



ANÁLISE TEMPORAL DE INDICADORES ECOLÓGICOS EM DIFERENTES TÉCNICAS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL

Nadieli Luiza Domingues¹

Olidan Pocius²

Mariana Campos³

Lilian Vilela Andrade Pinto⁴

Projetos de reflorestamento e recuperação de
áreas degradadas.

Resumo

Esta pesquisa teve como objetivo avaliar o potencial de restauração das técnicas de regeneração natural, muvuca de sementes e plantio de mudas em uma unidade demonstrativa no bioma Mata Atlântica ao longo de três anos de desenvolvimento. Foram avaliados a cobertura do solo, densidade e riqueza de espécies nativas, usando o Modelo Linear Generalizado Misto (GLMM) e os valores foram comparados aos observados na Resolução SMA 32/2014. Os resultados indicam variações significativas na densidade, riqueza e cobertura conforme as técnicas de restauração e o tempo de monitoramento. O Modelo Linear Generalizado Misto (GLMM) demonstrou boa adequação para densidade e cobertura, e razoável adequação para riqueza. As técnicas de muvuca e plantio de mudas mostraram efeitos significativos na densidade e riqueza ao longo do tempo, com a muvuca apresentando variações significativas na cobertura. Os resultados reforçam a eficiência da muvuca na promoção de alta densidade e diversidade de espécies, enquanto sugerem que o impacto da regeneração natural e outras técnicas pode levar mais tempo para se manifestar plenamente. Aos três anos da implantação, as técnicas de restauração florestal apresentam os valores dos indicadores estabelecidos pela resolução SMA 32/2014.

Palavras-chave: Plantio de mudas; Muvuca de sementes; Regeneração natural; Resolução SMA 32/2014.

¹ Discente em Bacharelado da Engenharia Ambiental, IFSULDEMINAS - Campus Inconfidentes. E-mail: nadieli.domingues@alunos.ifsuldeminas.edu.br

² Consultor, The Nature Conservancy - TNC. E-mail: olidanpocius@gmail.com

³ Especialista em Conservação, The Nature Conservancy - TNC. E-mail: marina_campos@tnc.org

⁴ Orientadora, IFSULDEMINAS – Campus Inconfidentes. E-mail: lilian.vilela@ifsuldeminas.edu.br

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, devido à degradação em ampla extensão, a Restauração Ecológica tem ganhado importância significativa, visto que é um processo de recuperação no qual o objetivo é restituir sua capacidade funcional, diversidade biológica e benefícios ambientais, contribuindo para aprimorar as condições climáticas e o bem-estar da sociedade. Conforme Sampaio et al. (2021), o conceito de restauração ecológica é amplo e inclui recuperação, restauração, reabilitação, recomposição e reflorestamento. O Plano Conservador da Mantiqueira é um grande exemplo de restauração florestal, cujo seu principal objetivo é a recuperação de 1,5 milhão de hectares do bioma mata atlântica em 425 municípios, os que abrange a Serra da Mantiqueira (Souza; Miyazato, 2022), e com o intuito de colaborar com as metas do Brasil de restaurar e reflorestar 18 milhões de hectares de florestas para múltiplos usos até 2030 (MMA, 2021).

Com o propósito de avançar nas técnicas de restauração florestal, visando o estabelecimento de florestas autossustentáveis no futuro, é necessário estabelecer critérios mínimos de riqueza e diversidade para promover o funcionamento e a manutenção de uma floresta com espécies nativas (Rodrigues et al., 2009). Portanto, identificar a técnica mais apropriada para cada área diagnosticada torna-se essencial, visando maximizar o sucesso na recuperação das funções ecológicas dos ecossistemas com custos reduzidos (Benini; Adeodato, 2017).

Na restauração florestal as técnicas mais utilizadas são: regeneração natural, plantio de mudas e semeadura direta. Para auxiliar a escolha da técnica de restauração mais adequada, considera-se o potencial de regeneração natural, classificado como alto, médio ou baixo. Com base nessa avaliação da área diagnosticada, quando identificamos um alto potencial de regeneração, com grande resiliência, priorizamos a técnica de regeneração natural. Por outro lado, em áreas com baixo potencial de regeneração, com baixa resiliência, enfatizamos as técnicas de plantio de mudas e semeadura direta (Sampaio, 2021).

Na semeadura direta, também é utilizada uma técnica indígena conhecida como “muvuca”, onde sementes agrícolas e florestais são misturadas de forma homogênea em substrato, resultando em um plantio superadensado de 80 a 120 kg de sementes por hectare (Vilela, 2020). Esta abordagem é considerada de baixo custo em comparação com os métodos de plantio convencionais (Benini; Adeodato, 2017).

