

REGENERAÇÃO NATURAL EM ÁREA DE EXPLORAÇÃO DE CASCALHO APÓS 16 ANOS DE REFLORESTAMENTO

Wendy Carniello **Ferreira**¹, Deivid Lopes **Machado**², Frederico Augusto Guimarães

Guilherme³, Soraya Alvarenga **Botelho**⁴

(1 – Universidade Federal de Jataí, Instituto de Ciências Agrárias, wendy@ufj.edu.br, <https://orcid.org/0000-0002-0068-5084>; 2 – Universidade Federal de Jataí, Instituto de Ciências Agrárias, deivid.machado@ufj.edu.br, <https://orcid.org/0000-0002-0567-4288>; 3 – Universidade Federal de Jataí, Instituto de Biociências, fredericoagg@ufj.edu.br, <https://orcid.org/0000-0002-5623-4127>; 4 – Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências Florestais, sbotelho@dcf.ufla.br, <https://orcid.org/0000-0003-4178-465X>)

Resumo: Estudos sobre a dinâmica de ecossistemas em processos de restauração são necessários para verificar se eles estão seguindo a trajetória esperada, com análises, por exemplo, da comunidade vegetal. O objetivo deste estudo foi analisar a regeneração natural da vegetação arbustivo-arbórea em uma área degradada por exploração de cascalho, após 16 anos de reflorestamento. A área está localizada próxima à Usina Hidrelétrica de Camargos, de propriedade da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), em Itutinga, Minas Gerais. Foram avaliadas 40 parcelas, distribuídas sistematicamente em dez transecções, perfazendo área amostral de 200 m². Foram inclusas no inventário todas as espécies arbustivas e arbóreas que apresentaram altura maior ou igual a 10 cm. Após identificação, as espécies foram classificadas em síndromes de dispersão e grupo ecológicos sucessionais. Para verificar se existe variação dos atributos da regeneração natural em função da distância do reservatório foram feitas análises de regressão linear, e para compreender como esses atributos variam em função de variáveis edáficas, distância do fragmento próximo e parâmetros das espécies plantadas foram realizadas análises de regressão múltipla. Essas variáveis explanatórias também foram utilizadas para explicar a composição florística. Na avaliação da influência de parâmetros do estrato arbóreo sobre a regeneração, foi calculado o índice de correlação de Pearson. Foram registradas um total de 40 espécies, sendo a família Fabaceae detentora da maior riqueza florística. Verificou-se que as variáveis riqueza, densidade e altura da

regeneração foram influenciadas pela distância do reservatório da hidrelétrica e pela infestação de gramíneas exóticas invasoras. O estudo sugere que a regeneração natural seja progressivamente considerada, em razão da redução de custos nos projetos de restauração, agilidade no processo de cobertura do solo e aumento da diversidade e serviços ecossistêmicos. **Palavras-chave:** recuperação de áreas degradadas, restauração florestal, silvicultura de espécies nativas.

NATURAL REGENERATION IN A GRAVEL EXTRACTION AREA AFTER 16 YEARS OF REFORESTATION

Abstract: Studies on the dynamics of ecosystems in restoration processes are necessary to verify whether they are following the expected trajectory, with analysis, for example, in the plant community. This study aimed to analyze the natural regeneration of woody vegetation in a degraded area by gravel exploitation near the Camargos Hydroelectric Power, owned by the Energy Company of Minas Gerais state (CEMIG), in Itutinga, Minas Gerais, after 16 years of reforestation. In total, 40 plots were evaluated and systematically distributed in ten transects, encompassing a sample area of 200 m². All shrub or tree species with a height greater than or equal to 10 cm were included in the inventory. To verify the variation of natural regeneration as a function of the distance from the reservoir, linear regression analyses were performed. In evaluating the influence of tree stratum parameters on regeneration, the Pearson correlation index was calculated. A total of 40 species were recorded, with the Fabaceae family having the greatest floristic richness. It was verified that the variables richness, density, and height of regeneration were influenced by the distance from the hydroelectric reservoir and by the infestation of invasive exotic grasses. The study suggests that natural regeneration be progressively considered, due to the reduction of costs in restoration projects, agility in the soil cover process, and increase in diversity and ecosystem services.

