentuado nas áreas semiáridas, que se localizam no Nordeste (Exceto Maranhão) e norte de Minas Gerais, e têm crescido a uma taxa acima de 75km^2 por década. Os resultados do estudo mostraram também um fenômeno grave, que foi o surgimento de uma área considerada árida no norte da Bahia, o que nunca havia sido registrado.

A Caatinga brasileira é considerada o bioma mais biodiverso entre os de clima seco do planeta. As suas altas temperaturas e sua baixa umidade possuem grandes influências sobre o regime de águas deste bioma, uma vez que este apresenta altíssimas taxas de evaporação que consome 88% do volume de chuva e apenas 3% se transformando em escoamento superficial (WWF, 2017; Campos, 2011).

Aproximadamente 40.000 km² da Caatinga se transformou em áreas desertificadas devido às ações antrópicas e o problema da degradação é agravado pelo fato de apenas 1% de sua área ser coberta com unidades de conservação integral, abaixo dos 10% recomendados pela União Internacional de Conservação da Natureza e pela Comissão Nacional de Biodiversidade (Alves *et al*., 2008; WWF, 2017).

A recuperação de uma área degradada tem como objetivo sua revitalização e a obtenção de um ecossistema equilibrado e estável. Ou seja, é um trabalho feito com o objetivo de auxiliar no restabelecimento de um ecossistema que passou por um processo de degradação e está intimamente associado à sua restauração ecológica. Um sistema é considerado restaurado quando seus componentes bióticos e abióticos forem suficientes para que se desenvolva sem o auxílio ou intervenção humana (MMA, 2016). Quanto mais limitados são os recursos naturais da região, mais difícil é seu processo de recuperação (Lima, 2004).

Há uma certa urgência no sentido de se recuperar áreas degradadas uma vez que, se a expansão das atividades rurais seguirem as mesmas tendências atuais, ter-se-á um avanço nas áreas remanescentes da Caatinga, que vão ser substituídas por áreas onde se realizam agricultura irrigada, pastagem, exploração de lenha e produção de carvão vegetal (MMA, 2011).

O estabelecimento de diferentes pesquisas é importante para propor soluções que possam reverter esse cenário de degradação da Caatinga, com técnicas que possibilitem a recuperação de áreas que passaram por um processo de antropização. São soluções que variam de acordo com a disponibilidade de recursos e as especificidades locais como solo, unidade, temperatura e pluviometria.

Este trabalho tem como objetivo analisar as técnicas que têm sido utilizadas em várias partes do mundo na recuperação de áreas degradadas, suas características, meios empregados e a dimensão dos resultados obtidos. O foco principal desta pesquisa é a avaliação da viabilidade de uso dessas técnicas no semiárido brasileiro, em especial na Caatinga.

Pretende-se com isso gerar subsídios que possam contribuir com o uso de meios para a melhoria das condições ambientais e de vida dos que habitam essas áreas.

2 METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos pretendidos, foi necessária uma abrangente pesquisa bibliográfica realizada exclusivamente pela Internet. Utilizou-se como ferramenta de consulta o Portal de Periódicos da CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, órgão do Ministério da Educação do Brasil e o Google Acadêmico.

Foram consulados artigos científicos, livros, notas técnicas, manuais etc., usando combinações de palavras-chave como “reflorestamento”, “recuperação”, "restauração", “áreas degradadas”, “semiárido”, “Caatinga” etc., tanto em português como em inglês e espanhol.

Não foi imposto nenhum filtro temporal, pois se desejava buscar todas as publicações que fizessem referências ao tema, assim como não houve qualquer limitação geográfica, pois, quanto maior a diversidade de contextos sociopolíticos e culturais, mais rico seria o resultado da pesquisa. Com os artigos encontrados, seus resumos foram lidos, analisados e os que não eram do interesse da pesquisa foram descartados. Uma segunda análise foi feita sobre a íntegra dos artigos pré-selecionados para identificar aqueles que abordavam as questões que interessavam, mantendo os que eram considerados relevantes, independente da abordagem metodológica utilizada. Ao longo da análise mais aprofundada dos artigos, também foram examinadas suas referências em busca do que poderia contribuir e que não tivesse sido apresentado na busca virtual.

O conteúdo resultante da revisão bibliográfica foi organizado segundo o tipo de técnica utilizada. Isso permitiu analisar e comparar os resultados, as vantagens e desvantagens dos procedimentos utilizados, suas conclusões e contribuições, o que se construiu de conhecimento até agora e as lacunas que precisam ser preenchidas para a formação de um conhecimento mais amplo sobre o tema, em perfeita harmonia com os objetivos da pesquisa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Técnicas de recuperação de áreas degradadas

O processo de reflorestamento pode ser feito de diversas formas, variando de acordo com o grau de intervenção exigido. Algumas não exigem nenhum tipo de intervenção e atuam nos elementos que agiram para a degradação da área e naqueles que possam contribuir para a sua recuperação natural. Outras formas envolvem intervenções diretas como o plantio de mudas e semeadura.

Qualquer que seja o nível de ação exigido, as técnicas costumam ser divididas em quatro grupos (Moraes *et al*., 2013):

- Remoção do elemento responsável pela degradação ou que esteja impedindo a recuperação natural da vegetação como pecuária intensa, queimadas, plantas invasoras etc.
- Intervenção mínima em certos locais da área degradada com o objetivo de criar condições favoráveis que estimulem o processo de regeneração por meio de microrganismos ou animais dispersores.
- Incremento da diversidade na vegetação com a inclusão de espécies com potencial para atrair animais dispersores ou de algum valor econômico, seja por plantio direto ou semeadura, quando a área degr4adada possui capacidade natural de recuperação.
- Plantação de mudas para recompor a vegetação nativa, recomendável quando o nível de degradação for elevado.

A seguir são apresentadas as técnicas que têm sido mais utilizadas com uma breve descrição de seus princípios e exemplos de aplicação ou estudos de caso.

3.1.1 Poços Meia-lua

Descrição

A região semiárida do Sahel, no oeste africano, é altamente vulnerável às mudanças climáticas, o que cria a necessidade de adaptações que tornem a agricultura possível em face ao aumento de temperatura e a redução das chuvas. Para que técnicas agrícolas adaptadas a esse clima sejam bem sucedidas são necessários

os seguintes elementos: Provisão sinérgica de água, nutrientes e uma estrutura de suporte do solo (Zougmoré *et al.*, 2014).

A técnica de poços meia-lua consiste de cômoros ou pequenos poços em formato de “meia-lua” que permitem o acúmulo e a concentração de água e matéria orgânica, permitindo o crescimento vegetal (Zougmoré *et al.*, 2014). A Figura 01 mostra a construção desses poços.

Figura 01: Exemplos de poços meia lua. Fonte: https://www.cnnbrasil.com.br/tecnologia/como-a-engenharia-ecologica-antiga-pode-ajudar-a-consertar-paisagens-degradadas/. Acesso em 24/06/2024

São aterros baixos com terra compactada ou pedras na forma de um semicírculo com a abertura perpendicular ao fluxo de água e dispostos em fileiras escalonadas. Construídos em declives de suave a moderado, podem ser utilizados para reabilitar áreas degradadas, desnudadas e/ou afetadas por crostas no solo, assim como para cultivo, pastagem ou silvicultura (Figura 02).

Essas estruturas desaceleram o escoamento da água e a acumula no seu interior, o que providencia as plantas ali com a água necessária ao seu desenvolvimento. Isso é particularmente vantajoso quando a chuva é escassa, pois os diques semicirculares canalizam a água em direção às plantas, aumentando a umidade disponível para elas.

A médio prazo, sedimentos ricos se acumulam no seu interior, o que ajuda a proteger e restaurar a terra. Às vezes, o processo de reflorestamento recebe um empurrãozinho com aplicação de sementes de gramíneas dentro dos cômoros. Assim a área degradada se recupera ainda melhor.

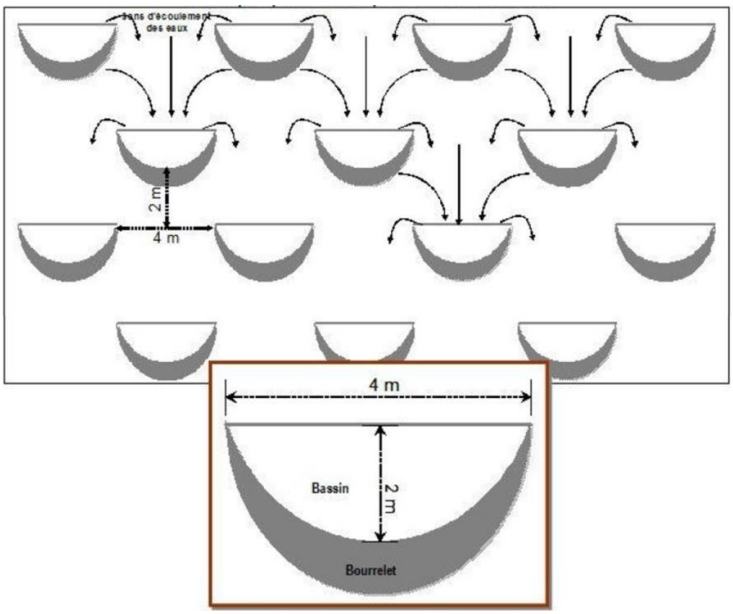

Figura 02. Distribuição dos poços meia-lua. Fonte: WOCAT (2024). Disponível em: https://qcat.wocat.net/en/wocat/technologies/view/technologies_1614/. Acesso em: 19/07/2024

Os poços são distribuídos de forma que quando um deles atinge sua capacidade de água, ele é distribuído para os próximos poços assim fazendo com que mais poços acumulem água. Em regiões com um histórico de chuvas mais intensas, os poços não permitem que a água se infiltre por causa de grandes quantidades, inundando-os. Assim, nesse cenário, se aconselha poços com a “meia-lua” sendo de pedra em vez de terra (Nill, 2014).

Em regiões que possuem escassez de água isso pode favorecer o desenvolvimento das plantas e, quando são usados para reflorestamento, aumentam a sobrevivência delas (Ackerman *et al.*, 2002 *Apud* Heshmati *et al.*, 2018 e Heshmati *et al.*, 2018).

São escavações rasas, com profundidade variando de 15 a 20cm, largura de 2,0m e comprimento das valas de 4,0m.

Exemplo

A organização não governamental Justdiggit, voltada à esforços de reflorestamento de paisagens degradadas na África subsaariana, tem feito uso desta técnica em grande escala em colaboração com associação dos proprietários de terra, agricultores e pastores (Justdiggit, 2024).

Um grande exemplo do efeito das semi-luas ao longo do tempo foi registrado em Kuku, Quênia. O Rancho Kuku está localizado no sul do Quênia e funciona como

um corredor ecológico entre o Parque Nacional Amboseli e o Parque Nacional Tsavo. A fazenda do grupo abriga aproximadamente 29 mil Masai que dependem em grande parte da terra como principal fonte de renda e alimentação. O sobrepastoreio e as alterações climáticas tornaram a área muito seca, tornando cada vez mais difícil para as comunidades viverem da terra.

Em uma parceria com a comunidade Maasai e o Maasai Wilderness Conservation Trust (MWCT), a Justdiggit cavou diques para coleta de água da chuva e criou bancos de sementes de gramíneas. Até o momento a comunidade Maasai cavou 369.000 reservatórios de água e criou 7 bancos de sementes, resultando em 3.834 hectares de terra restauradas que já estão sendo verdes. A Figura 03 ilustra a evolução de parte dessa área.

Figura 03. Evolução do processo de reflorestamento utilizando a técnica da meia-lua. Fonte: https://www.greener.land/index.php/product/demi-lunes-semi-circular-bunds/. Acesso em 17/072024

Após seis meses, uma área seca e degradada voltou a ser verde com a ajuda das represas. Mesmo na estação seca, a vegetação devolvida permanece.

3.1.2 Bombardeio de Sementes

Descrição

Para aumentar a cobertura verde nas áreas florestais através da regeneração natural, as sementes de diversas espécies são semeadas diretamente nas áreas florestais que normalmente são de difícil acesso. No entanto, as sementes são geralmente consumidas por pássaros e animais ou levadas pelo vento e pela água, resultando no mau estabelecimento das mudas em áreas florestais. A semeadura aérea também resulta em baixa sobrevivência, além de ser muito cara. Outra razão para a elevada taxa de mortalidade de sementes semeadas diretamente é porque as raízes das sementes germinadas não conseguem penetrar na superfície superior do solo (Farlee, 2013).

A *seed bombing* ou "bomba de semente" é uma técnica criada por Masanobu Fukuoka, um japonês pioneiro na agricultura natural, consiste em utilizar-se de sementes armazenadas em bolas feitas de solo e argila. Trata-se de uma técnica economicamente eficiente e que aumenta as chances de sobrevivência de uma semente ao ser posta na natureza (Saikia *et al.*, 2023).

A bola de sementes é uma técnica econômica, útil para revegetar grandes áreas de regiões áridas (Atkinson, 2003) e pode ser utilizada para plantar árvores, arbustos, flores silvestres e vegetais.

Este método proporciona condições de enterramento sem a necessidade de cavar um buraco para cada semente. Bolas de sementes pode ser facilmente feitas a partir de qualquer semente com peso inferior a 1 g. Fukuoka (2009) relatou que bolas de sementes preparadas a partir de uma combinação de solo argiloso, esterco composto, água e sementes de arroz têm melhor desempenho após serem semeadas a seco em áreas semiáridas e áridas. As bolas fornecem proteção contra predação e condições ambientais adversas e o conteúdo orgânico no meio fornece fontes básicas para as sementes durante a sua germinação. As bolas de sementes estão espalhadas por terras degradadas e brotam quando chover e as condições forem adequadas para a germinação (Fukuoka, 1985).

Assim sendo, se recomenda que a propagação das sementes seja feita antes das monções em solo úmido, variando de acordo com os calendários climáticos do país. Em áreas secas a propagação deve ser feita depois de dois ou três dias de chuva (Saika *et al.*, 2023).

Um levantamento do local deve ser feito antes de se selecionar as espécies vegetais que serão usadas no processo. Em espécies gramíneas ou leguminosas a semente não deve ser mais velha de um ano (Saika *et al.*, 2023).

Algumas sementes permanecem em dormência no solo depois da propagação graças ao embrião imaturo ou químicos no tegumento. Estas sementes necessitam de pré-tratamento. No caso de gramíneas ou legumes herbáceos não necessitam de nenhum tratamento específico. Em árvores leguminosas se usa a escarificação mecânica, escarificação por água quente, imersão por água fria e escarificação ácida para melhorar a germinação de sementes. Depois da escarificação se deve secar à sombra para remover a umidade remanescente e diminuir as chances de pré-germinação (Saika *et al.*, 2023). A Figura 04 ilustra uma bola de semente germinada.

Figura 04. Bola de Semente germinada. Fonte: https://www.washingtonpost.com/home/2023/10/11/how-to-make-seed-bombs/. Acesso em 11/07/2024

Exemplo

Os experimentos com esta técnica têm sido feitos em diversas parte do mundo. Uma delas, realizada em outubro de 2018 em três locais diferentes da cidade de

Krishnagiri, Índia, utilizou dois regimes hídricos distintos: irrigado e não irrigado. A Figura 05 mostra o preparo das bolas nesta pesquisa.