Para verificarmos se a técnica utilizada está sendo eficiente é necessário realizar o monitoramento da área reflorestada, mensurando os parâmetros ambientais de funcionamento do ecossistema, ou seja,



acompanhar o plantio para observar os indicadores ecológicos. O monitoramento é essencial em todas as fases do processo de restauração, pois permite avaliar continuamente as condições da área. Essas avaliações fornecem informações cruciais para confirmar se as ações de recuperação estão realmente promovendo a restauração, perpetuação e aumento da biodiversidade conforme planejado ao longo do tempo (Bellotto et al., 2009).

Ao selecionar indicadores ecológicos correlacionados e de fácil medição, podemos simplificar o monitoramento da recuperação de áreas, permitindo prever seu desenvolvimento com maior confiança. A Resolução SMA 32/2014 utiliza três indicadores ecológicos, sendo a cobertura do solo com vegetação nativa, em porcentagem, densidade de indivíduos nativos regenerantes, em indivíduos por hectare, e número de espécies nativas regenerantes. Os indicadores mencionados têm sido amplamente utilizados para o monitoramento em diversas áreas, conforme apontado por Martins et al. (2015) e Degrandi (2017).

O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial de restauração das técnicas de regeneração natural, muvuca de sementes e plantio de mudas em uma unidade demonstrativa no bioma Mata Atlântica ao longo de três anos de desenvolvimento.

METODOLOGIA

A área monitorada foi a Unidade Demonstrativa (UD) localizada em Inconfidentes/MG no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (22°18 '48.23 "S; 46°19' 48.66"O), conforme mostra a Figura 1A. O clima da região, segundo a classificação de Köppen (1948), é o Cwb, classificado como tropical de altitude, apresentando variações de temperaturas mais extremas durante as estações do verão e do inverno. A temperatura média anual é de 19,2 °C. Quanto à precipitação, o município registra uma média anual de 1744,2 mm. A vegetação predominante do entorno da UD é denominada Floresta Estacional Semidecidual do bioma Mata Atlântica (IBGE, 2013). A área monitorada pelo estudo possui 1,54 hectares e foi implantada em dezembro de 2019 com a alocação aleatória dos tratamentos Regeneração natural (RN), Plantio de mudas (MUD) e Muvuca de sementes (MUV) em quatro blocos/repetições, como mostra a Figura 1B.

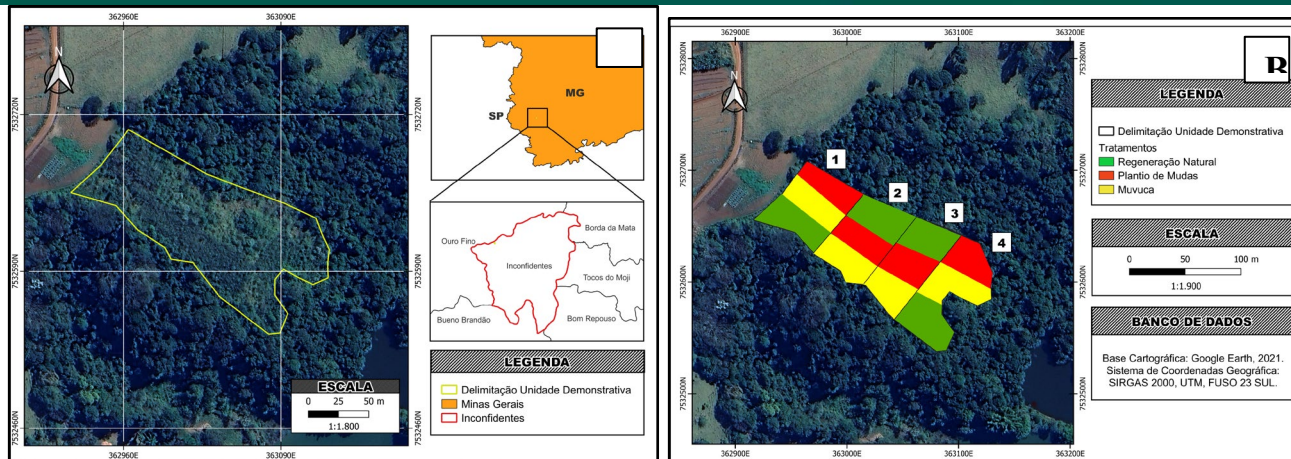


Figura 1: Unidade Demonstrativa do Campus Inconfidentes - IFSULDEMINAS: (A) Localização e (B) Croqui.