Keywords: land restoration, forest restoration, silviculture of native species.

REGENERACIÓN NATURAL EN ÁREA DE EXPLORACIÓN DE GRAVILLA DESPUÉS DE 16 AÑOS DE REFORESTACIÓN

Resumen: Estudios sobre la dinámica de ecosistemas en procesos de restauración son necesarios para verificar si ellos están siguiendo la trayectoria esperada, con análisis, por ejemplo, de la comunidad vegetal. El objetivo de este estudio fue analizar la regeneración

natural de vegetación arbustivo-arbórea en un área degradada por exploración de gravilla, después de 16 años de reforestación. El área está localizada cerca a Usina Hidroeléctrica de Camargos, de propiedad de la compañía Energética de Minas Gerais (CEMIG), en Itutinga, Minas Gerais. Fueron evaluadas 40 parcelas, distribuidas sistemáticamente en diez transacciones, completando el área de muestra de 200 m². Fueron incluidas en el inventario todas las especies de arbustos y árboles que presentaron mayor altura o igual a 10cm. Después de la identificación, las especies fueron clasificadas en síndromes de dispersión e grupos de sucesión ecológica. Para verificar si hay variaciones de los atributos de la regeneración natural en función de la distancia del reservatorio fueron hechos análisis de regresión lineal, y para comprender cómo esos atributos varían en función de las variables del suelo, distancia del fragmento cercano y parámetros de las especies plantadas fueron realizados análisis de regresión múltiple. Esas variables explicativas también fueron utilizadas para explicar la composición florística. En la evaluación de influencia de parámetros de estrato arbóreo sobre la regeneración, fue calculado el índice de correlación de Pearson. Fueron registradas un total de 40 especies, siendo la familia Fabácea poseedora de la mayor riqueza florística. Se verificó que las variables riqueza, densidad y altura de la regeneración fueron influenciadas por la distancia del reservatorio de la hidroeléctrica y por las infestaciones de gramíneas exóticas invasoras. El estudio sugiere que la regeneración natural sea considerada progresivamente, en razón de la reducción de costos en los proyectos de restauración, agilidad en el proceso de cobertura del suelo y aumento de la diversidad de servicios ecosistémicos.

Palabras clave: recuperación de áreas degradadas, restauración de florestas, silvicultura de especies nativas.

Introdução

As atividades antrópicas podem provocar impactos intensos nos ecossistemas naturais. Dentre as principais atividades degradadoras estão a agricultura (cultivo de monoculturas, irrigação inadequada e o super pastejo), mineração e a urbanização (LÔBO et al., 2021). Dessa forma, a intervenção humana é imprescindível para que a recuperação de áreas degradadas possa ser realizada, e ações com esse enfoque têm sido objeto de vários estudos, tanto na área de conservação ambiental, quanto no setor agrícola e industrial, com o uso de diversos métodos, e de novas técnicas e tecnologias.

A recuperação de áreas degradadas é entendida como um conjunto de ações que visam minimizar os impactos ou danos ambientais inevitáveis previstos para qualquer atividade econômica, como por exemplo a mineração (PAIVA SALOMÃO et al., 2020). Um dos meios viáveis para auxiliar a recuperação de áreas degradadas é a utilização de plantios de mudas como facilitadores do processo de regeneração natural da vegetação espontânea. Esse método busca propiciar ambiente favorável ao estabelecimento da regeneração natural, a partir da melhoria das condições de sombreamento e temperatura, ampliando as possibilidades de manutenção da biodiversidade, de forma a aumentar a eficiência da restauração ecológica (NARDUCCI et al., 2020). Assim, o plantio de mudas tem sido o método comumente empregado em plantios visando a restauração de florestas.