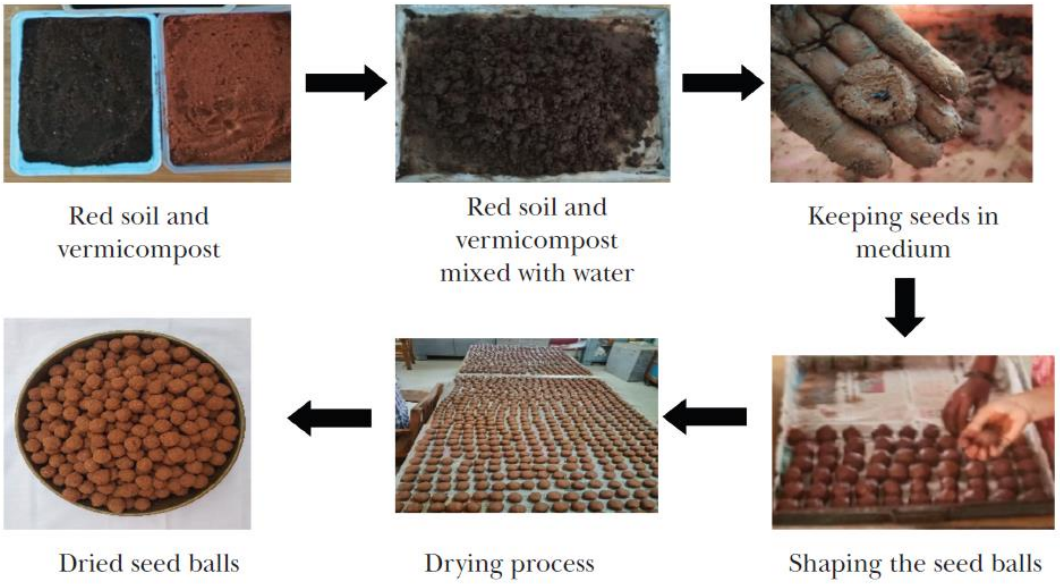

Figura 05. Preparação das bolas de sementes. Fonte: Tamilarasan *et al*. (2021)

A técnica da bola de sementes mostrou-se de baixo custo e viável na recuperação de vegetação em áreas desmatadas e que pode superar estresses bióticos e abióticos que dificultam a germinação e viabilidade das sementes e que pode ser utilizado de forma eficaz para melhor estabelecimento, vigor e sobrevivência das mudas, mesmo em condições de recursos limitados. Na condição não irrigada, o torrão teve melhor desempenho que a condição de controle usado na pesquisa. Os nutrientes no meio da bola de sementes forneceram nutrientes adicionais e fatores de promoção de crescimento para melhorar o estabelecimento e a taxa de sobrevivência das sementes.

Em comunidades Quilombolas no Sertão de Pernambuco, o Projeto Recupera Caatinga, da ONG Chapada, mobilizou 270 famílias em um projeto para recuperar áreas degradadas por meio de estilingues que arremessavam sementes que ficavam dentro de bolas formadas por uma mistura de esterco e argila, essa mistura servindo para proteger a semente contra animais e condições climáticas (Alves, 2023) (Figura 06).

A ação teve início em outubro de 2020 e foram lançadas de quase 20 mil bolas de sementes em locais de difícil acesso na Caatinga. O objetivo foi atender as demandas apresentadas pelas comunidades por meio de diagnóstico que registravam práticas de desmatamento, queimadas e uso de agrotóxicos no preparo dos roçados.

Figura 06: Quilombolas utilizando *Seed Bombing* para restaurar vegetação em áreas de difícil acesso. Fonte: Alves (2023)

3.1.3 Barramento Base Zero

Descrição

Regiões que não possuem chuvas regulares ao longo do ano, com ocorrência de chuvas torrenciais e se caracterizam pela baixa proteção vegetal são muito suscetíveis ao processo de erosão do solo, como é o caso do nordeste brasileiro. Esse processo se configura um grande problema ambiental por reduzir a vegetação nativa, diminuir a capacidade de culturas, contribuir para o assoreamento de rios e poluição de fontes de água (Santos *et al.*, 2010).

Os barramentos ou *check dams* são soluções simples e de fácil execução que vem sendo empregadas em vários países para controlar a erosão do solo (Martín-Rosales *et al.*, 2003). Sua finalidade é criar condições de proteção do solo contra os efeitos causados pelas águas provenientes de cursos d'água em épocas de enchentes.

A técnica pode ser descrita como um barramento em formato de arco romano que se constrói em áreas inclinadas para a captura de sedimentos que descem por meio da atividade da chuva, assim formandos "terraços" de matéria orgânica, como mostra a Figura 07. Além de impedirem a erosão por chuva desacelerando a água, os barramentos ajudam a melhorar a qualidade da água uma vez que ela é separada de seus sedimentos (Duarte, 2022).

Figura 07. Exemplo de Barramento em formato de Arco Romano. Fonte: Governo do Estado do Ceará (2010)

O barramento é constituído por pedras secas que por sua vez se ajustam às condições do terreno e não precisam de fundações estruturais, os espaços entre essas pedras vão se fechando por causa dos sedimentos trazidos pelas correntes de água (Duarte, 2022). As Figuras 08 e 09 ilustram a estrutura transversal e longitudinal desses barramentos.

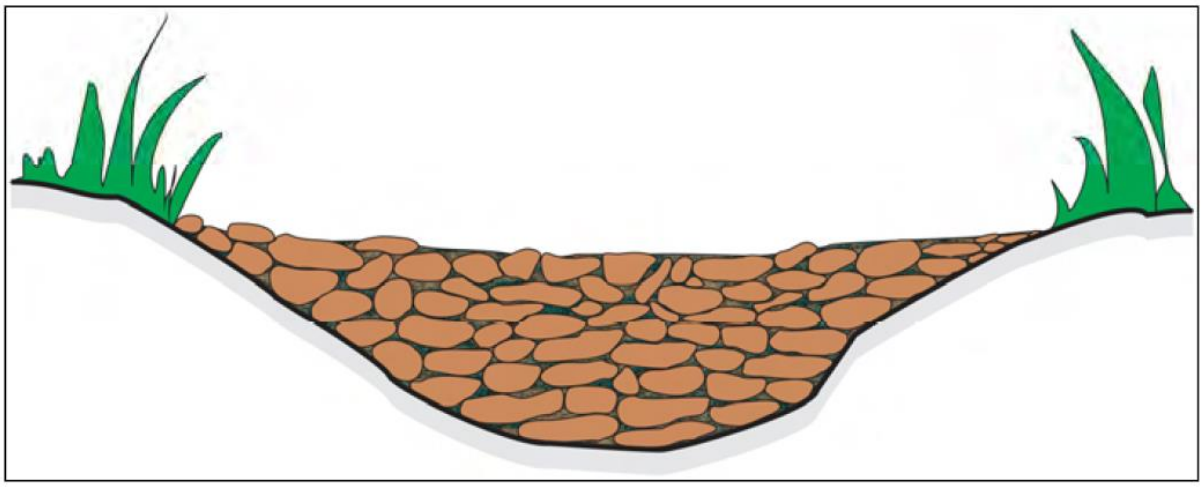

Figura 08: Seção transversal de um barramento. Fonte: Santos *et al.* (2012)

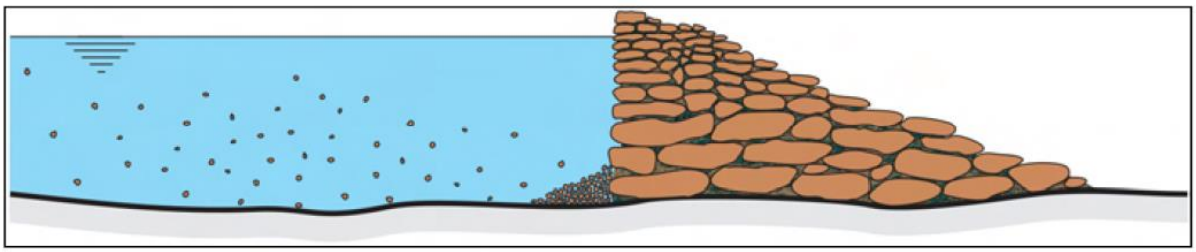

Figura 09: Seção transversal de um barramento. Fonte: Santos *et al.* (2012)

Os barramentos devem ser construídos na rede de drenagem de bacias hidrográficas e em pontos que ofereçam condições de amarração das estruturas e, para tornar os custos mais baixos, as pedras devem estar próximas à obra (Governo do estado do Ceará, 2010). Para potencializar a captação de água e sedimentos, barramentos sucessivos podem ser construídos em uma mesma bacia, como ilustra a Figura 10.

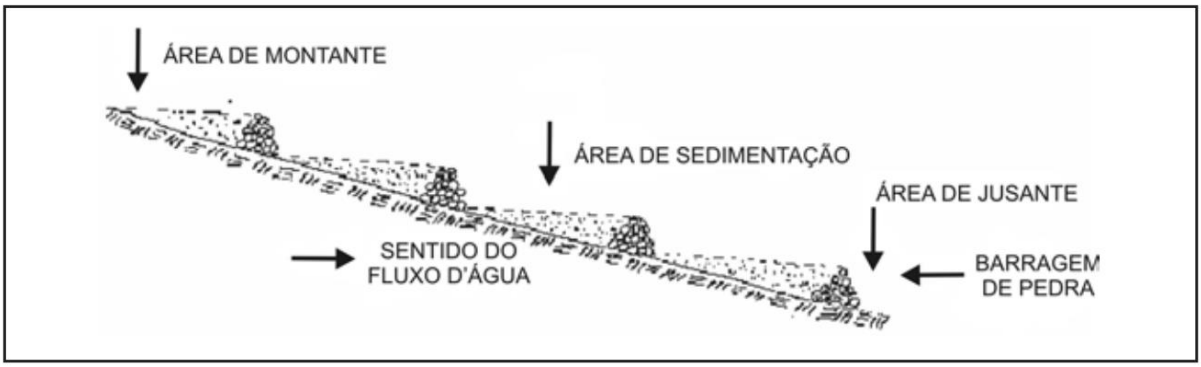

Figura 10: Esquema mostrando o sequenciamento dos barramentos. Fonte: Governo do Estado do Ceará (2010)

No Nordeste brasileiro, muitos dos rios são intermitentes e, como resultado, desaparecem durante a época de seca e isso impede que muitos agricultores consigam realizar. Além disso, ao passar pela barragem e terra sedimentada, a água do rio passa mais tempo em contato com o solo e, assim, auxiliando a infiltração para os lençóis freáticos.

Exemplo

Em 2010 foram construídos e recuperados 08(oito) barramentos de pedra em São João do Cariri, município do semiárido do estado da Paraíba, como alternativa para recuperação de áreas degradadas. Trata-se de uma região com precipitação média de 456 mm/ano, com chuvas que costumam ser concentradas e intensas, provocando descargas d'água e movimentação de sedimentos (Santos *et al*, 2012).

Com alturas variando entre 30 e 130cm, as barreiras foram erguidas em forma de arco romano com as rochas maiores colocadas na base e as menores usadas no acabamento, ficando a face convexa à montante do rio, como mostra a Figura 11.

Figura 11: Barramento em forma de arco. Fonte: Santos *et al.* (2010)

A análise do desempenho dos barramentos mostrou que eles possuem uma boa capacidade de recuperação da área degradada em virtude do acúmulo de sedimentos no leito do rio. A Figura 12 ilustra um desses barramentos e o nível de sedimentos acumulados ao longo de aproximadamente 02 (dois) anos.

Figura 12: Evolução da camada de sedimentos no barramento. Fonte: Santos *et al.* (2012)

O uso de barramentos para controlar erosão e restaurar solos tem sido muito utilizada em regiões semiáridas em todo o mundo (Sivapalan *et al.*, 2004). Estudos realizados por Martín-Rosales *et al.* (2003) mostraram que barramentos instalados em uma região semiárida da Espanha apresentaram uma capacidade de retenção de 431m^3 de sedimentos em uma área de 320m^2. Isso evidencia a potencialidade dessa solução no combate à erosão do solo, retenção de água e recuperação da vegetação em regiões semiáridas como é o nordeste brasileiro.

3.1.4 Transposição de Serapilheira

Descrição

A serrapilheira é material composto de folhas e galhos pequenos em decomposição, repleto de microrganismos, insetos e sementes de plantas herbáceas, é encontrada na superfície da mata ou capoeiras naturais (Figura 13). Na revegetação de ambientes degradados, a serrapilheira protege a superfície dos raios solares, conserva a umidade e fornece micro e mesofauna do solo e sementes de plantas que vêm junto com a serrapilheira coletada bem como permite o desenvolvimento da fauna e flora ali contida, permitindo futuramente o retorno da macrofauna (IBAMA, 1990). Sua coleta deve ser feita na época das chuvas em áreas circunvizinhas à área degradada a ser recuperada, feito sem nunca cavar o solo, juntando o material solto da superfície e colocando-o em sacos plásticos ou balaios. A coleta deve ser feita no máximo, no dia anterior à sua colocação na área degradada para aproveitar e continuar a ação dos microrganismos e ao poder de germinação das sementes dormentes. Idealmente, a camada de serrapilheira deve ter no mínimo 10 cm de espessura (IBAMA, 1990). Por meio do processo de decomposição, a serrapilheira libera ao solo os elementos minerais que as plantas utilizam em seu desenvolvimento, o que contribui para a transferência de energia entre os níveis tróficos (Ribeiro, 1998 *Apud* Silva *et al.*, 2007 e Sioli, 1991 *Apud* Silva *et al.*, 2007).

Figura 13: Camada de Serrapilheira no solo. Fonte: https://ufmg.br/comunicacao/noticias/serrapilheira-abre-chamada-publica-de-divulgacao-cientifica. Acesso em 26/07/2024

Além disso, a serrapilheira pode impedir o desenvolvimento de espécies gramíneas invasoras e a competição com as nativas por nutrientes (Silva *et al*., 2015). Assim sendo, a produção de matéria orgânica varia de acordo com os seguintes fatores: clima, topografia, condições edáficas, idade do bosque, densidade do bosque e variações estacionais e anuais (Gonzalez e Gallardo, 1982).

Em resumo, nas zonas polares a média de produção de serrapilheira é 1,0 t/ha anual enquanto que nas florestas equatoriais é 11,0 t/ha anual e nas zonas temperadas frias e quentes é 3,5 t/ha e 5,5 t/ha, como mostra a Figura 14 (Bray e Gorham, 1964).

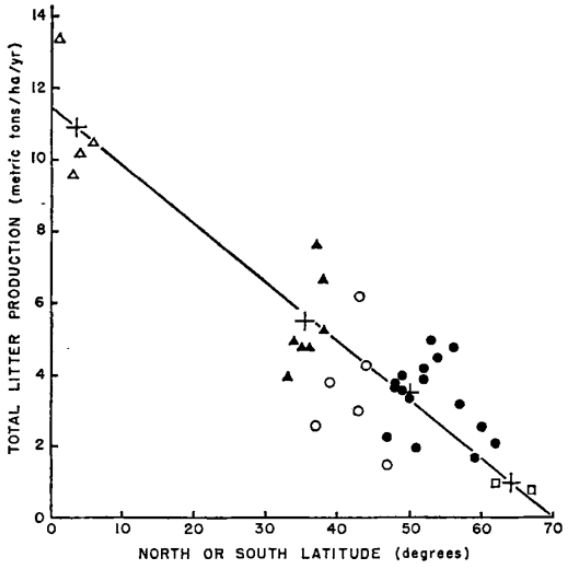

Figura 14: Relação entre a produção de serrapilheira (Y) e a latitude (X). Os triângulos brancos indicam latitudes equatoriais; os triângulos pretos latitudes temperadas quentes; os círculos indicam zonas temperadas frias na América do Norte (Branco) e na Europa (Preto); e os quadrados indicam zonas Árticas-Alpinas. Fonte: Bray e Gorham (1964)

A topografia, isto é, a altitude e a orientação, é outro fator na produção de serrapilheira, a exemplo da produtividade de restos vegetais na Alemanha, onde os bosques situados entre 600 e 850 metros de altitude apresentam maior produtividade de restos vegetais. A produtividade é ainda maior nas vertentes com orientação a leste e a norte em relação às outras, provavelmente graças à maior necessidade hídrica graças à exposição solar vespertina (Gonzalez e Gallardo, 1982)

Quanto às condições edáficas do solo, sabe-se que sua fertilidade possui influência direta na formação da serrapilheira, uma vez que florestas em solos de baixa fertilidade há mecanismos para conservar o material que forma a serrapilheira (Andrade *et al.*, 2003)

A produção de matéria vegetal em uma mata inicialmente aumenta conforme a sua idade até alcançar a sua maturidade aos 55 anos e decair a partir deste ponto (Gonzalez e Gallardo, 1982)

A densidade de uma mata, desde que não seja excessiva, não influi na produção de restos vegetais, porém, uma clareira afeta negativamente graças ao crescimento de ervas e arbustos uma vez que a densidade de um bosque pode interferir na recepção de luz solar (Möller, 1945 *Apud* Gonzalez e Gallardo, 1982 e Bray e Gorham, 1964)

No outono, as espécies caducifólias produzem uma porcentagem maior de serrapilheira junto com algumas coníferas. Porém, se deve levar em conta que as tempestades de verão ou os vendavais de inverno e primavera ou também os finais do verão também podem contribuir no rompimento de galhos de diversos tamanhos. Já em bosques de clima tropical, é a estação seca onde ocorrem o máximo de queda de folhas, com variações de rendimento de um ano a outro sendo muito grandes. Estudos mostram que a influência dessa variação pode ser interferida por fenômenos meteorológicos como a existência de grandes nevadas (Nye, 1961 e Rapp, 1969 *Apud* Gonzalez e Gallardo, 1982).