A unidade amostral/parcela foi demarcada seguindo 25 m de comprimento e 4 m de largura em cada tratamento (três) de cada bloco (quatro), totalizando 12 parcelas amostrais de 100 m² cada. A coleta de dados ocorreu nos três anos consecutivos após o estabelecimento da área, sendo em fevereiro de 2021, 2022 e 2023. Nas parcelas, os dados coletados foram a quantificação do início e do término da sombra projetada pela copa das espécies sendo realizada ao longo de um transecto no meio da parcela, seguindo o sentido do maior comprimento sendo o método linear, também conhecido como interceptação de linha. Além disso, foi feita a quantificação e identificação dos indivíduos lenhosos (arbustivos ou arbóreos), de modo a atender o Protocolo de Monitoramento de Projetos de Restauração Ecológica na Portaria CBRN 1/2015 - Resolução SMA 32/2014, que considera todos os indivíduos plantados que possuem altura maior que 0,5 metros.

Para avaliação das técnicas de restauração florestal foram utilizados indicadores ecológicos estabelecidos pela Resolução SMA 32/2014, sendo: cobertura do solo com vegetação nativa (CS%), em porcentagem, densidade de indivíduos nativos regenerantes (Di), em indivíduos por hectare e número de espécies nativas regenerantes (Nsp), também nomeada por riqueza. Para a determinação dos indicadores foram utilizados os dados dos indivíduos maiores que 0,50 m de altura.

Os indicadores de densidade e riqueza foram classificados em dois grupos, sendo: SMA (somente indivíduos de espécies nativas espontâneos lenhosos, arbustivos e arbóreos, e com Circunferência à Altura do Peito CAP menor 15 cm) e COMUNIDADE (indivíduos lenhosos, arbustivos e arbóreos, pertencentes à espécies nativas, naturalizadas e exóticas, com todos os CAP's, incluindo indivíduos plantados e espontâneos, regenerantes e remanescentes).

O indicador de cobertura do solo com vegetação nativa (CS%) foi calculado a partir do somatório

dos intervalos do início e do término da sombra projetada pela copa das espécies em relação ao comprimento total da parcela (25 metros) que foi utilizada para calcular a porcentagem (%). O indicador de densidade de indivíduos, expresso em indivíduos por hectare, foi obtido ao converter o número total de indivíduos da parcela para hectares, conforme os critérios de inclusão SMA e Comunidade. Já o indicador de riqueza de espécies nativas foi calculado com base na contagem de todas as espécies presentes na parcela, seguindo os mesmos critérios. Os valores de D_i , N_{sp} e Cobertura foram comparados com os valores de referência da Resolução SMA 32/2014.

A análise de dados foi realizada utilizando o Modelo Linear Generalizado Misto (GLMM). As análises foram conduzidas no R (versão 4.1.2), RStudio e no pacote glmmTMB (versão 1.1.9). Com base no teste de superdispersão, foi selecionada a distribuição mais adequada para os dados de contagem, sendo a distribuição binomial negativa para a densidade (comunidade e SMA) e a de Poisson para a riqueza (comunidade e SMA). Para os dados de cobertura, optou-se pela distribuição beta. O modelo foi devidamente validado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das análises estatística dos indicadores de restauração segmentados em Comunidade e SMA usando o Modelo Generalizado Misto (GLMM) e considerando os efeitos do tratamento, do tempo e suas interações são apresentados na tabela 1. Esses resultados mostram diferenças importantes na forma como os efeitos das técnicas de restauração impactam as variáveis analisadas (densidade, riqueza e cobertura) e como esses efeitos variam com o tempo (Tabela 2).

A análise da significância dos efeitos fixos (Tabela 1) revela que, na densidade (Comunidade) ocorreu um impacto significativo tanto dos tratamentos (técnicas de restauração) ($p < 0,01$) quanto do tempo (dados com 1, 2 e 3 anos da implantação) ($p < 0,001$), com interação significativa entre os dois. No entanto, na densidade (SMA), o tempo foi significativo ($p < 0,05$), mas os tratamentos não tiveram impacto ($p = 0,273$) e a interação entre tratamento e tempo não foi relevante ($p = 0,284$). Para a riqueza (Comunidade), as técnicas foram significativas ($p < 0,05$), mas o tempo não teve impacto ($p = 0,343$), com interação significativa entre técnicas e tempo ($p < 0,001$). Na riqueza (SMA), nem as técnicas, nem o tempo e nem a interação das técnicas e tempo foram significativos. Para a cobertura, embora as técnicas não fossem significativas, o tempo teve um impacto importante ($p < 0,001$), sem interação significativa entre técnicas e tempo ($p = 0,587$). Esses resultados indicam que a eficácia das técnicas de

restauração pode variar conforme a métrica utilizada e que o tempo é um fator importante. A escolha da métrica de avaliação e o acompanhamento temporal são essenciais para entender o impacto das técnicas de restauração.

Tabela 1 - Significância obtidas a partir da análise de dados utilizando o Modelo Generalizado Misto (GLMM) avaliando os efeitos dos tratamentos (Técnicas de restauração florestal: plantio de mudas, muvuca e regeneração natural), do tempo (coleta dos dados nos anos 1, 2 e 3) e suas interações nos indicadores de restauração florestal para a comunidade e seguindo os critérios SMA 32/2014.