Exemplo

Silva *et al.* (2015) realizaram um estudo no viveiro de pesquisas da Universidade Federal de Viçosa (UFV), que tinha como objetivo avaliar o efeito da transposição de serrapilheira na semeadura direta. O experimento foi realizado em canteiros a céu aberto com área de 1,0m² cada. A simulação da situação de solo degradado foi feita com a remoção de uma camada de 10,0cm do solo superficial de casa canteiro, para evitar possíveis interferências de sementes já existentes.

As espécies pioneiras e secundárias iniciais foram agrupadas na categoria de "Pioneiras" por seu rápido crescimento e a sua capacidade de serem plantadas a pleno sol. Já as secundárias tardias e climácicas foram agrupadas como "Não pioneiras" por terem crescimento mais lento e longo ciclo de vida, as pioneiras sendo *Senna macranthera* e *Columbrina gladulosa* enquanto as não pioneiras sendo *Tabenuia serratifolia* e *Cedrela Fissilis*, todas sendo espécies nativas em Viçosa, Estado de Minas Gerais.

Foram utilizados três tratamentos diferentes:

- O primeiro tratamento consistiu da semeadura direta, de quatro espécies nativas, duas pioneiras e duas não pioneiras, no solo dos canteiros com 30 sementes de cada espécie;
- No segundo se fez a mesma coisa, mas com uma camada de serrapilheira cobrindo todos os canteiros e as sementes; e
- O terceiro tratamento se consistiu na deposição da camada de serrapilheira e a semeadura em cima desta camada de serrapilheira.

Nos três casos, as camadas de serrapilheira possuíam área de 1,0m^2 e 5,0cm de espessura.

Também se reservou cinco canteiros como controle, representados somente pela remoção do solo superficial do canteiro para simular uma situação de solo degradado sem realizar nem a transposição da serrapilheira e nem a semeadura das espécies nativas para ter certeza de que as plântulas das espécies dos três tratamentos fossem realmente oriundas da semeadura direta ou da serrapilheira transposta.

A Figura 15 ilustra o resultado do estudo, onde se observa que o segundo tratamento foi no qual as espécies não-pioneiras tiveram as melhores taxas de sobrevivência, uma vez que, no tratamento 3, as sementes foram depositadas sobre a serrapilheira e, portanto, as espécies não pioneiras não se davam bem com a exposição direta à luz solar, isso sendo somado ao fato de que a decomposição da serrapilheira permitiu o fornecimento de nutrientes às plantas.

A pesquisa mostrou que a transposição da serapilheira tem potencial de enriquecimento da área a ser restaurada com espécies arbustivo-arbóreas, além das utilizadas na semeadura direta, podendo favorecer a fertilidade do solo superficial.

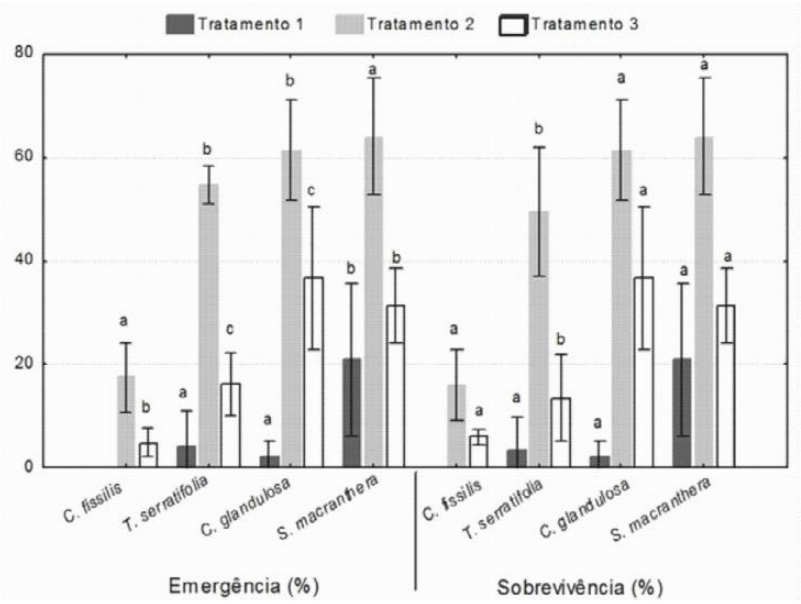

Figura 15: Emergência das plantas obtidas por semeadura e por tratamento e a sobrevivência passados dois anos após a semeadura direta. As barras verticais indicam o desvio-padrão. Fonte: Silva *et al.* (2015)

3.1.5 Poleiros Artificiais

Descrição

No semiárido nordestino, o manejo inadequado de recursos florestais, o uso de práticas agrícolas e pecuárias não indicadas para a região e os efeitos sociais e econômicos das mudanças climáticas intensificam a desertificação nesta região (Brasil, 2004).

Neste contexto, surge a necessidade de iniciativas para que se possa restaurar áreas degradadas nessa parte do país, uma vez que a retirada da cobertura vegetal prejudica a biodiversidade além de interferir no desenvolvimento e a manutenção de atividades sociais, econômicas e ambientais (Silveira *et al*, 2015)

Uma dessas iniciativa tem sido os "poleiros artificiais", que podem ser descritos como uma estrutura criada com o propósito de servir como um lugar de descanso para as aves locais. Sua construção em áreas degradadas permite a recuperação dessas áreas por meio da defecação, uma vez que existem sementes que são transmitidas pela defecação das aves, permitindo assim o seu plantio (Silveira *et al*, 2015). A Figura 16 ilustra um desses poleiros.

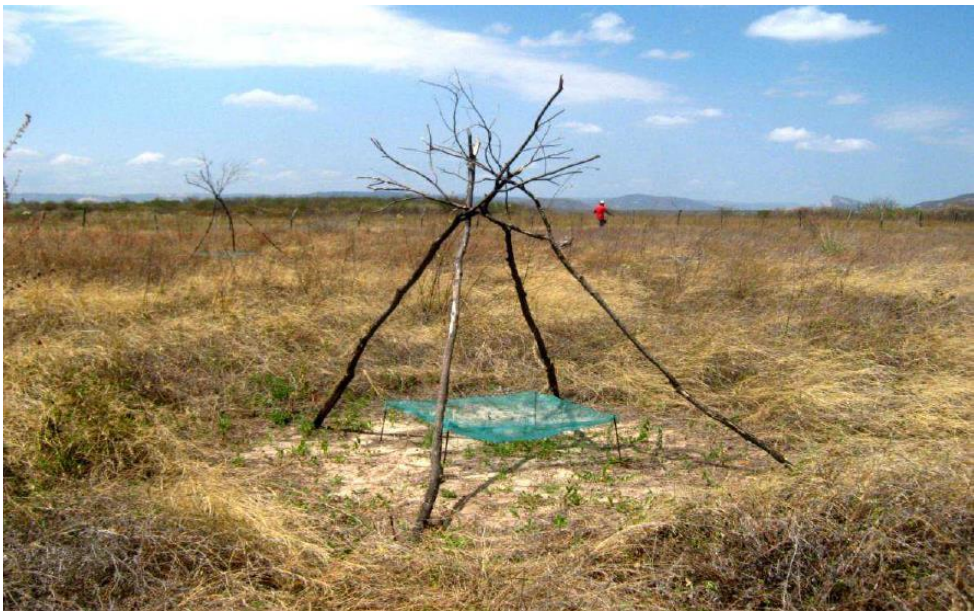

Figura 16: Poleiro artificial utilizado na pesquisa em Várzea -PB. Fonte: Silveira *et al.* (2015)

Esta técnica se baseia nos seguintes princípios:

- Uma grande proporção das plantas é dispersa por animais, com mais de 75% das árvores em florestas tropicais tendo frutos zoocóricos e adaptados para consumo de aves ou mamíferos. Em florestas tropicais ribeirinhas, uma proporção desconhecida, mas grande é dispersa por peixes e a proporção de espécies de árvores dispersas por frutas carnudas é alta em comunidades temperadas, sendo maior do que 60%. Muitas plantas lenhosas em sua maioria possuem sua dispersão sendo feita por ação de frutas carnosas, adaptadas para se reproduzirem por meio dos excrementos animais (Howe e Smallwood, 1982);
- A falta de dispersores atua como uma barreira para a regeneração natural, ocorrendo em casos onde não há incentivos que atraiam a fauna (Falta de frutas, poleiros e condições adversas) (Zimmerman *et al.*, 2000). Por exemplo, Segundo Janzen (1988), muitas espécies vegetais não são dispersas em pastos porque os animais que as dispersam raramente ali entram ou dificilmente carregam sementes e em áreas dominadas por plantas que se dispersam pelo vento, essas plantas raramente oferecem frutos que são atrativos para a fauna, sendo até mesmo tóxicos ou sementes pequenas que facilmente escapam por se enterrarem na serrapilheira;

- Empoleiradas, as aves defecam e, logo, se tornam agentes efetivos na dispersão de sementes. Isso ocorre apenas em determinados casos onde há uma relação onde o animal acumula mais sementes do que recuperam posteriormente, de modo em que a semente e o animal estão mutualmente adaptados um ao outro, uma vez que existem casos em que a semente inteira é digerida e, logo, não há a proliferação, mas sim a predação (Snow, 1981); e
- Muitas espécies de aves preferem árvores mortas e altas para o pouso. Assim sendo, um poleiro se torna atrativo para aves dispersoras quando ele se projeta acima do nível existente da vegetação herbácea. Na Figura 17 se observa uma relação entre as sementes dispersas por metro quadrado e a altura dos poleiros (McDonnell, 1986).

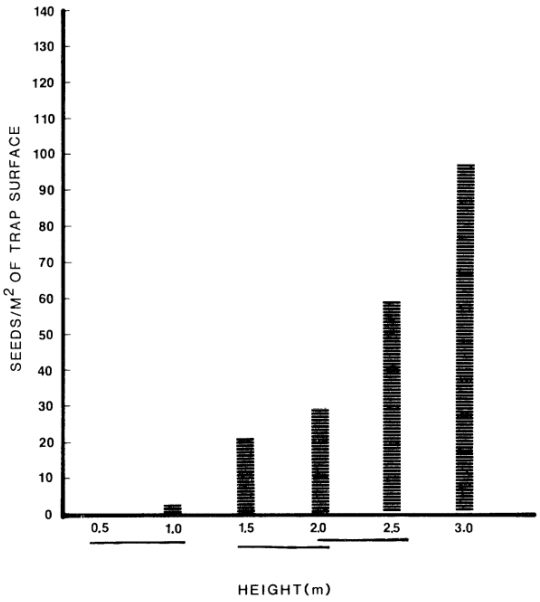

Figura 17: Relação do depósito de sementes por m^2 com a altura dos poleiros. Fonte: McDonnell (1986)

Além disso, muitas frutas e sementes que são dispersas pelas aves carecem de propriedades aerodinâmicas, o que dificulta o seu potencial de dispersão passiva (McDonnell, 1986).

Assim surge a pergunta: quais atrativos se devem oferecer para a fauna dispersora para que ela esteja interessada nos poleiros?

Tendo em vista os princípios mencionados anteriormente, os poleiros devem ser altos e é necessário que se tenha uma área habitada por aves capazes de realizar a dispersão para serem atraídas.

Exemplo

Em um trabalho realizado na Fazenda Cachoeira de São Porfírio em Várzea, estado da Paraíba, Silveira *et al.* (2015) instalaram 12 poleiros artificiais de 2,0 metros de altura e sob cada um havia sido instalado um coletor para sementes, como ilustra a Figura 18.

Figura 18. Tela sob o poleiro artificial para coleta dos excrementos das aves. Fonte: Silveira (2013)

A cada 15 dias a biomassa depositada nos poleiros era coletada e as sementes eram submetidas a um processo de germinação para identificação das plântulas. Isso se estendeu por um período de 12 meses, após o qual se obteve que ilustra a Tabela 01.

A pesquisa mostrou que a utilização de poleiros artificiais na área degradada objeto de estudo possibilitou a atração de aves para pouso e defecação, com a consequente germinação de espécies nativas. Isso indica que essa técnica favorece a reintrodução de animais e plantas na área e a sua qualidade ambiental pode ser melhorada. Além disso, trata-se de uma técnica economicamente viável e de fácil convecção.

Tabela 01: Biomassa recolhida nos poleiros. Fonte: Silveira *et al.* (2015)

Mês	Miscelânea	Sementes		Densidade (g/m²)	
	Peso (g)	Quantidade	Peso (g)	Miscelânea	Sementes
Out/2011	4,7	8,0	1,1	0,3	0,6
Nov/2011	3,7	2,0	0,1	0,3	0,1
Dez/2011	3,8	3,0	0,4	0,3	0,2
Jan/2012	9,7	24,0	2,8	0,8	2,0
Fev/2012	5,1	4,0	0,4	0,4	0,3
Mar/2012	5,5	7,0	0,7	0,4	0,5
Abr/2012	20,4	20,0	2,4	1,7	1,6
Mai/2012	7,7	27,0	3,0	0,6	2,2
Jun/2012	8,6	16,0	1,6	0,7	1,3
Jul/2012	3,4	11,0	1,0	0,2	0,9
Ago/2012	1,7	3,0	0,2	0,1	0,2
Set/2012	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	75,0	125,0	13,7	5,8	9,9

Em outro experimento realizado na Estação Biológica Las Alturas, Costa Rica, Holl (2002) procurou testar se os poleiros aumentavam a dispersão de sementes e o estabelecimento de mudas de plantas florestais. Sua conclusão foi de que a instalação de poleiros são ideais para o aumento da dispersão de sementes, porém, os poleiros sozinhos não dão conta de outras barreiras como as limitações de nutrientes e a competição com as gramíneas de pasto.

3.1.6 Transposição de Galharia

Descrição

Transposição ou enleiramento de galharia consiste na formação de leiras de galhos com o objetivo de formar abrigos artificiais que protegem plantas e animais de altas temperaturas e permitem a germinação de diferentes espécies, além de permitir o acúmulo de água uma vez que essa estrutura cria uma proteção artificial para animais e reduz a evaporação da água, permitindo assim a germinação de vida vegetal, como mostra a Figura 19 (Silveira *et al.,* 2015).

Figura 19: Enleiramento de galharia. Fonte: Silveira *et al.* (2015)

O amontoado de galhos cria um ambiente protegido dos raios solares favorecendo a umidade e o desenvolvimento vegetal. Com o apodrecimento da madeira e surgimento de insetos, aves e pequenos roedores são atraídos para o local e, a exemplo do que acontece com poleiros artificiais, defecam e deixam sementes e matéria orgânica que facilitam o nascimento e desenvolvimento de plântulas (Mariot *et al*., 2008), como ilustra a Figura 20.

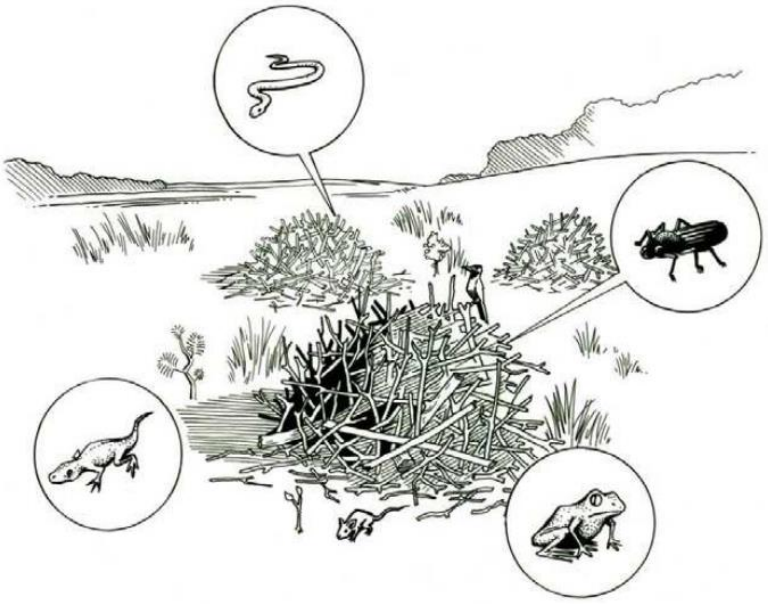

Figura 20: Galharia como abrigo de fauna nativa. Fonte: Bechara (2006)

Esses animais têm um papel determinante no processo de recuperação do solo devido sua capacidade de dispersão de sementes (Castro, 2007).