Significâncias e desempenho	DENSIDADE		RIQUEZA		COBERTURA
	Comunidade	SMA	Comunidade	SMA	SMA
Significância dos efeitos fixos					
Intercept	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,314
Técnicas de restauração (TR) - tratamentos	< 0,01	0,273	< 0,05	0,563	0,168
Tempo da implantação (TI)	0,001	< 0,05	0,343	0,288	< 0,001
TR X TI	< 0,001	0,284	< 0,001	0,834	0,587
Significância dos efeitos aleatórios					
Geral (Parcela e Bloco)	0,055	< 0,05	--	--	1
Bloco	0,745	0,844	--	--	--
Parcela	< 0,05	< 0,05	0,246	1	--
Significância Geral					
P modelo completo	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,700	< 0,05
Desempenho					
R2 (cond.)	0,923	0,784	0,77	--	1,113
R2 (marg.)	0,862	0,411	0,731	0,227	0,895

A análise dos efeitos aleatórios (Tabela 1) mostra que, para a densidade (SMA), as variações entre parcelas e geral (parcelas e blocos) são significativas ($p < 0,05$). Por outro lado, na densidade (Comunidade), a variável bloco não teve impacto significativo e o efeito geral sugere uma influência menos consistente ($p = 0,055$). Em contraste, para a riqueza, não foram detectados efeitos significativos dos componentes aleatórios nem na comunidade nem no SMA, sugerindo que as variações entre parcelas e blocos tem pouca relevância ou são muito sutis para serem detectadas. Esses resultados indicam que as variações entre parcelas são importantes para avaliar a densidade, enquanto os efeitos aleatórios têm menor impacto na riqueza.

A análise da significância geral do Modelo Generalizado Misto (GLMM) mostra que o modelo para a densidade foi altamente significativo tanto na comunidade quanto nos critérios SMA ($p < 0,001$), indicando que é adequado para captar variações importantes. Para a riqueza, o modelo foi significativo na comunidade ($p < 0,001$), mas não no SMA ($p = 0,700$). A cobertura apresentou uma significância moderada ($p < 0,05$), indicando um efeito relevante, embora menor que o da densidade. Assim, o GLMM é eficaz para densidade e cobertura, mas sua aplicabilidade para riqueza varia conforme a métrica utilizada.

Avaliando o desempenho do Modelo Generalizado Misto (GLMM) para densidade, riqueza e cobertura observou-se diferenças entre a comunidade e os indivíduos avaliados pelos critérios SMA (Tabela 1). Para a densidade, o modelo da comunidade explica até 86% da variação, alcançando 92% ao incluir a interação dos efeitos aleatórios, sugerindo uma explicação robusta das variações. Em comparação, o modelo do SMA explica até 41% da variação na densidade, mas o efeito aleatório aumenta essa explicação para 78%, indicando que o SMA, por ser regenerante, não reflete tão diretamente os efeitos do plantio quanto a comunidade. No caso da riqueza, o modelo da comunidade explica até 22% da variação, enquanto no SMA, a riqueza não é bem explicada, possivelmente devido ao curto período de avaliação de 3 anos, que não é suficiente para capturar adequadamente os efeitos dos regenerantes. Já a cobertura é explicada em até 110% pelo modelo. Esses resultados destacam que, enquanto a densidade e a cobertura são bem explicadas pelos modelos, a riqueza no SMA não é suficientemente capturada, provavelmente por questões do tempo de monitoramento.

Em busca de verificar a técnica que teve melhor desempenho ao longo dos três anos de avaliação, foram obtidos os resultados dos contrastes apresentados na tabela 2 e essas diferenças podem ser observadas na figura 2. Na análise da densidade (Comunidade), foram observadas significâncias elevadas entre vários contrastes de tratamentos e tempos. Comparações entre MUD2 e MUV2 ($p <$