Em áreas desprovidas de cobertura vegetal, essa estrutura de galhos passa a oferecer abrigo para a fauna local pelo microclima agradável proporcionado, que estimula e frequência e permanência de pequenos animais (Oliveira, 2013).

Por ser um ambiente com potencial para incorporação de matéria orgânica no solo, a galharia torna-se um ambiente favorável à germinação de espécies vegetais que demandam certas condições umidade e sombreamento para germinação e desenvolvimento (Reis *et al.*, 2010).

Em alguns casos se plantam as mudas em vez de se esperar que as espécies animais ponham as sementes por meio de suas fezes, a exemplo de um trabalho realizado por Dal-Toé (2022).

A forma mais comum de utilização desta técnica é com pilhas de galhos. No entanto, também é possível uma formação em linhas que além de alcançar seus objetivos funcionam como corredores ecológicos para a fauna ali abrigada (Bechara, 2006).

Exemplo

Uma pesquisa desenvolvida por Amorim (2022) avaliou técnicas nucleadoras e suas potencialidades na recuperação de áreas degradadas, incluindo a transposição de galhadas. A área objeto de estudo foi a Fazenda Cachoeira de São Porfírio, no município de Várzea - Pb, onde a pluviometria varia entre 350 e 800 mm. Trata-se de uma região onde o elevado grau de degradação do solo inviabilizou a agricultura de subsistência e pecuária extensiva, que representavam sua principal atividade economia até o século XX (Mattos *et al*., 2020).

Ao todo 16 pilhas de galhos foram instaladas com 1,0mx1,0m de base e 0,7m de altura, usando material morto coletado na área do entorno e formado predominantemente por marmeleiro (Figura 21).

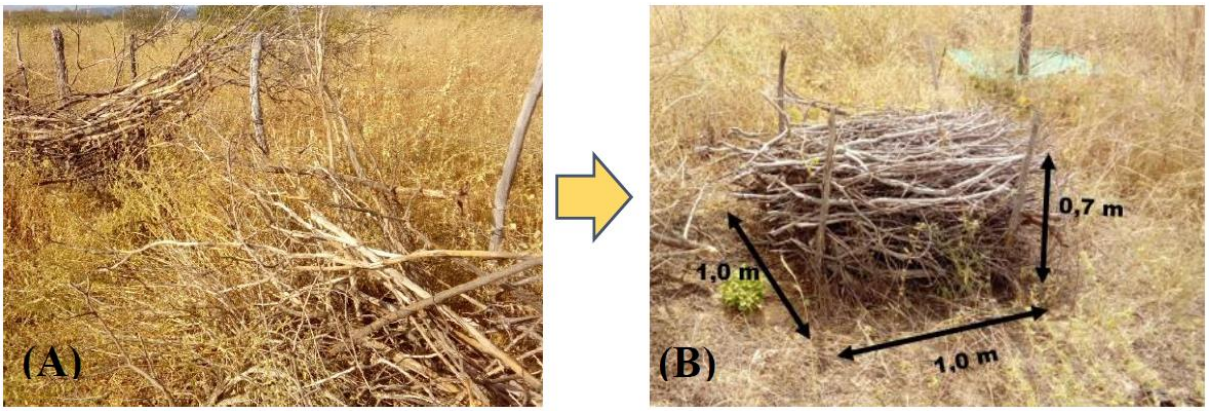

Figura 21: Instalação das galhadas na Fazenda Cachoeira de São Porfírio – Várzea – PB. Fonte: Amorim (2022)

O processo de acomodação e decomposição das galhadas foi acompanhado por um período de 24 meses ao longo dos quais a altura das pilhas de galhos foi medida mensalmente. Também foram feitos registros fotográficos com câmeras de visão noturna e sensor de movimento para captar a presença de animais nas galhadas.

Após os 24 meses, a avaliação da altura das pilhas de galhos mostrou uma redução média de 30,2cm decorrente do desgaste natural do material e sua decomposição, o que é uma redução de dimensão esperada para a região estudada pois suas características climáticas não são favoráveis à ação de agentes decompositores.

Foram extraídas 16 amostras do solo para análise química e de teor de matéria orgânica, tanto do solo que ficava embaixo das pilhas de galhos quanto de onde não haviam galhadas. A análise das amostras do solo mostrou que o teor de matéria orgânica encontrado no material retirado de baixo das galhadas foi quase o dobro comparado ao dos locais sem pilhas de galhos.

Os registros mostraram também o uso dos galhos como refúgio para a fauna cujos resíduos deixados passam a ser nutrientes para o solo após sua decomposição (Figura 22).

As câmeras registraram a presença de animais dentro das galhadas, como tatu, cobra e tejo, como também foram observadas a presença de pássaros e insetos. Estes que desempenham importantes papeis no ecossistema como a polinização, a decomposição, a predação, a ciclagem de nutrientes, a dispersão de sementes, a regulação das populações de plantas etc. (Oliveira *et al*., 2014).

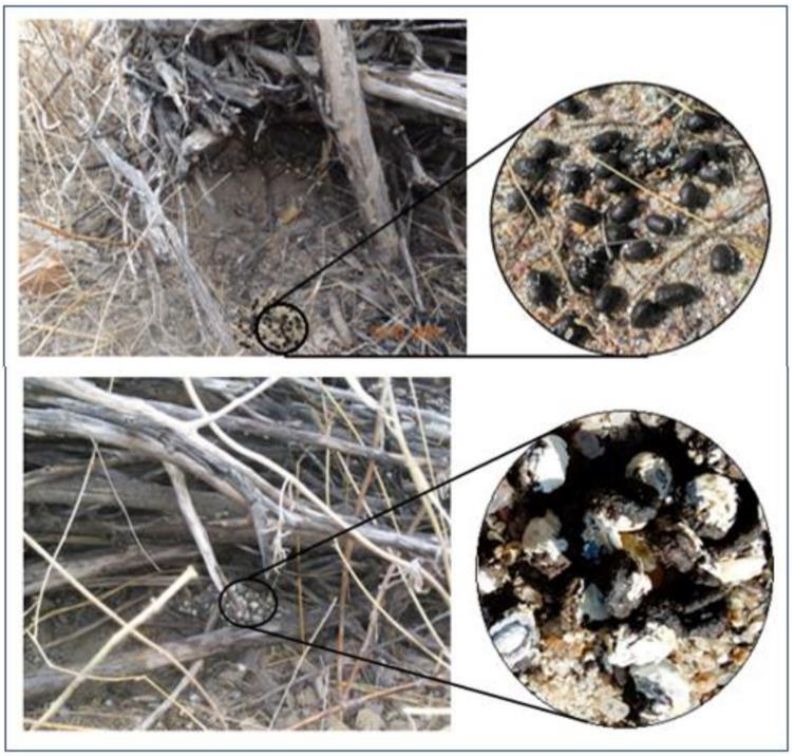

Figura 22: Excretas observadas dentro e ao lado de galhadas instaladas na Fazenda Cachoeira de S. Porfírio, Várzea – PB. Fonte: Amorim (2022)

Por ficar protegido da incidência do sol e da ação dos ventos, a estrutura ajuda a manter esse material orgânico durante o período de estiagem conservando-o até o período de chuvas que contribuirá para sua decomposição.

Em suas conclusões, Amorim (2022) destaca as galhadas como elemento que favorece a introdução de matéria orgânica no solo e o consequente desenvolvimento da flora no seu entorno, atuando como gatilhos para a sucessão vegetal.

3.1.7 Plantio de Mudas

Descrição

A plantação de mudas de árvores nativas é a técnica mais comum quando se pensa em reflorestamento de áreas degradadas (Parrotta *et al*., 1997). As novas árvores criam um ambiente atrativo para aves e roedores que dispersam sementes e contribuem para aumentar a diversidade da flora (Reis *et al.*, 1999).

A técnica é geralmente utilizada quando a terra a ser tratada não tem condições de ser regenerada naturalmente ou dependeria de um longo período para isso, necessitando de uma ação aceleradora do processo.

As experiências ao longo dos anos, as lições adquiridas e as pesquisas realizadas mostraram um caminho para o sucesso dessa técnica, que é o emprego do conceito de sucessão secundária, que segundo Kageyama e Castro (1989) é "... o mecanismo pelo qual as florestas tropicais se autorenovam, através da cicatrização de locais perturbados que ocorrem a cada momento em diferentes pontos da mata".

Na tentativa de replicar esse modelo de recuperação da vegetação nativa, a distribuição das mudas na área a ser regenerada é feita de modo que haja uma rápida cobertura vegetal do solo, favorecendo o desenvolvimento de outras plantas. Isso costuma ser feito com o plantio de mudas em linhas ou módulos.

Na plantação em linhas há uma alternância entre: aquelas compostas apenas com espécies pioneiras, que crescem mais rapidamente que as outras espécies, começam a fazer sombra e reduz a ação de plantas invasoras e com espécies secundárias Iniciais, que tem crescimento inicial de moderado a rápido, exigem luz, mas toleram sombra; e outra com espécies secundárias tardias, que crescem de lento a moderado e tolerante a sombra (Moraes *et al.*, 2013).

Na distribuição das plantas em módulos, uma muda de espécie que tem crescimento lento e tolerante a sombra (secundária tardia) é rodeada de espécies que crescem de moderado a rápido, exigem luz e toleram sombra (secundárias iniciais) para auxiliar no desenvolvimento das primeiras. Já as mudas da espécie clímax, que têm crescimento lento e suportam sombra forte, são rodeadas pelas mudas pioneiras. A Figura 23 ilustra essa distribuição.

Com o objetivo de proporcionar sombra e reduzir a ação de plantas invasoras, espécies de crescimento mais rápido como pioneiras e secundárias iniciais são plantadas em maior quantidade, pois proporcionarão condições para o desenvolvimento das plantas mais lentas.

Com essa estratégia se explora as potencialidades de cada espécies e as interações entre elas de modo a ser obter um melhor resultado.

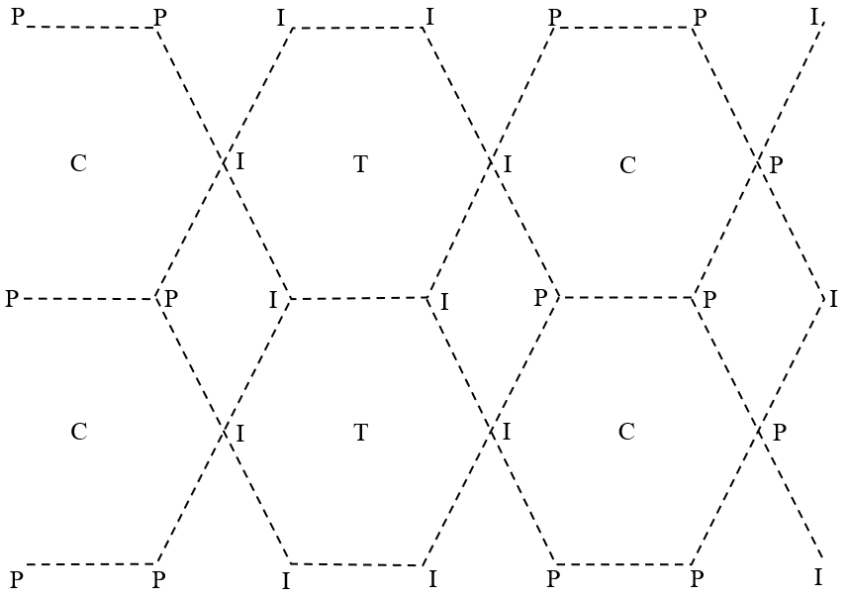

Figura 23: Modelo de plantio de árvores nativas em módulos. P = pioneiras; I = secundárias iniciais; T = secundárias tardias; C = clímaxes. Fonte: Moraes *et al.* (2013)

Exemplo

Um dos casos mais emblemáticos de reflorestamento no Brasil é sem dúvidas o da Fazenda Bulcão, em Aimorés, leste de Minas Gerais, na divisa o Espírito Santo (Instituto Terra, 2024). A fazenda era destinada a exploração de gado e se encontrava completamente degradada, desmatada e sem vida. Além dos estragos que havia se abatido sobre flora e fauna, houve também um enorme dano ambiental e várias nascentes passaram a secar, contribuindo para a diminuição de água no solo, para a plantação e para o abastecimento hídrico da fazenda.

O início do processo de restauração ambiental foi em 1999 com a proposta de cobrir 608,69 hectares da fazenda. Como não havia experiência dessa magnitude no país, o trabalho teve seu início com base em experimentação e aprendizagem com o que se fazia e os resultados obtidos. No primeiro ano todas as mudas plantadas na fazenda não sobreviveram. No ano seguinte a taxa de sobrevivência das mudas plantadas foi de 20%. Já no terceiro ano metade das mudas plantadas conseguiram sobreviver. Atualmente as perdas anuais não chegam a 10%.

O preparo das mudas envolve a busca por sementes de espécies da região, com equipes chegando a percorrer uma área com raio em torno de 200km, levando-as para o instituto para serem beneficiadas, analisadas em laboratório e armazenadas para aguardar o momento mais adequado para o plantio. Uma vez plantada, as mudas passam por um monitoramento de pelo menos três anos para assegurar o

desenvolvimento forte e saudável da árvore (Olsen, 2023). Por ser um trabalho que envolve cavar buracos para as mudas e revolver solo em meio a uma floresta em pleno crescimento, o uso da mecanização não é possível, o que torna a atividade dependente do trabalho manual.

Ao longo desse período já foi plantado mais de dois milhões de árvores de mais de 290 espécies nativas da mata atlântica. A Figura 24 ilustra a evolução de parte da área restaurada.

Figura 24: Evolução do reflorestamento na Fazenda Bulcão em 20 anos. Fonte: https://revistagalileu.globo.com/Ciencia/noticia/2019/04/sebastiao-salgado-divulga-foto-de-restauracao-florestal-apos-20-anos.html. Acesso em 18/08/2024

Já foram identificadas e catalogada 172 espécies de aves, 33 espécies de mamíferos, 15 espécies de anfíbios e 15 espécies de répteis, com alguns desses animais ameaçados de extinção. Este caso mostrou que a recuperação da vegetação traz consigo a recuperação de nascentes e a volta da fauna que passa a ter um lugar seguro.

3.1.8 Núcleos de Anderson

Descrição

O plantio de mudas em grupos teve início na Escócia em um trabalho de recuperação de antigos povoamentos florestais desenvolvido por Anderson (Bernardini, 2017). Anderson percebeu que no plantio em grupos as árvores centrais

apresentavam um número menor de nós devido ao sombreamento lateral, o que poderia produzir madeira de melhor qualidade. Também observou que onde as árvores não eram plantadas havia uma diversidade maior proveniente da vegetação do entorno.

Os núcleos de Anderson podem ser descritos como unidades de plantio que seguem dois princípios: a unidade de plantio deve ser composta de um grupo de árvores em vez de, no caso do método ortodoxo, apenas uma muda ou uma semente e que as unidades de plantio devem ser espaçadas de modo que, entre as unidades, uma considerável proporção não é plantada (Anderson, 1953).

Segundo Yarranton e Morrison (1974), a ocupação de áreas em processo primário de formação do solo por espécies arbóreas pioneiras permite com que se formem pequenos agregados de outras espécies ao redor das espécies colonizadores, o que permitia a aceleração da sucessão primária.

Assim, um princípio desta técnica é a nucleação: a simulação das condições naturais de sucessão ecológica de modo a favorecer a colonização natural em áreas em formação (Reis *et al.*, 2003)

Os núcleos de Anderson são compostos de grupos de plantas que ficam a um espaço pequeno umas das outras e são distribuídos de forma simétrica, na Figura 25 vemos as possíveis combinações de núcleos.