0,001) e entre MUD3 e MUV3 ($p < 0,001$) revelaram diferenças significativas, alinhadas com os achados de Gardon et al. (2020), que indicam que o plantio de mudas e a semeadura direta proporcionam maior densidade, reforçando que a semeadura direta resulta em uma alta densidade de indivíduos, devido à utilização de grandes quantidades de sementes durante a implantação. Além disso, a comparação entre MUV1 e MUV2 ($p < 0,001$) e entre MUV1 e MUV3 ($p < 0,001$) mostrou variações consideráveis ao longo do tempo, refletindo mudanças na densidade dentro da técnica de restauração florestal muvuca. A regeneração natural também apresentou variações significativas, como entre RN1 e RN2 ($p < 0,05$), porém quando faz comparação RN1 e RN3, não há significância ($p = 1$), confirmando que a regeneração natural evolui mais lentamente, como evidenciado por Oliveira (2020) e corroborado por Melo e Durigan (2007), que observaram um aumento na densidade a partir do quinto ano. Nas comparações entre RN2 e MUV2 e entre RN3 e MUV3, uma alta significância foi observada ($p < 0,001$), sugerindo que a regeneração natural difere da muvuca em termos de densidade durante os anos. Oliveira (2020) afirma que a regeneração natural apresenta um processo mais lento e requer um período mais extenso para alcançar o sucesso da recuperação da área, quando comparada às outras técnicas de restauração florestal. Ao contrastar MUV2 e MUD3, uma alta significância foi observada ($p < 0,001$), sugerindo que a muvuca apresenta uma densidade maior aos dois anos comparada com o plantio de muda aos 3 anos. Estes resultados corroboram aos observados por Cava et al. (2016) que comparou diversas técnicas de restauração da vegetação em pastagens abandonadas e concluiu que a semeadura direta resulta em uma densidade de espécies maior do que os métodos de regeneração natural e plantio de mudas. Contudo vale ressaltar a importância da densidade na área recuperada, que visa criar condições mais propícias para o estabelecimento e adaptação de novas espécies às diferentes condições, promovendo assim uma alta diversidade e o fechamento rápido do dossel (Gandolfi et al., 2017; Brancalion et al., 2009).

Tabela 2 - Contrastes significativos obtidos a partir do Modelo Generalizado Misto (GLMM) comparando os tratamentos (MUD - plantio de mudas; MUV - muvuca; RN - regeneração natural) ao longo dos anos (T1 - ano 1; T2 - ano 2; T3 - ano 3).

Contrastes	DENSIDADE				RIQUEZA				COBERTURA	
	Comunidade		SMA		Comunidade		SMA		SMA	
	Z	P	Z	P	Z	P	Z	P	Z	P
MUD T1 - MUD T2	-2,61	0,126	-1,85	1	-0,32	1	-0,89	1	-3	0,077
MUD T1 - MUD T3	-2,35	0,247	-0,12	1	-1,03	1	-0,38	1	-3,33	<0,05
MUD T1 - MUV T1	-0,02	1	-0,31	1	2,37	0,294	0,85	1	1,51	1
MUD T2 - MUV T2	-4,79	< 0,001	-1,1	1	-3,00	0,059	0,71	1	1,51	1
MUD T3 - MUV T3	-6,26	< 0,001	-2,21	0,701	-2,94	0,069	0,58	1	1,51	1
MUV T1 - MUV T2	-8,7	< 0,001	-2,98	0,091	-5,59	< 0,001	-1,03	1	-3	1
MUV T1 - MUV T3	-10,38	< 0,001	-3,03	0,08	-6,08	< 0,001	-0,65	1	-3,33	<0,05
MUV T2 - MUD T3	4,99	<0,001	2,19	0,706	2,38	0,294	-0,19	1	-1,36	1
RN T1 - MUD T1	-2,84	0,073	-1,23	1	-2,33	0,295	0,19	1	-1,74	1
RN T1 - MUV T1	-2,86	0,072	-1,53	1	0,03	1	1,03	1	-0,25	1
RN T1 -RN T2	-3,37	<0,05	-2,36	0,531	-1,23	1	-1,46	1	-3	1
RN T1 - RN T3	-0,75	1	-0,67	1	-0,000616	1	-0,36	1	-3,33	<0,05
RN T2 - MUV T2	-6,76	< 0,001	-1,91	1	-4,33	< 0,001	1,46	1	-0,25	1
RN T2 - RN T3	2,65	0,122	1,72	1	1,23	1	1,11	1	-0,31	1
RN T3 -MUD T3	-4,03	0,001	-0,86	1	-3,2	<0,05	0,18	1	-1,74	1
RN T3 - MUV T3	-9,85	< 0,001	-3,05	0,077	-5,66	< 0,001	0,75	1	-0,25	1

Quanto à riqueza (Comunidade), os dados revelaram alta significância entre MUV1 e MUV2 ($p < 0,001$) e MUV1 e MUV3 ($p < 0,001$) (Tabela 2 e Figura 2), sugerindo que a técnica de muvuca, que mistura sementes de várias espécies nativas, promove maior diversidade, conforme Pietro-Souza e Silva (2014). Também foram observadas diferenças significativas entre RN2 e MUV2 e RN3 e MUV3 ($p < 0,001$), e entre RN3 e MUD3 ($p < 0,05$), destacando o impacto das técnicas na riqueza ao longo dos anos, particularmente no terceiro ano. Engel e Parrotta (2001) relatam que a semeadura direta aumentou significativamente a riqueza após dois anos e meio. Oliveira (2020) ressalta a importância da diversidade de espécies para a sucessão florestal e a conservação da biodiversidade, reforçando que a muvuca contribui positivamente para a riqueza de espécies.

Considerando os critérios de inclusão de indivíduos da SMA, observou-se que para a densidade e riqueza não foram encontradas diferenças significativas entre as técnicas de restauração florestal e tempos de monitoramento (Tabela 2 e Figura 2), indicando que ambos os indicadores se mantiveram relativamente estáveis ao longo dos três anos avaliados. Esse resultado é consistente com o estudo de Melo e Durigan (2007), que observou um aumento na densidade de indivíduos regenerantes a partir do quinto ano de restauração, sugerindo que a idade do processo de regeneração influencia a densidade,



mas esse efeito ainda não se manifestou claramente no SMA. Em contraste, a análise da cobertura revelou diferenças estatisticamente significativas entre as técnicas de restauração e ao longo do tempo. A técnica de plantio por muvuca (MUV) apresentou mudanças consideráveis, com um aumento significativo na cobertura entre o primeiro e o segundo ano (MUV1 - MUV2, $p < 0,001$), e entre o primeiro e o terceiro ano (MUV1 - MUV3, $p < 0,001$). Também foram observadas diferenças significativas entre a regeneração natural no segundo ano e a muvuca no segundo ano (RN2 - MUV2, $p < 0,001$), bem como entre a regeneração natural no terceiro ano e a muvuca no terceiro ano (RN3 - MUV3, $p < 0,001$). Essas variações na cobertura são importantes, pois a cobertura do solo contribui para melhorar a qualidade físico-química do solo, aumentar a fertilidade, reduzir a erosão e controlar a competição por espécies invasoras (Benedito, 2001; Cardoso et al., 2012).

Seguindo a Resolução SMA 32 de 2014, foi possível avaliar a situação atual da área aos 3 anos da implantação (Figura 2). Os resultados das três técnicas de restauração florestal mostraram que o percentual de cobertura variou de 42% a 80% desde o ano 1, sendo classificado como mínimo, porém a partir do segundo ano o valor da menor cobertura é de 60%, valor bem próximo aos 80% recomendado a ser apresentado aos 20 anos da restauração florestal. A densidade de indivíduos nativos regenerantes, que foi superior a 200 por hectare desde o ano 1, foi considerada adequada. Já o número de espécies nativas regenerantes, que variou entre 3 e 10 a partir do ano 2, também foi classificado como mínimo. As técnicas de restauração florestal até o momento apresentam-se com os valores dos indicadores dentro do esperado para o prazo de três anos de referência da resolução SMA 32/2014.