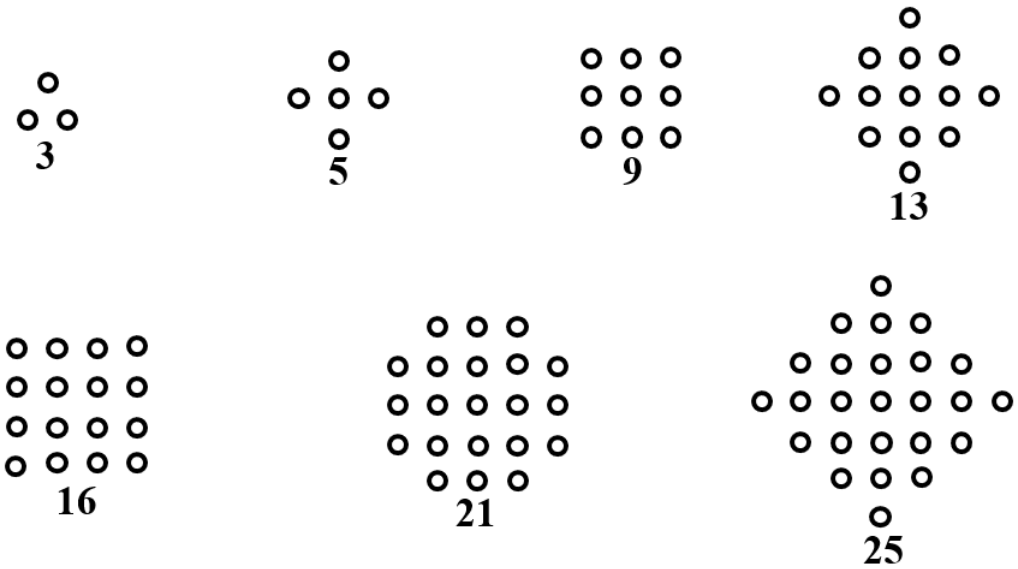

Figura 25: Combinações possíveis de núcleos de plantio. Fonte: Anderson (1953)

Segundo o criador deste modelo, os grupos de 3, 5 e 9 só podem ser utilizados para “espécies enfermeiras” que, segundo Padilla e Pugnaire (2006), podem ser definidas como plantas que podem melhorar as condições climáticas de modo que

outras plantas possam viver neste ambiente. A combinação de 16 é desconsiderada por Anderson por não haver uma unidade central.

Esses núcleos podem ser compostos tanto por apenas uma espécie quanto por duas ou mais espécies e quando as múltiplas espécies são misturadas com os grupos há uma variedade de combinações possíveis que se aumentam conforme o número de plantas em um núcleo. A Figura 26 segue as possíveis combinações de espécies em grupos de 21 e 25 árvores:

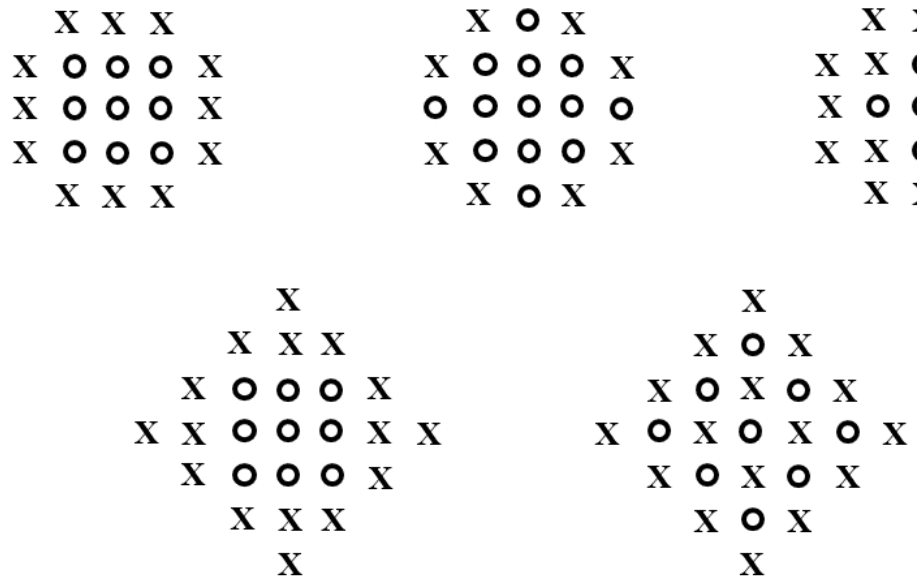

Figura 26: Diferentes combinações possíveis em núcleos de 21 e 25 árvores com duas espécies. Fonte: Anderson (1953)

Deve também se levar em conta o espaçamento entre as diferentes espécies, uma vez que quando a taxa de crescimento inicial das árvores é rápida, é comum a supressão rápida das plantas interiores do núcleo de modo que as externas se tornam dominantes (Anderson, 1953). As distâncias entre as plantas em um grupo devem ser decididas com base na quantidade de plantas que se daria para plantar utilizando o método ortodoxo, que consiste no plantio com distâncias iguais entre cada espécie individual, respeitando o limite de mudas por hectare. Já o espaçamento entre nas áreas que não serão plantadas entre as unidades depende não somente do espaçamento entre os centros das unidades, mas do espaço entre os indivíduos dentro das unidades. Quanto maior o espaçamento é, menor é a área não plantada entre os grupos.

Exemplo

Minella e Bündchen (2013), em um trabalho de recuperação de uma área degradada no entorno da APP do Reservatório da UHE machadinho no Rio Grande do Sul, utilizaram-se dos núcleos de Anderson (mais especificamente, os núcleos de 5) em conjunto com a instalação de poleiros, o enleiramento de galharias e a transposição de solos (Figura 27). Os núcleos de Anderson foram a técnica que provou ser mais eficaz neste contexto uma vez que ter cerceado a área impediu a atuação de espécies invasoras que poderiam ter interferido negativamente no processo como no caso de bovinos por meio do pisoteio. Uma vez que o plantio por defecação da fauna que seria atraída pelos poleiros e pela galharia não foi eficaz por não ter uma diversidade animal que fosse atraída em primeiro lugar. Assim, os núcleos de Anderson mostraram ser uma alternativa recomendável em situações de ausência de fauna. Também vale mencionar que se fui utilizado 500g de adubo orgânico (cama de aviário) para fazer o substrato onde as mudas haviam sido plantadas

A área degradada em questão havia sido sujeita a décadas de agropecuária, o que comprometeu a biodiversidade de fauna e flora. Isso se deve ao fato de que o plantio de espécies nativas faz com que o solo rapidamente se torne sombreado de modo que impede que gramíneas invasivas cresçam na área do núcleo (Sgarbi *et al.*, 2012 *Apud* Minella e Bündchen, 2013).

Figura 27: Núcleo de Anderson em grupo de 5. Fonte: Minella e Bündchen (2013).

O critério de avaliação utilizado foi a taxa de crescimento final da altura e do diâmetro das plantas. No estudo em questão, se chegou à conclusão de que como o

objetivo das técnicas de recuperação e restauração de áreas degradadas, seus resultados sugerem que o plantio de mudas é a forma mais eficiente para que se estabeleçam espécies arbóreas em áreas comprometidas por um histórico de uso agropecuário. A Tabela 02 mostra o crescimento das plantas nos núcleos de Anderson após 1 ano.

Tabela 02: Desenvolvimento das espécies estudadas mostrando, respectivamente, a média da altura inicial e final (H), a taxa de crescimento final (TCF), o diâmetro a altura do solo inicial e final (DAS) e a taxa de crescimento do diâmetro a altura do solo, com os desvios padrão entra parênteses. Fonte: Minella e Bündchen (2013)

Nome científico	h (cm) inicial média (dp)	h (cm) final média (dp)	TCF	DAS (mm) inicial média (dp)	DAS(mm) final média (dp)	TCF
Bauhinia forficata	61 (5,77)	158 (9,86)	61,39	2,15 (0,21)	24,7 (3,50)	91,30
Cabralea canjerana	55 (14,15)	119 (2,51)	53,78	1,35 (0,13)	15,5 (11,22)	91,29
Cedrela fissilis	37 (6,41)	86 (15,09)	56,98	1,64 (0,03)	21,30 (4,5)	92,30
Chrysophyllum gonocarpum	26 (5,17)	61 (12,8)	57,38	2,32 (0,16)	13,3 (2,10)	82,56
Cordia trichotoma	20 (12,02)	136 (15,66)	85,29	1,59 (0,49)	24,5 (5,03)	93,51
Eugenia uniflora	15 (2,23)	44 (0)	65,91	1,59 (0,36)	13,47 (0)	88,20
Myrcianthes pungens	35 (4,12)	90,5 (14,70)	61,33	1,59 (0,02)	14,2 (8,10)	88,80
Parapiptadenia rigida	39 (15,24)	86,5 (22,60)	54,91	1,55 (0,05)	7,80 (4,55)	80,13
Psidium cattleianum	41 (12,38)	87 (5,85)	52,87	1,63 (0,39)	15,3 (11,01)	89,35
Schinus terebinthifolius	28 (10,43)	71,5 (2,12)	60,84	1,54 (0,22)	15,20 (0,90)	89,87
Média (dp)	37 (8,42)	87(11,33)	59,11	1,59 (0,18)	15,25 (4,52)	89,61

3.1.9 Agroflorestas

Descrição

Como consequências das mudanças climáticas globais, as mudanças na umidade do solo, na temperatura, na evapotranspiração, no regime de chuvas e na temperatura causará alterações na produção de certas colheitas como arroz, trigo, milho, feijões e batatas, que por sua vez são principais fontes de alimentação para muitas pessoas na África (IPCC, 2001 *Apud* Fernandes, 2006).

É esperado que a agricultura sofra grandes danos com a mudança do regime de chuvas e alterações nos solos, com a perda da produtividade e os prejuízos à segurança alimentar, o que causa migrações e conflitos (Conrado *et al.*, 2014).

Tendo isso em vista, é interessante que se façam alterações no paradigma de como a terra é gerenciada de modo que se possa adaptar à essas mudanças

climáticas, tendo preferência à práticas produtivas que ponham ênfase na gestão integrada da terra, dos nutrientes das plantas e da água (Fernandes, 2006).

Este é o caso dos sistemas agroflorestais (SAFs) que podem ser definidos como uma combinação entre árvores e culturas agrícolas, sendo às vezes acompanhado com a criação de animais e é classificado em três tipos (Dubois, 1996 *Apud* Ayres e Ribeiro, 2010):

- Silviragícola ou agrossilvicultura: combinando árvores com espécies agrícolas;
- Silvipastoril: combinando árvores com pastos e/ou animais; e
- Agrossilvipastoril: combinando o consórcio de animais com manejo silviagrícola

Os sistemas agroflorestais oferecem vantagens no sentido de que há a conciliação entre a produção agrícola e conservação ambiental (Ayres e Ribeiro, 2010).

Os SAFs possuem várias vantagens de um ponto de vista ambiental, sendo elas (SENAR, 2017):

- A devolução de parte dos nutrientes ao solo;
- Aproveitamento da energia do sol pelos diferentes estratos de espécies vegetais;
- Aumento da matéria orgânica, melhorando assim as condições físicas e químicas e a capacidade de retenção de água;
- Proteção contra a erosão;
- Contribuição do regulamento do ciclo da água local;
- Proteção dos sistemas de produção contra agentes climáticos como o sol e o vento;
- Geração de receitas no curto e médio prazo com cultivos agrícolas e/ou atividades pecuárias;
- Diminuição de ocorrências de pragas e doenças de modo a diminuir a necessidade de produtos químicos;
- Promover melhor utilização de mão de obra ao longo do ano; e
- Conciliar a preservação ambiental com a produção alimentícia.

Uma das técnicas agroflorestais utilizadas consiste nos pousios de espécies lenhosas, onde depois do cultivo de uma área desmatada por dois a quatro anos, os agricultores abandonam a área para um descanso da floresta natural. Em pousios,

espécies de árvores de rápido crescimento e leguminosas podem diminuir bastante o tempo que o solo precisa para que sua produtividade recupere os níveis originais da floresta (Fernandes, 2006).

Szott *et al.* (1991) concluíram que, oito meses após o estabelecimento, pousios com espécies leguminosas possuíam estoques de nutrientes mais altos do que o controle com o pousio de floresta natural e, após 29 meses, os tratamentos com espécies arbóreas tinham estoques de nutrientes mais altos do que os tratamentos com espécies de floresta natural ou sem espécies de árvores.

O "Corte de beco" é um outro sistema agroflorestal que possui o potencial de manter a produtividade da colheita por meio da proteção aumentada do solo, ciclagem de nutrientes e pressão de ervas reduzidas (Kang *et al.*, 1990).

Esse sistema consiste no crescimento de colheitas anuais em becos formados por sebes de árvores fixadoras de nitrogênio e que possuem um rápido crescimento. **A**s sebes são podadas periodicamente para providenciar "estrume verde" e minimizar o sombreamento (Fernandes, 2006). A Figura 28 ilustra esse princípio.

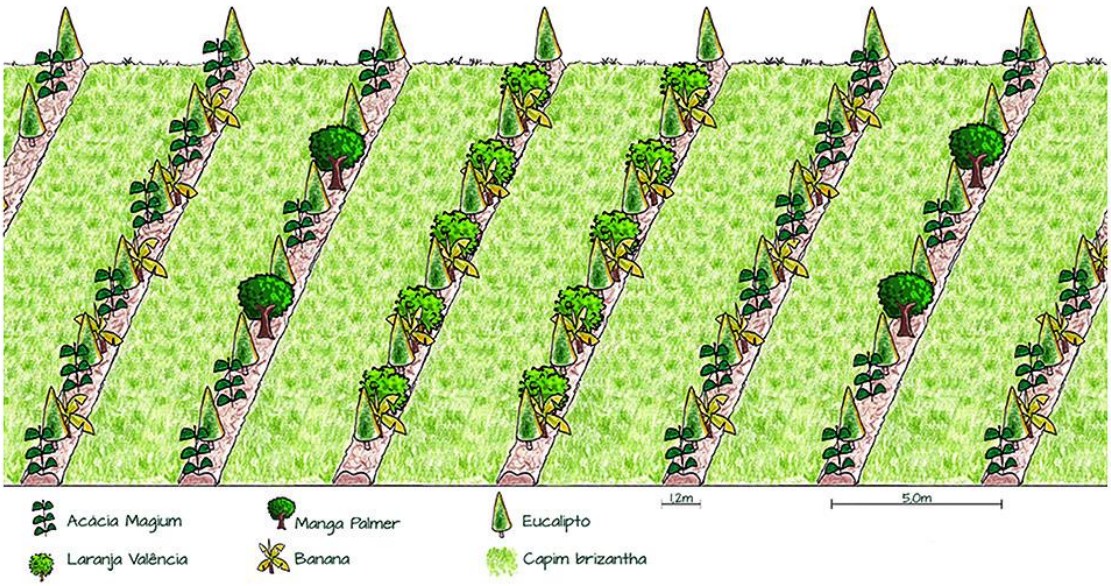

Figura 28: Esquema de SAF que pode ser descrito como corte de beco. Fonte: https://www.naturefund.de/fileadmin/pdf/Agroforst/Neu/Denise%20Bittencourt%20Amador%2C%20Restaura%C3%A7%C3%A3o%20de%20Ecossistemas%20com%20Sistemas%20Agroflorestais.pdf. Acesso em: 06/08/2024

Resultados de vários estudos mostram que o corte de beco é capaz de sustentar o rendimento de colheitas, manter os nutrientes do solo e prevenir o declínio de matéria orgânica no solo (Kang *et al*., 1990).

Os SAFs, com o seu objetivo de conciliar a preservação ambiental e produtividade alimentícia se baseia em quatro princípios: cooperação entre plantas x competição, sucessão, poda e capina seletiva e a Alta densidade de plantio (Amador, 2003):

- Para o manejo de uma agrofloresta, o primeiro princípio que deve ser incorporado é a observação e compreensão dos mecanismos ali atuantes: as funções das espécies espontâneas e dos animais para o sistema, as estratégias por eles exercidas e as dinâmicas presentes entre os elementos externos como o sol, a água e o vento. Uma vez que o aumento da biodiversidade faz parte dos objetivos, se trabalha com as espécies locais que cumprem funções de adubar e as espécies introduzidas, que trabalham de modo a substituir algumas plantas espontâneas (Amador 2003, Penereiro, 1999);
- O princípio da sucessão natural consiste em uma sequência formada por espécies pioneiras e as espécies que as sucedem. As espécies pioneiras são as primeiras a colonizar aquele solo, sendo em sua maioria das vezes gramíneas e ervas. Já estas espécies possuem a função de preparar o solo para futuras espécies (Götsch, 1995, Michelon, 2019);
- Quando se faz a seleção de poda e capina, a poda despeja muita matéria orgânica por meio de troncos, galhos e folhas e abre clareiras que permitem a entrada de luz de modo que, além de rejuvenescer a árvore podada, permite a aceleração da recuperação do solo e reaproveita ervas que já cumpriram a sua função no sistema (Götsch, 1995, Amador, 2003); e
- Um plantio com uma alta densidade implica que diferentes nichos ecológicos vão sendo preenchidos por espécies tanto nativas quanto introduzidas de modo a cada vez menos necessitar de insumos externos para preencher tais funções (Amador, 2003, Penereiro, 1999).