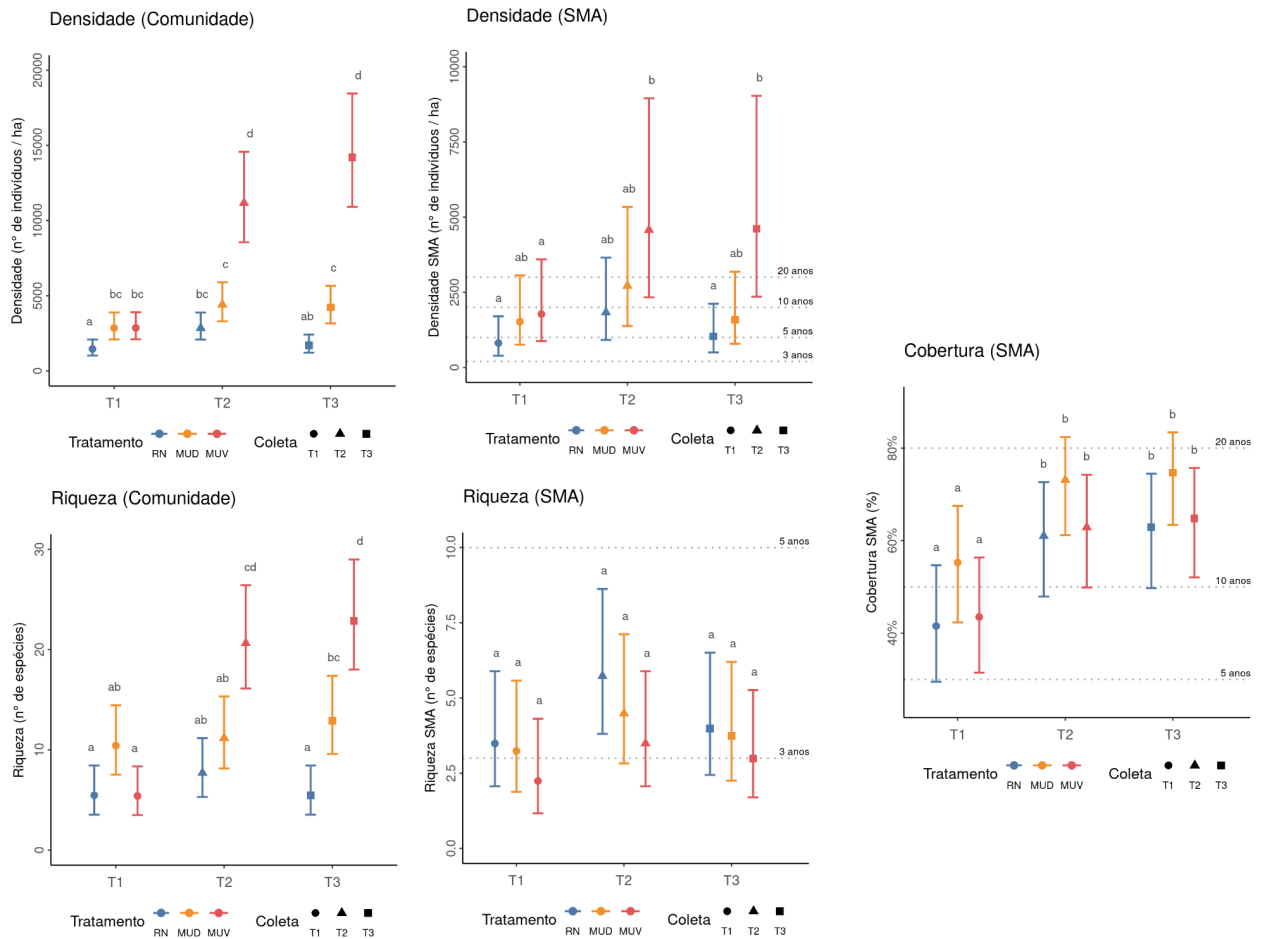


Figura 2: Valores dos indicadores densidade, riqueza e cobertura comparando os tratamentos (MUD: plantio de mudas; MUV: muvuca; RN: regeneração natural) ao longo dos anos (T1: ano 1; T2: ano 2; T3: ano 3) e considerando os indivíduos da comunidade e regenerantes (SMA). As linhas pontilhadas nos gráficos dos indicadores SMA representam os valores de referência da resolução SMA 32/2014.

CONCLUSÕES

A consideração da métrica (indivíduos considerados na Comunidade ou na SMA) e período de monitoramento são essenciais para avaliar a eficiência das técnicas de restauração.

Considerando a comunidade, a análise da densidade e da riqueza revela diferenças significativas entre as técnicas de restauração ao longo dos três anos de monitoramento. A semeadura direta (muvuca) apresentou uma densidade de indivíduos e riqueza de espécies superior em comparação com o plantio de mudas e a regeneração natural, destacando a eficácia da muvuca em promover uma alta densidade e diversidade. Em contraste, a regeneração natural mostrou um crescimento mais lento, com diferenças significativas apenas em comparação com a muvuca, particularmente no terceiro ano. Em contraste, considerando os critérios de inclusão de indivíduos SMA, não foram observadas diferenças

significativas em densidade e riqueza entre as técnicas de restauração e ao longo do tempo. Esses resultados reforçam a eficácia da muvuca na promoção de alta densidade e diversidade de espécies, enquanto sugerem que o impacto da regeneração natural e outras técnicas pode levar mais tempo para se manifestar plenamente.

REFERÊNCIAS

BRANCALION, P. H. S.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R. R. Incorporação do Conceito da diversidade genética na Restauração Ecológica. In: RODRIGUES, R.R.; BRANCALION, P.H.S; ISERNHAGEN, I. (Org). Pacto pela restauração da Mata Atlântica: Referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. São Paulo: LERF/ ESALQ, **Instituto BioAtlântica**, p. 41-58.2009.

BELLOTTO, A; VIANI, R.A.G; NAVE, A.; GANDOLFI, S.; RODRIGUES, R.R. **Monitoramento das áreas restauradas como ferramenta para avaliação da efetividade das ações de restauração e para redefinição metodológica.**In: Pacto pela restauração da Mata Atlântica – Referencial dos Conceitos e Ações de Restauração Florestal. 2009, p 128 - 141.

BENEDITO, C. O município e o meio ambiente: das áreas de preservação permanente. 2001. 29 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de Piracicaba, Fundação Municipal de Ensino de Piracicaba. Piracicaba, São Paulo, 2001.

BENINI, R. M; ADEODATO, S. **Economia da Restauração Florestal.** São Paulo: The Natural Conservancy Brasil - TNC Brasil, 136 p. 2017.

CARDOSO, D. P. et al. Plantas de Cobertura no Controle das Perdas de Solo, Água e Nutrientes por Erosão Hídrica. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 16, p. 632-638, 2012.

CAVA, M.G.B; ISERNHAGEM, I; MEDONÇA, A.H; DURIGAN, G. **Comparação de técnicas para restauração da vegetação lenhosa de Cerrado em pastagens abandonadas.** Revista Hoehnea, v.2, n.43, p.301-315, 2016.