Também deve se ter nota de que a composição química do solo atua como um limitador em sistemas agroflorestais e diferentes propriedades do solo impõem limites no que pode ser cultivado.

Exemplo

Em um trabalho de recuperação de áreas degradadas, Campos (2020) utilizou um sistema agroflorestal composto de espécies nativas e introduzidas para recuperar uma área desertificada em Currais novos - RN.

O município é caracterizado na classificação de Köppen como BSh, isto é, seco, semiárido e de baixa altitude e latitude (Alvares *et al.*, 2013). Esse fator, em conjunto com os solos lixiviados, compactados e com pouca matéria orgânica, a pouca disponibilidade de água e nutrientes (Miccolis, 2016), fazem com que a recuperação de áreas degradadas de forma puramente natural seja quase que impossível, de modo que a intervenção humana seja necessária.

A escolha das espécies é um critério fundamental na hora de escolher o que vai se plantar, no caso da Caatinga, e devem incluir (Campos, 2020):

- A lógica sucessional e evolutiva, isto é, as primeiras espécies a serem plantadas e que abrirão caminho às outras por meio de sombreamento e/ou matéria orgânica por capinagem seletiva e/ou serrapilheira devem ser nativas ao local por já serem adaptadas ao ambiente em que serão plantadas (Götsch, 1995, Netto *et al.*, 2015);
- Espécies que possuam estratégias de armazenamento de água são indicadas para as condições extremas do semiárido (Miccolis, 2016);
- Espécies nondulantes e que possam fixar nitrogênio no solo uma vez que os solos degradados possuem baixo teor de carbono orgânico em seu substrato, que é a principal fonte de Nitrogênio para as plantas (Martínez-Rogrigues, 2009); e
- Espécies exóticas também podem ser utilizadas para a recuperação de áreas degradadas, incluindo APPs e RLs e sem exceder 50% da área total (Brasil, 2012).

Tendo esses critérios em vista, no projeto foram utilizadas espécies madeireiras e frutíferas em um sistema do tipo agrossilvicultural cultivadas em um substrato de areia peneirada e esterco bovino na proporção 2:1.

Para produção das mudas, parte foi produzida no viveiro florestal da Escola Agrícola de Jundiá em saquinhos de muda de 30 cm e tubetes de plástico de 290ml. A produção se deu por meio de sementes e estacas que foram coletadas na Área

Experimental Florestal da Escola Agrícola de Jundiá. Na Tabela 03 se observa a lista de espécies usadas.

Tabela 03: Lista de espécies utilizadas na implantação do Sistema Agroflorestal. Fonte: Campos (2020)

Classificação	Nome vulgar	Nome científico	Família
Madeireiras	Cumaru	*Amburana cearensis*	Fabaceae
	Craibrera	*Tabebuia aurea*	Bignoniaceae
	Mulungu	*Erythrina velutina*	Fabaceae
	Catingueira	*Cenostigma nordestinum*	Fabaceae
	Gliricídia	*Gliricidia sepium*	Fabaceae
	Angico	*Anadenanthera colubrina*	Fabaceae
Frutíferas	Umbu	*Spondias tuberosa*	Anacardiaceae
	Acerola	*Malpighia emarginata*	Malpighiacea
	Tangerina	*Citrus reticulata*	Rutácea
	Laranja	*Citrus maxima*	Rutácea
	Manga	*Mangifera indica*	Anacardiaceae
	Limão	*Citrus limonum*	Rutácea
	Ubaia	*Eugenia pyriformis*	Myrtaceae
	Caju	*Anacardium occidentale*	Anacardiaceae
	Pitanga	*Eugenia uniflora*	Myrtaceae
	Abacate	*Persea americana*	Lauraceae
	Graviola	*Annona muricata*	Annonaceae
	Tamarindo	*Tamarindus indica*	Fabaceae

Foram primeiro plantadas as espécies madeireiras para proporcionar amplo espaço para estas elas, evitar a propagação de pragas e doenças e permitir que outras plantas atuem como barreiras naturais, levando em conta que após o plantio, as mudas haviam sido irrigadas uma vez por semana pelos assentados do sítio onde o SAF foi implantado nos 30 dias iniciais (Nascimento *et al.*, 2012). Na Figura 29 se vê o esquema do SAF adotado.

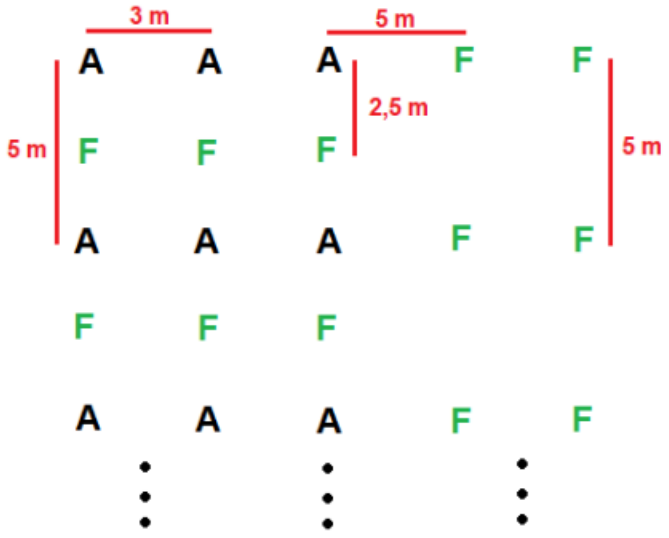

Figura 29: Esquema mostrando o SAF implementado por Campos (2020) A= Mudas de Espécies arbóreas madeireiras (nativas e exóticas); F = mudas de espécies frutíferas (nativas e exóticas). Fonte: Campos (2020)

No SAF implementado por Campos (2020) se obteve um índice de sobrevivência de 40% para o total de espécies plantadas, mas o índice de mortalidade das espécies frutíferas eram 74%. Já o índice de sobrevivência das espécies madeireiras chegava a 63%.

Como o plantio das espécies madeireiras foi feito em estação seca, se viu que a irrigação proporcionava aporte hídrico suficiente para garantir a sobrevivência das mudas, assim, Campos (2020) recomenda que o plantio seja feito em estação chuvosa.

Entre as conclusões do estudo, se verificou que a mortalidade das mudas após o plantio representou um ponto crucial no início da recuperação de áreas degradadas, e que essa mortalidade não era uniforme, pois algumas espécies apresentaram 100% de sobrevivência enquanto outras foram mais sensíveis e com desenvolvimento diretamente associado à disponibilidade hídrica. Também se mostrou a necessidade de identificação das espécies que podem se adaptar melhor e resistir em programas e recuperação da vegetação na Caatinga.

3.1.10 Semeadura Direta

Descrição

A recuperação florestal por meio da técnica de semeadura direta consiste na utilização de sementes de espécies compatíveis com ambiente natural local plantadas diretamente no solo que se deseja recuperar (Oliveira, 2013).

Por ser considerado um procedimento simples, de relativo baixo custo e boa versatilidade, tem sido usada em uma grande variedade de situações, principalmente quando o plantio de mudas ou a regeneração natural não podem ser utilizados (Mattei, 1995). Uma das razões para essa redução de custos é o fato de não ser necessário a construção de viveiros e a produção de mudas (Santos *et al*., 2012).

No entanto, é necessário que os pontos da semeadura estejam em um ambiente que ofereçam condições favoráveis para uma boa germinação. Existem alguns aspectos que representam obstáculos ao desenvolvimento das plantas, como a ação de predadores, a competição com espécies invasoras por nutrientes, luz e água.

Uma das primeiras e mais importante etapas do uso desta técnica é a obtenção das sementes, que devem ser de espécies nativas ou tolerantes às condições ambientais da área que se deseja regenerar.

Um dos principais aspectos da semeadura direta é a germinação das sementes, que é influenciada por fatores como sua viabilidade e longevidade e as condições ambientais locais como temperatura, umidade, oxigênio e luz (Oliveira e Barbosa, 2014). Por isso, antes da semeadura propriamente dita é necessária uma análise da qualidade das sementes para identificar seu potencial de germinação por meio de testes específicos.

Neste sentido, algumas sementes necessitam de tratamento para quebrar sua dormência, que é uma estratégia importante para no processo reprodutivo das plantas pois distribui a germinação por um determinado tempo mantendo a viabilidade das sementes e bloqueando a germinação em condições desfavoráveis à futura planta (Godinho *et al*., 2011). Alguns métodos são utilizados para quebrar essa dormência como escarificação mecânica, imersão em água quente e imersão em ácido sulfúrico por tempo variável (Neves *et al*., 2013).

Segundo Santos *et al*. (2012), o emprego da semeadura direta na recuperação de áreas degradadas e ciliares, além do baixo custo, apresenta uma maior taxa de sobrevivência das plantas quando comparada com o plantio de mudas.

Exemplo

Uma pesquisa desenvolvida por Jesus (2015) de julho a dezembro de 2014 teve como objetivo avaliar a emergência, sobrevivência e estabelecimento de espécies nativas por meio de semeadura direta em áreas de mata ciliar no rio Piauitinga, município de Lagarto, Estado de Sergipe. Foram utilizadas as 05 (cinco) espécies apresentadas na Tabela 04.

Tabela 04: Espécies selecionadas para o estudo de recuperação de áreas degradadas por meio de semeadura direta no município de Lagarto - Sergipe. Classificação Sucessional (CS): P - pioneira; Si - secundária inicial. Fonte: Jesus (2015)

Nome Científico	Nome vulgar	Família	CS*
Cassia grandis L.f.	Canafístula	Fabaceae-Caesalpinoidae	Si[2]
Cecropia pachystachya Trécul.	Embaúba	Urticaceae	P[1]
Enterolobium contortisiliquum (Vell.) Morong.	Tamboril	Fabaceae-Mimosoidae	Si[4]
Guazuma ulmifolia Lam.	Mutamba	Malvaceae-Sterculioideae	P[3]
Libidibia ferrea var. *leiostachya* (Benth.) L.P.Queiroz	Pau-ferro	Fabaceae-Caesalpinoidae	Si[1]

A área delimitada para a semeadura foi isolada com cerca de arame farpado para evitar o contato com animais e feita a limpeza com roçagem, eliminado plantas invasoras sem preparo inicial do solo.

Foram utilizados 04 (quatro) blocos experimentais onde foram distribuídas 10 linhas, com 10 covas em cada uma. Assim, cada bloco foi composto por 100 covas que totalizavam 400 covas em todo o experimento. A Figura 30 ilustra a distribuição dos blocos, linhas e covas.

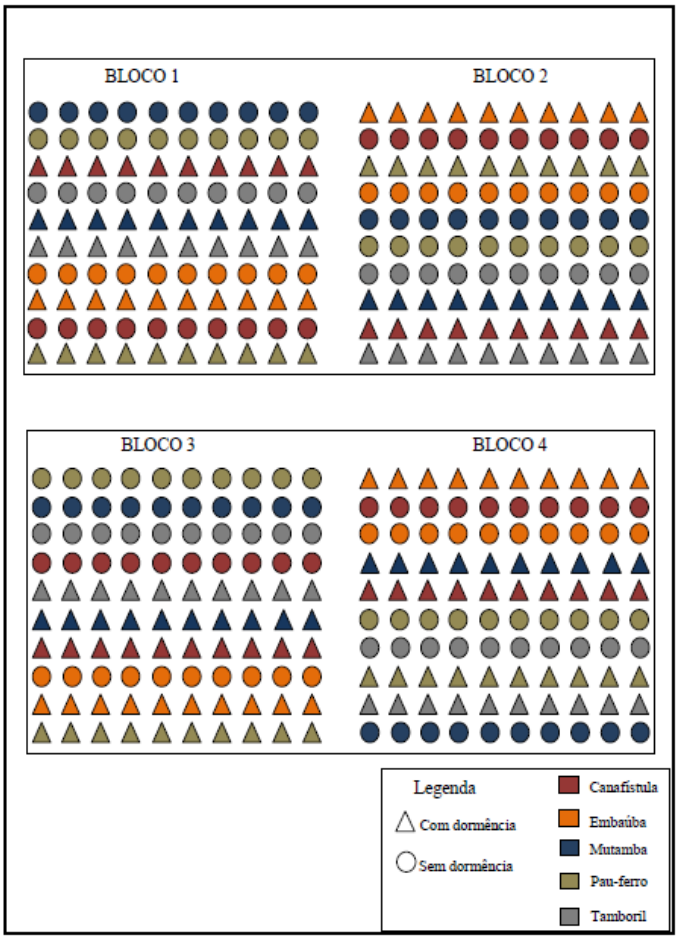

Figura 30. Distribuição de blocos, linhas e covas na área de estudo e seus respectivos tratamentos. Fonte: Jesus (2015)

Ao longo dos três primeiros meses a avaliação da emergência das plântulas foi feita semanalmente. Também neste período foram feitas semanalmente medições de temperatura e coletas de amostra do solo para determinação da sua umidade e avaliação da influência desses elementos na emergência das plântulas.

Após esse período foi feito o desbaste e deixada apenas uma plântula por cova para diminuir a competição entre elas por nutrientes, água e luz. A partir desse momento as avaliações passaram a ser mensais.

Além da emergência foram registrados também a altura, o diâmetro do colo, a sobrevivência e a taxa de crescimento.

Ao longo de um período de 180 após a semeadura os dois blocos foram avaliados quanto à emergência, sobrevivência, taxa de crescimento para altura e colo das plantas emergidas.

Das cinco espécies, apenas uma não apresentou emergência, que foi a embaúba. Do grupo de sementes com dormência, a tamboril obteve o melhor índice de emergência (74,14%). Já entre as não dormentes a canafístula se destacou com 69,25%

Aos 180 dias após a semeadura, se observou uma diferença de desempenho nas plantas emergidas. Entre as que não foram submetidas ao processo de quebra de dormência a que apresentou melhores resultados foi a tamboril que alcançou e manteve 95% de sobrevivência, seguida da canafístula que chegou ao final com 77,5% e da pau-ferro com 67,5%. A mutamba apresentou uma baixa taxa de sobrevivência de 5,0% (Figura 31).

Em uma comparação dos resultados da sobrevivência com e sem tratamento de quebra de dormência, se verificou uma diferença acentuada com a tamboril, que alcançou 95,0% sem tratamento e chegou a 35,0% com a quebra da dormência. Também se observou uma diferença não tão acentuada na mutamba, que sem dormência foi 15,0% e com dormência chegou a 5,0%

Das cinco espécies utilizadas no experimento, três se mostraram viáveis com ou sem dormência para uso na área em questão, uma apresentou resultados baixos tanto para emergência como para sobrevivência e outra se mostrou inviável por não apresentar nenhuma emergência.

A pesquisa mostrou que a semeadura é um processo viável para recomposição de vegetação em áreas degradadas, mas mostrou também a importância de se escolher as espécies a serem utilizadas e o tratamento que precisa ser dado às suas sementes para que sejam alcançados bons resultados.

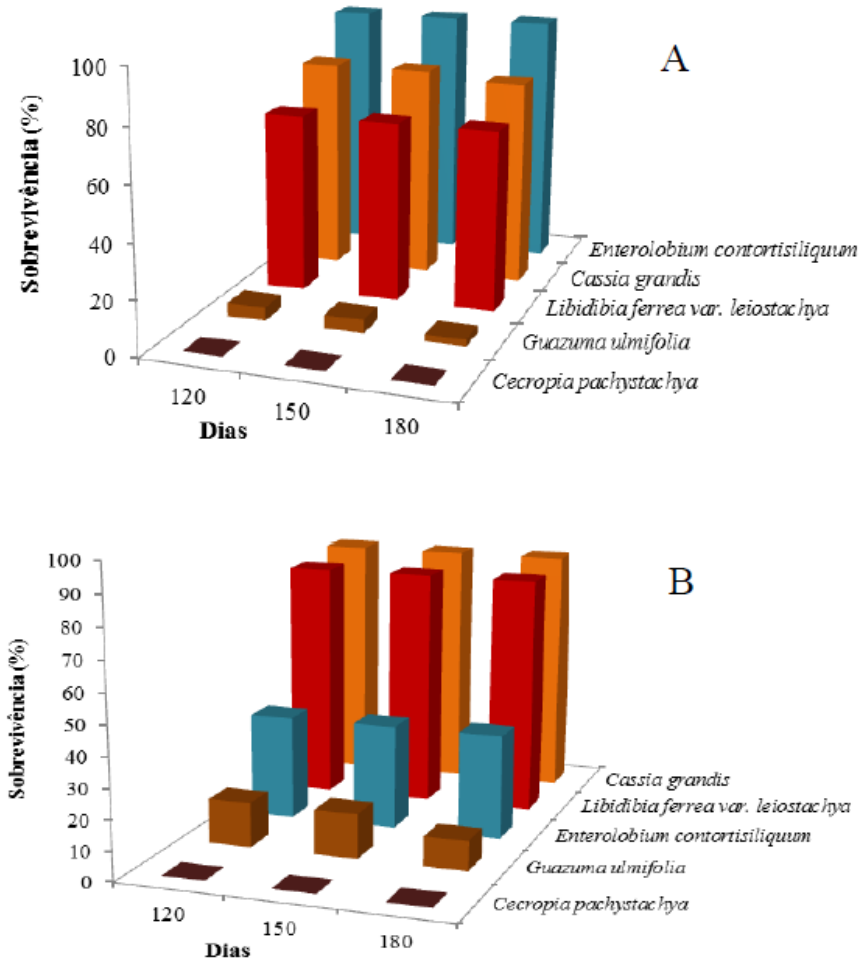

Figura 31. Taxa de sobrevivência das plantas provenientes de sementes submetidas à emergência sem tratamento (A) e com tratamento (B) para a superação de dormência. Fonte: Jesus (2015)

3.2 Considerações Sobre as Técnicas de Recuperação de Áreas Degradadas e sua Viabilidade no Semiárido Brasileiro

Levando em conta todas as técnicas que foram vistas neste trabalho, suas caraterísticas e resultados obtidos, torna-se possível uma avaliação mais crítica sobre cada uma delas.

O poços meia-lua foram feitos tendo em vista áreas com pouca precipitação pluviométrica e pouca disponibilidade de capital uma vez que têm o acúmulo de água como um de seus princípios e a não dependência de maquinários ou sistemas de irrigação além de poder ser utilizado apenas com materiais do local. Embora seja um processo lento de recuperação, pode ser acelerado com o uso de sementes e pode ser feito com o apoio da comunidade local.

Os mesmos princípios que permitem a aplicação desta técnica em áreas de pouca chuva também a tornam inviável para áreas bastante pluviosas uma vez que o

excesso de água acumulada em solos sem vegetação constitui-se mais como um problema do que uma solução já que o excesso causa inundações e contribui para a erosão do solo. Além disso, o seu sucesso depende do declive da área de aplicação e a forma como os poços são distribuídos. Não é adequado implantar poços de meia-lua sem orientação técnica adequada e, no caso de projetos de larga escala, depende de mão de obra considerável.

O fato de ser uma técnica que possibilita agir em longa distância, o bombardeio de sementes permite seu uso em áreas de difícil acesso e a proteção conferida pelas bombas permite que seja aplicado em qualquer lugar que tenha condições favoráveis à sobrevivência e à germinação uma vez que protege contra a ação de predadores. Além disso, é uma técnica acessível uma vez que é de baixo custo e preparação e pode ser feito com o apoio da comunidade local. Sua eficácia, porém, é limitada porque não é garantida a sobrevivência das espécies e requer conhecimentos de quais espécies são adequadas para o ambiente onde será semeado além de exigir mão de obra no preparo e lançamento das “bombas”. Somado a isso, o lançamento não pode ser feito em qualquer época do ano por não contar com irrigação, sendo o ideal fazê-lo no início da estação chuvosa.

A exemplo dos poços meia-lua, o barramento zero conta apenas com água e declividade, mas necessita de um córrego ou talvegue para sua implantação. É uma obra de baixo custo que pode ser feito em qualquer dimensão apenas com materiais do local e ferramentas disponíveis em qualquer propriedade rural. Além disso pode ser feito com mão de obra local desde que tenha acompanhamento técnico. Não é viável em áreas planas.

Graças à proteção contra a luz solar e a incorporação de matéria orgânica, a transposição da serrapilheira permite o crescimento vegetal em áreas onde a vegetação não seria capaz de crescer normalmente, principalmente as espécies que não se beneficiam com o plantio a sol aberto e necessitam de limites na exposição.

Porém, nem todas as espécies lidam bem com as limitações na luz solar, requerendo assim conhecimentos sobre a tolerância à luz solar de acordo com a planta. Além disso, é preciso que tenha uma área conservada nas redondezas que produza serrapilheira, cuja produção é influenciada por diversos fatores.

A simplicidade de execução dos poleiros artificiais com materiais locais faz com que esta técnica tenha custos baixos e funciona em áreas semiáridas. Além disso, há variações na forma como as sementes são depositadas sendo todas elas da flora da região, o que assegura uma certa biodiversidade.

Como sua utilização tem como um de seus princípios a atração de aves, é importante que se tenha uma diversidade de aves para ser atraída em primeiro lugar, necessitando assim de áreas conservadas nas redondezas. Além disso, é uma recuperação lenta porque se inicia nos locais onde estão os poleiros.

O enleiramento de galhadas possui as mesmas vantagens dos poleiros artificiais, com a diferença que enquanto os poleiros estão voltados para a atração de aves, as galhadas foram feitas pensando nos répteis e roedores, que aumentam a diversidade das sementes depositadas, além de garantir a proteção contra a ação do sol e melhora as condições de umidade favorecendo assim a germinação e desenvolvimento das plantas.

Nem todas as espécies vegetais são favorecidas pela luz solar limitada e necessita de considerável volume de podas e restos de árvores para formação das galhadas.

O plantio de mudas é o método mais usado para a recuperação de áreas degradadas, não necessita do auxílio da fauna para que seja implantado, nem de áreas conservadas em seu entorno, além de possuir elevadas taxas de sucesso quando as espécies são escolhidas corretamente e pode até mesmo gerar benefícios financeiros.

A sua eficácia varia de acordo com a espécie utilizada, uma vez que cada espécie possui diferentes níveis de requerimentos de água, tolerância à luz solar entre outros critérios. Exige considerável mão de obra a depender do tamanho da área a ser restaurada e conhecimento técnico para a produção das mudas ou capital grande para a aquisição delas, além de necessitar custos para correção do solo, limpeza e acompanhamento contra plantas invasoras e irrigação quando necessário.

Os núcleos de Anderson não necessitam do auxílio de uma diversidade faunística para seu sucesso e possui as mesmas vantagens do plantio de mudas, mas com a diferença de que há uma distribuição em núcleos para otimizar o desenvolvimento das mudas.

Nem todas as espécies são adequadas para este modelo de plantio uma vez que algumas não permitem que outras cresçam ao seu redor e há o risco de gerar competição entre as espécies graças à proximidade, requerendo assim conhecimentos sobre as espécies a serem utilizadas e recursos financeiros uma vez que o custo deste método é elevado.

O uso do conceito de agroflorestas concilia a produção econômica com a preservação da biodiversidade uma vez que pode envolver o uso de espécies que são

produtivas em uma perspectiva econômica além de poder ser aplicado em qualquer região desde que sejam escolhidas as espécies mais adequadas para o ambiente o clima local. Não exige o uso de máquinas e pode ser feito pela comunidade local com ferramentas simples e baixo custo de implantação e acompanhamento.

Porém, necessita de manutenção, mão de obra e conhecimentos de que época pode ser plantado. Além disso, sua eficácia pode ser comprometida de acordo com o tipo de solo, somado a isso, a fauna local pode ser tanto apoiadora na dispersão das sementes quanto ser um empecilho por meio da sua predação, necessitando de conhecimentos sobre as relações de predação/dispersão. As agroflorestas também possuem conceitos próprios e específicos sobre sistemas que não são do conhecimento popular, o que faz com que seja necessário a capacitação de pessoal para planejamento, implantação e acompanhamento de sua evolução.

Por último tem-se a semeadura direta, que possui boa eficácia quando as sementes recebem tratamentos adequados. As sementes podem ser coletadas no entorno da área a ser recuperada, o que ajuda a obter melhores resultados por já serem adaptadas à região.

No entanto, essa técnica requer conhecimento das espécies a serem usadas e do tratamento a ser dado como, por exemplo, a quebra de dormência, além de cuidados para evitar a ação de predadores. Testes de germinação com as sementes disponíveis são importantes para avaliar sua viabilidade. Ou seja, reque também um bom acompanhamento técnico.

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Com base no que foi exposto ao longo deste trabalho, é possível se chegar a algumas conclusões sobre as técnicas de recuperação de áreas degradadas que poderiam ser utilizadas na Caatinga brasileira.

Em princípio, todas técnicas poderiam ser utilizadas e apresentar resultados satisfatórios. Entretanto, as demandas e custos envolvendo cada uma delas variam muito e podem tornar seu uso inviável. Por exemplo:

- O plantio de mudas oferece bons resultados de sobrevivência, mas demandam um elevado custo de implantação e dependem boas chuvas ou irrigação, que são recursos escassos no Nordeste. Fatores estes que também dificultam o uso da semeadura direta e os núcleos de Anderson na região;
- Os poleiros artificias e transposição de galharias se mostraram viáveis do ponto de vista de custos, mas seus resultados são bastante demorados, limitados aos locais onde se encontram e dependentes de fauna local. A dependência dos recursos florestais locais também atinge a serrapilheira;
- As agroflorestas podem oferecer uma produção mais rápida de massa verde por se iniciar com espécies que são nativas e resistentes ao microclima da Caatinga, um manejo constante, além de poder envolver espécies de valor comercial;
- No bombardeio de sementes a maior dificuldade está na coleta e seleção das ementes que serão lançadas. É de baixo custo e fácil execução. Porém, não foram encontradas referências sobre as taxas de germinação e sobrevivência das plântulas por meio desta técnica, o que não permite averiguar sua taxa de sucesso;
- O barramento base zero se mostrou bastante eficientes no acúmulo de sedimentos, o que é um requisito indispensável para o desenvolvimento vegetal. Porém, também não foram referências mostrando o uso desses barramentos na recuperação da vegetação em áreas degradadas; e
- Os poços meia-lua apresentaram bons resultados na recuperação da flora com a simples intervenção no solo e resultados ainda melhores com o uso de sementes de gramíneas de valor comercial para acelerar o processo. As experiências encontradas sobre o uso desta técnica estão em áreas mais

inóspitas que o semiárido brasileiro. Isso é um indicativo que ela pode ser viável nessa região embora não tenham sido encontradas referências do seu uso no Brasil.

Como sugestão para trabalhos futuros pode se indicar a busca por algumas respostas não encontradas na pesquisa bibliográfica realizada, como a avaliação da taxa de germinação dos bombardeios de sementes, o uso dos barramentos base zero já implantados na recuperação de vegetação e a eficácia dos poços meia-lua na Caatinga.

Por fim, em consonância com os objetivos pré-estabelecidos, este trabalho mostra que é possível recuperar áreas que passaram por degradação ambiental no semiárido, tendo em mente que não se trata simplesmente de técnicas de melhorar a cobertura vegetal do solo e sim de proporcionar melhores condições de vida da população que reside na região, em especial na Catinga, como também contribuir de alguma forma para a reversão do processo de desertificação e o aquecimento global.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, J. L. M., SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. In: **Metereologische Zeitschrift**, v.22, nº6, p.711-728, 2013.

ALVES, A. Quilombolas usam estilingues para recuperar Caatinga em Pernambuco, Folha de São Paulo, Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/ 2023/ 10/quilombolas-usam-estilingues-para-restaurar-Caatinga-em-pernambuco.shtml. 2023. acesso em 08/07/2024.

ALVES, J. J. A., ARAÚJO, M. A. D., NASCIMENTO, S. S. D. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica, **Caminhos de Geografia**. Uberlândia-MG. Vol. 9 nº27, p. 143-155. 2008.

AMADOR, D. B., **Restauração de Ecossistemas com Sistemas Agroflorestais. Restauração de ecossistemas naturais**. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais–FEPAF. Botucatu - SP. 2003.

AMORIM, I. L. **Restauração Ecológica em Floresta Tropical Seca no Brasil**. 2022. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Paraíba Centro de Ciências Agrárias. Areia-Pb. 2022.

ANDERSON, M., Spaced- Group planting. **Unasylva**, vol. 7, nº2. 1953. Disponível em: https://www.fao.org/4/x5367e/x5367e02.htm. Acesso em 04/07/2024.

ANDRADE, A. G. D., TAVARES. S. R. L. D., COUTINHO, H. L. D. C. Contribuição da serrapilheira para recuperação de áreas degradadas e para a manutenção de sistemas agroecológicos, in: **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.24, n.220, p.55-63, 2003.

ATKINSON, V. L. **Mine and Industrial Site Revegetation in the Semi-Arid Zone, North-Eastern Eyre Peninsula, South Australia**. 2003. MSc Dissertation. University of South Australia, Adelaide, Austrália. Disponível em: https://find.library.unisa.edu.au/ discovery/fulldisplay/alma9915951961601831/61USOUTHAUS_INST:ROR. Acesso em 06/08/2024. 2003.

AYRES, E. C. B., RIBEIRO, A. E. M., Inovações agroecológicas no Nordeste de Minas Gerais: o caso dos sistemas agroflorestais na agricultura familiar do alto Jequitinonha. In: **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras-MG. Vol. 12, n. 3, p.344-354, 2010.

BECHARA, F. C. **Unidades demonstrativas de restauração ecológica através de técnicas nucleadoras: floresta estacional semidecidual, Cerrado e Restinga**. 2006. Tese de Doutorado em Recursos Florestais. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, S.P., 247 f. 2006.

BERNARDINI, L. E. **Núcleos monoespecíficos como estratégia de recuperação ecológica: um estudo de caso na Mata da Pedreira, campus da ESALQ-USP**. 2017. Dissertação de Mestrado. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. 2017.

BRASIL. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca**. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Brasília-DF. 2005.

BRASIL. Lei nº12.51, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. acesso em 07/08/2024

BRAY, J. R., GORHAM, E. Litter Production in Forests of the World. in: **Advances in Ecological Research**, Vol. 2, p. 101-157, 1964.

CAMPOS, J.N.B. Águas superficiais no semiárido brasileiro: Desafios ao atendimento aos usos múltiplos. In: Medeiros SS *et al.* (Ed) **Recursos Hídricos em regiões áridas e semiáridas**, 1.Ed. Instituto Nacional do Semiárido. Campina Grande, p 250-268. 2011.

CAMPOS, D. B. P. **Sistema agroflorestal: Estratégia de recuperação de área degradada no bioma Caating**a. 2020.38p. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Florestal. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Macaíba-RN. 2020.

CASTRO, C. C. A importância da fauna em projetos de restauração. In: **Fundação Cargill. Manejo ambiental e restauração de áreas degradadas**. São Paulo. pp. 57-72. 2007.

CONRADO, D., MUNHOZ, D. E. A., SANTOS, M. C., MELLO., R. F. L., SILVA, V. B. **Vulnerabi-lidades às mudanças climáticas**. CETESB/SP. 2014. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/aguasinteriores/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/conrado_vulnerabilidades.pdf. Acesso em: 28/08/2024.

COSTA, T. G. A.; IWATA, B. F.; COSTA, E. A.; SOUZA, I. R. M.; ROCHA, I. L. Avaliação e proposta de recuperação de área degradada no município de Corrente, Piauí. *In*: **Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação**, 11. Maceió – Al. Anais. IFAL – Alagoas, 2016.

DAL-TOÉ, G. R, Transposição de Galharia na Ilha de Santa Catarina. **Revista Ambientes em Movimento**. V.2, N.1. Disponível em: https://ojs.sites.ufsc.br/index.php/am/ article/view/5370. 2022. Acesso em: 19/07/2022.