DEGRANDI, L. **Monitoramento de projeto de restauração de cerrado na estação experimental de Mogi-Guaçu.** Dissertação (Ensaio técnico) Curso de Engenharia Florestal, Universidade de São Paulo (USP), Escola Superior de Agricultura, “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2017.

ENGEL, V.L. PARROTTA, J.A. An evaluation of direct seeding for reforestation of degraded lands in central São Paulo state, Brazil. **Forest Ecology and Management**, v.152, p.169-181, 2001.

GANDOLFI, S. . **Permeability-impermeability: canopy trees as biodiversity filters.** Scientia Agrícola, Piracicaba, v. 64, n. 4, p. 433-438, 2007.

GARDON, F.R.; SANTOS, R.F.; RODRIGUES, R. R. Brazil’s forestrestoration, biomas and carbon stocks: A critical review of the knowledge gaps. **Forest Ecology and Management**, v. 462, p. 117972, 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Mapa de vegetação do Brasil. Disponível em: <https://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/vegetacao/mapas/brasil/vegetacao.pdf>. Acesso em: 10 de agosto de 2024.

KOPPEN, W. **Climatologia:** con un estudio de los climas de la tierra. México: Fondo de Cultura Economica,

1948. p. 478.

MARTINS, A.F; CASSEMIRO, L; GIOVEDY, J.S; PALERMO, C.E. **Avaliação de Projeto de Restauração Florestal utilizando dois procedimentos metodológicos.** Revista Intellectus, n° 30, v. 2, p.90-101, 2015.

MARTINS, C. R.; SILVA, A. G.; FREITAS, A. B. **Impacto da Semeadura Direta e do Plantio de Mudanças na Recuperação de Áreas Degradadas.** Floresta e Ambiente, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 253-264, 2015.

MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Evolução estrutural de reflorestamentos de restauração de matas ciliares no Médio Vale do Paranapanema. Revista Scientia Forestalis, v. 7, p. 101-111. 2007.

Ministério do Meio Ambiente. **Diretrizes para uma estratégia nacional para neutralidade climática.** Brasília, 2021

OLIVEIRA, E. **Indicadores ecológicos para áreas em processo de restauração na Floresta Ombrófila Mista e densa como proposta para o estado de Santa Catarina.** Dissertação (Título de Mestre) Curso de Pós graduação em Engenharia Florestal, Centro de Ciências Agroveterinárias, da Universidade do Estado de Santa Catarina, Santa Catarina, 2020.

PIETRO-SOUZA, W.; SILVA, N.M. **Plantio manual de muvuca de sementes no contexto da restauração ecológica de áreas de preservação permanente degradadas.** Revista Brasileira de Agroecologia, v. 3, p. 63-74, 2014.

PREFEITURA MUNICIPAL DE INCONFIDENTES/MG. **Sobre o município.** Disponível em: <<https://inconfidentes.mg.gov.br/o-municipio/sobre-o-municipio/>>. Acesso em: 10 de agosto de 2024.

RODRIGUES, R.R; LIMA, R.A.F; GANDOLFI,S; NAVE, A.G. Rodrigues, R. R., Lima, R. A. F., Gandolfi, S., & Nave, A. G. **On the restoration of high diversity forests: 30 years of experience in the Brazilian Atlantic Forest .** Biological Conservation, n.6, v. 142, p. 1242-1251, 2009.

RODRIGUES, R.R; GANDOLFI, S. **Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares.**p. 235-247. In: Rodrigues R.R. & Leitão Filho H.F. Matas Ciliares: conservação e recuperação. EDUSP, p. 320, 2001.

SAMPAIO, A.B; RIBEIRO, K.T; DESIREÉ, D.M.V; SILVA, C.B. **Guia de Restauração ecológica para gestores de unidades de conservação.** Brasília, DF : Instituto Chico Mendes, p. 68, 2021.

SÃO PAULO. **Resolução SMA 32, de 3 de abril de 2014.** Estabelece o Protocolo de Monitoramento de Projetos de Restauração Ecológica. Portaria CBRN 01/2015. Secretaria do Meio Ambiente - Coordenadoria de Biodiversidade e Recursos Naturais, 2014.

SOUZA, M.V.; MIYAZATO, D. **Segurança hídrica e mitigação das mudanças climáticas por meio de políticas públicas, capacidade técnica e governança municipal.** Conservador da Mata Atlântica: Conservador da Mantiqueira, 2022. Disponível em: < https://conservadordamantiqueira.org/wp-content/uploads/2022/04/Folder-Plano-Conservador-da-Mantiqueira_2022_Finalizado_compressed.pdf >. Acesso em: 10 de agosto de 2024.

VILLELA, R. Na maior Muvuca. Guia Online. Disponível em: <https://www.agroicone.com.br/wp-content/uploads/2020/02/Presstrip_DBO_Fev2020.pdf>. Acesso em: 10 de agosto de 2024.