DUARTE, R. S. Dois modelos para a Convivência do Produtor Rural com o Ambiente do Semi-Árido Nordestino, in: **Revista Econômica do Nordeste**. Fortaleza, v.33, nº1. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/revista/ren/article/view/1738/998. 2022. Acesso em: 15/07/2024

FARLEE L. D. Direct Seeding of Fine Hardwood Tree Species. Managing Fine Hardwoods After a Half Century of Research. **Proceedings of the Seventh Walnut Council Research Symposium**. Pp 31–47. General Technical Reports NRS-P-115. US Department of Agriculture, Forest Service, Newtown Square. 2013.

FUKUOKA, M. **One Straw Revolution**. NYRB Classics, New York-EUA. 2009.

FUKUOKA M. **The Natural Way of Farming: The Theory and Practice of Green Philosophy**. Japan Publications. Tokyo-Japan. 1985.

FERNANDES, E. C. M., Agroforestry for Productive and Sustainable Landscapes in the Face of Global Change. In: **Sistemas Agroflorestais: Bases Científicas para o Desenvolvimento sustentável**. Campos dos Goytacazes: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, v.1, p. 43-52. 2006.

GODINHO, M.A.S.; MANTOVANI-ALVARENGA, E.; VIEIRA, M.F. Germinação e Qualidade de Sementes de Adenostemma Brasilianum (Pers.) Cass., Asteraceae Nativa de Sub-Bosque de Floresta Atlântica. **Revista Árvore**, Viçosa-Mg, V.35, N.6, P.1197-1205. 2011.

GONZALEZ, M. I. M., GALLARDO, J. F. El Efecto Hojarsca: Una Revisión. In: **Anales de Edafobiologia y Agrobiologia**. Madrid, v.41, nº5/6, p. 1129-1157. 1982.

GÖTSCH, E., **O renascer da agricultura**. AS-PTA - Assesoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 2ªa edição, 1995.

GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. Barragens Sucessivas de Contenção de Sedimentos. In: **Cartilhas temáticas Tecnologias e práticas hidroambientais para a convivência com o semiárido**. v.1. Disponível em https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/29535/1/Cartilha-vol-1-Barragens-sucessivas.pdf. 2010. Acesso em: 18/07/2024.

HESHMATI, M., GHEITURI, M. E HOSSEINI, M. Effects of runoff harvesting trough semi-circular bund on some soil characteristics. **Global Journal of Enviroment and Science management***,* Vol. 4, 2ª Edição, nº14, 2018. Disponível em https://www.gjesm.net/ article_30105_0.html acesso em 25/06/2024

HOLL, K. D., Do Bird Perching Structures Elevate Rain and Seeding Establishment in Abandoned Tropical Pasture? In: **Restoration Ecology** Vol. 6 nº3. https://doi.org/10.1046/j.1526-100X.1998.00638.x. 2002. Acesso em: 05/07/2024.

HOWE, H. F., SMALLWOOD, J. Ecology of Seed Dispersal. **Annual Review of Ecology and Systematics***,* 13(1), 201-228. doi:10.1146/annurev.es.13.110182. 1982.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília, DF, 1990.

INPE/CEMADEN. Elaboração dos Mapas de índice de Aridez e Precipitação Total Acumulada para o Brasil. **Nota Técnica**. Brasília-DF. 2023.

INSTITUTO TERRA. Restauração Ecossistêmica. Disponível em: https://institutoterra.org/atuacao/. Acesso em: 14/08/2024.

JANZEN, D. h., Management of Habitat Fragments in a Tropical Dry Forest: Growth, in: **Annals of the Missouri Botanical Garden***,* vol. 75, n°1. P. 105-116. 1988.

JESUS, J. B. **Estabelecimento de Espécies Florestais Nativas via Semeadura Direta no Rio Piauitinga - Sergipe**. 2015. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade. Universidade Federal de Sergipe. 2015.

JUSTDIGGIT. Water Bund Landscape Restoration. Disponível em: https://justdiggit.org/nl/ wat-we-doen/landschapsherstel/water-bunds/. Acesso em 19/julho/2024.

KAGEYAMA, P. Y. e C. F. A. CASTRO. Sucessão Secundária, Estrutura Genética e Plantações de Espécies Arbóreas Nativas. **Revista Scientia Forestalis**, n.41/42, p.83-93, 1989. Disponível em: https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr41-42/cap11.pdf. Acesso em: 15/08/2024.

KANG, B. T., REYNOLDS, L., ATTA-KRAH, A. N., Alley Farming. In: **Advances in Agronomy**. vol. 43, 315-359, 1990.

LIMA, P. C. F. Áreas degradadas: métodos de recuperação no semi-árido brasileiro. **XXVII Reunião Nordestina de Botânica**. Petrolina-Pe. 2004

MARIOT, A., L. C. MARTINS., R. G. VIVIANI, E. R. PEIXOTO. A utilização de técnicas nucleadoras na restauração ecológica do canteiro de obras da UHE Serra do Facão, Brasil. Disponível em: https://www.yumpu.com/pt/document/view/ 12934999/ a-utilizacao-de-tecnicas-nucleadoras-na-restauracao-ecologica-do-, 2008. Acesso em 04/08/2024.

MARTÍN-ROSALES, W.; PULIDO-BOSCH, A.; GISBERT, J.; VALLEJOS, A. Sediment yield estimation and check dams in a semiarid area (Sierra de Gádor, southern Spain). **IAHS Publ**., n. 279, p. 51-58. 2003.

MARTÍNEZ-RODRIGUES, E. Coevolution in Rhi-zobium-legume symbiosis. **DNA and Cell Biology**. v. 28, n. 8, p. 60-70, 2009.

MATTOS, L. C., J. L. S. MATTOS, R. BLACKBURN, F. S. SANTIAGO, J. B. MENEZES NETO. A saga do algodão no semiárido nordestino: histórico, declínio e as perspectivas de base agroecológica. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 55, p. 556-580, 2020.

MCDONELL, M., J., Old field vegetation height and the dispersal pattern of bird-disseminated woody plants, In: **Bulletin of the Torrey Botanical Club**. Vol. 113, n°1, p. 6-11. 1986.

MICCOLIS, A.; PENEIREIRO, F. M.; MARQUES, H. R.; VIEIRA, D. L. M.; ARCOVERDE, M. F.; HOFFMANN, M. R.; REHDER T.; PEREIRA, A. V. B. Restauração Ecológica com Sistemas Agroflorestais: como conciliar conservação com produção. Opções para Cerrado e Caatinga. Brasília. **Instituto Sociedade, População e Natureza** – ISPN/Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal – ICRAF, 2016.

MICHELON, J. D., **Sistemas Agroflorestais, agricultura sintrópica e recuperação de áreas degradadas: Um novo olhar para a agricultura**. 2019. Monografia de conclusão de curso. Instituto Federal de Santa Catarina, Garopaba, 2019.

MINELLA, G. M., BÜNDCHEN, M. Técnicas de Nucleação Aplicadas na Recuperação de Áreas Degradadas. Universidade Comunitária da Região de Chapecó, 2013, disponível em http://www.ensinosuperior.sed.sc.gov.br/wp-content/uploads/ 2016/ 09/Giane-Maria-Minella.pdf acesso em 19/07/2024.

MORAES, L F. D., J. M. ASSUMPÇÃO, T. S. PEREIRA, C. LUCHIARI. **Manual técnico para a restauração de áreas degradadas no Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, RJ. 2013.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. Programa Nacional de Floresta – Recuperação de Áreas Degradadas. 2016. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/ destaques/ item/8705-recuperação-de-áreas-degradadas>. Acesso em: 29/08/2024.

MMA - Ministério do Meio Ambiente. **Subsídios para a Elaboração do Plano de Ação para a Prevenção e Controle do Desmatamento na Caatinga**. Brasília - DF. 2011.

NASCIMENTO, D. F, D., LELES, P, S. D. S., OLIVEIRA NETO, S. N. D., MOREIRA, R. T. S., ALONSO, J. M., Crescimento inicial de seis espécies florestais em diferentes espaçamentos. **Cerne**, V.10, n°1, p. 159-165, 2012.

NETTO, D. S. A., RODRIGUES, R. R., NAVE, A. G., Cartilha de Restauração Florestal de Áreas de Preservação Permanente, Alto Teles, MT. **The Nature Conservacy**. Supernova Design, 2015.

NEVES, J.M.G.; SILVA, H.P.; AQUINO, C.F.; BRANDÃO, A.A.; DUARTE, R.F.; JUNIOR, D.S.B.; SALES, N.L.P. Determinação de inibidores e superação de dormência em sementes de cutieira. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.3, n.2, p.121-128, 2013.

NILL, D. Semi-circular bunds (for crops and forest/rangeland) [Niger]. 2014, **WOCAT**. Disponível em: WOCAT SLM Technologies. Acesso em 11/07/2024.

OLIVEIRA, A.K.M.; BARBOSA, L.A. Efeitos da Temperatura na Germinação de Sementes e na Formação de Plântulas de *Cedrela Fissilis.* **Revista Floresta**, Curitiba-Pr, V.44, N.3, P.441 – 450, 2014.

OLIVEIRA, A. J. F. **Recuperação de uma área degradada do cerrado através de modelos de nucleação, galharias e transposição de banco de sementes**. 2013. 116 p. Tese de Doutorado em Ciências Florestais. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade de Brasília. Brasília - DF, 2013.

OLIVEIRA, M. A; GOMES, C. F. F.; PIRES, E. M.; MARINHO, C. G. S.; LUCIA, T. M. C. D. Bioindicadores ambientais: insetos como um instrumento desta avaliação. **Revista Ceres**, v. 61, Suplemento, p. 800 - 807. 2014.

OLSEN, N. Instituto Terra: reflorestamento, inspiração e muito trabalho. Disponível em: https://ciclovivo.com.br/planeta/meio-ambiente/instituto-terra-reflorestamento-inspiracao-e-muito-trabalho/. 2023. Acesso em: 14/08/2024.

PADILLA, F. M., PUGNAIRE, F. I., The role of nures plants in the restoration of degraded environments, **Frontiers in Ecology and the Environment***,* Vol. 4, nº4, p. 196-202. 2006.

PARROTTA, J.A.; TURNBULL, J.W.; JONES, N. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. **Forest Ecology and Management**, Vol. 99, edições 1-2, p. 21-42. 1997.

PAULISTA, C. R.; CAVADAS, L. S.; SANTOS, R. A.; SANTOS, W. A.; ERTHAL JÚNIOR, M.; HORA, H. R. M. Avaliação ambiental de uma instituição de ensino a partir do uso de indicadores de sustentabilidade. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba-Pr. v. 4, n.5, p. 1955-1979, 2018.

PENEREIRO, F. M., **Sistemas Agroflorestais dirigidos pela sucessão: m estudo de caso. Piracicaba**. 1999. 138p. Dissertação de mestrado – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 1999.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; TRES, D. R. Nucleation in tropical ecological restoration. Scientia Agricola. Disponível em: https://www.scielo.br/j/sa/a/FDNYj4MjC6yCpjxGfkgYY3N/. 2010. Acesso em: 04/08/2024.

REIS, A.; ZAMBONIM, R.M.; NAKAZONO, E.M. Recuperação de áreas florestais degradadas utilizando a sucessão e as interações planta-animal. **Reserva da Biosfera**, no. 14. 42p.1999.

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 & Conservação**. Vol. 1, Nº 1. 2003.

SAIKA, T., HAZARIKA, J., KURMI, K. K., GOGOI, D. Seed Bomb: A new approaches of afforestation: A overview. In: **The Pharma Innovation Journal**, p. 2114-2118. 2023. Disponivel em: https://www.researchgate.net/profile/Tikendrajit-Saikia/publication/380424076_SeedBomb_A_new_approaches_of_afforestation_An_overview/links/663ba3a106ea3d0b74420122/Seed-Bomb-A-new-approaches-of-afforestation-An-overview.pdf. Acesso em: 09/07/2024.

SANTOS, J. Y. G, C. A. G. SANTOS, R. M SILVA, V. C. SILVA. Produção de Sedimentos e Recuperação de Áreas Degradadas no Semiárido Paraibano. **XI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**. João Pessoa - Pb, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/305983242. Acesso em: 19/julho/2024.

SANTOS, C. A. G., R. M SILVA, J. Y. G. SANTOS. Construção de barramentos no controle das perdas de sedimentos e água no semiárido da Paraíba. **IX Encontro Nacional de Engenharia de Sedimentos**. Brasília - DF, 2010. Disponível em: https://www.researchgate. net/publication/305969599. Acesso em: 19/julho/2024

SENAR - Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Sistemas Agroflorestais (SAFs): conceitos e práticas para a implantação no bioma amazônico**. 1ª edição. Brasíllia-DF. 2017.

SILVA, C. J. D., SANCHES, L., BLEICH, M. E., LOBO., F. D. A., NOGUEIRA, J. D. S., Produção de Serrapilheira no Cerrado e Floresta de Transição Amazonia-Cerrado do

Centro-Oeste Brasileiro in: **Acta Amazonica** 37 (4), Disponível em https://www.scielo.br/j/aa/a/S3Vd56pcVZDZS8FjHCW3JTR/#. 2007. Acesso em 25/07/2024.

SILVA, K. D. A., MARTINS, S. V., NETO, A. M., CAMPOS, W. H., Semeadura Direta com transposição de serrapilheira como metodologia de restauração ecológica. **Rev. Árvore**, 39 (5), disponível em: https://doi.org/10.1590/0100-67622015000500004. 2015. Acesso em 29/07/2024.

SILVEIRA, L. P. **Avaliação de Algumas Técnicas de Nucleação em Área Degradada no Seridó da Paraíba**. 2013. 40p. Monografia apresentada à Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal – UFCG, Campus de Patos/PB, para obtenção do Grau de Engenheiro Florestal. 2013.

SILVEIRA, L. P., SOUTI, J. S., DAMASCENO, M. M., MUCIDA, D. P., PEREIRA, I. M., Poleiros Artificiais e Enleiramento de Galhada na restauração de área degradada no Semiárido da Paraíba, Brasil, in: **Nativa, Sinop**, v. 03, nº3, p.165-170, 2015.

SIVAPALAN, M., TAKEUCHI, K., FRANKS, S. W., GUPTA, V. K. KARAMBIRI, H., LAKSHMI, V., LIANG, X., MCDONNELL, J. J., MENDIONDO, E. M., O'CONNELL, P. E., OKI, T., POMEROY, J. W., SCHERTZER, D., UHLENBROOK, S., ZEHE, E. IAHS Decade on Predictions in Ungauged Basins (PUB), 2003–2012: Shaping an exciting future for the hydrological sciences. **Hydrological Sciences**, v.48, n .6. p. 857-880. 2004.

SZOTT, L. T., FERNANDES, E. C. M., SANCHEZ, P. A., Soil-plant interactions in agroforestry systems. In: **Forest Ecology and Management***,* 45: 127-152. 1991.

TAMILARASAN, C., JERLIN R. E RAJA K. Seed Ball Technique for Enhancing the Establishment of Subabul (Leucaena Leucocephala) Under Varied Habitats. **Journal of Tropical Forest Science***.* 33(3): 270–276. https://doi.org/10.26525/ jtfs2021.33.3. 270. 2021.

WWF - World Wildlife Fund. **Restauração ecológica no brasil: Desafios e oportunida-des**. Brasília-DF, 2017.

YARRANTON, G. A., MORRISON, R. G., Spatial dynamics of a primary sucession: nucleation. In: **Journal of Ecology**, v. 62, nº2, p.417-428, 1974.

WOCAT. Semi-circular bunds (for crops and forest/rangeland) (Niger). 2019. Disponível em: https://qcat.wocat.net/en/wocat/technologies/view/technologies1614/. Acesso em: 19/07/2024.

ZIMMERMAN, J. K., PASCARELLA, J. B., AIDE, T. M., Barriers to Forest Regeneration in an Abandoned Pasture in Puerto Rico, In: **Restoration Ecology**, vol 8, n°4, p. 350-560, 2000.

ZOUGMORÉ, R., JALLOH, A. & TIORO, A. Climate-smart soil water and nutrient management options in semiarid West Africa: a review of evidence and analysis of stone bunds and zaï techniques. **Agriculture & food security** 3, 16 (2014) Disponível em https://link. springer.com/article/10.1186/2048-7010-3-16. Acesso em: 24/06/2024.