Os efeitos de plantios florestais sobre aspectos ecológicos de áreas restauradas, como a regeneração natural, têm sido alvo de estudos (SUGANUMA et al., 2014). A regeneração natural refere-se às fases iniciais de desenvolvimento e estabelecimento da comunidade vegetal espontânea, sendo representada pelas plantas jovens de espécies arbustivo-arbóreas, e também ser entendida como o processo de sucessão secundária em nível de comunidade e de ecossistema, que segue a tendência de substituição de espécies de grupos ecológicos de fase inicial de sucessão para estádios mais avançados (CHAZDON, 2012). Diante disso, o conhecimento da regeneração natural é de suma importância, pois é por meio da regeneração que é possível reconhecer o potencial de resiliência das comunidades (CAMPOS e MARTINS, 2016). Portanto, estudos detalhados sobre a florística e sua dinâmica em áreas em processo de restauração são importantes para embasar iniciativas voltadas para proteger, enriquecer, recuperar ou reconstituir a vegetação natural, especialmente em áreas de preservação permanente (RONCHI et al., 2020). Contudo, em muitas áreas em recuperação, existem barreiras impeditivas à regeneração natural e conhecê-las torna-se primordial (BARBOSA et al., 2021).

Nesse contexto, estudos têm mostrado que para ocorrer a regeneração natural em uma área em recuperação são necessárias algumas condições, como o cessar dos processos causadores da degradação, entre eles pastoreio e incêndios, a existência de fonte de propágulos (por exemplo, banco de sementes do solo, chuva de sementes), presença de dispersores, boas condições microclimáticas e edáficas, ausência de predadores e agentes antrópicos, para o estabelecimento e ocorrência do ciclo de vida completo das plântulas (FARIA et al., 2001). Desta forma, este estudo teve como objetivo analisar a regeneração natural da vegetação

arbustivo-arbórea em uma área degradada por exploração de cascalho, e relacionar a comunidade regenerante com atributos do solo, variáveis do estrato arbóreo e distância da fonte de propágulos.

Material e métodos

Caracterização da área de estudo e práticas de recuperação

O estudo foi conduzido na margem direita da UHE de Camargos, de propriedade da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), em Itutinga, Minas Gerais. A área possui 2,5 ha e 910 metros de altitude, nas coordenadas 21°19'43" S e 44°36'46" O. Possui clima Cwb e Cwa, pela classificação de Köppen, com invernos frios, geadas frequentes, e verões brandos, com elevada concentração das chuvas no período de novembro a março. Sua geomorfologia apresenta relevo movimentado, com altitude média de 1000 m. A vegetação varia de subformas de cerrado e campo cerrado, com florestas de Mata Atlântica e Araucária, próximo a Serra da Mantiqueira. Ressalta-se que Cambissolos e Solos Litólicos (Neossolos) preenchem 75% da área (MELLO et al., 2010).

Na ocasião da construção da Usina nos anos 50 do século passado, a área foi desmatada e houve a retirada de solo e cascalho (FARIA et al., 1997), de cerca de três metros de profundidade. Durante esse período não foram realizadas atividades que promovessem a recuperação do local, em que houve apenas o desenvolvimento espontâneo de vegetação herbácea, o que não atende à necessidade de proteger o solo (Figura 1 a,b). Todos esses fatores contribuíram para a degradação edáfica e aceleração dos processos erosivos, com o aparecimento de sulcos profundos de erosão e voçorocas.

Para recuperar a área, no ano de 1993, foram realizadas práticas mecânicas de recuperação, com a construção de terraços em nível e a subsolagem de toda a área, com posterior sulcamento em nível intercalado às linhas de subsolagem. Práticas vegetativas também foram utilizadas, com a adição de cobertura morta, semeadura de capim-gordura (*Melinis minutiflora* P.Beauv.) e *Calopogonium* sp. e plantio de espécies florestais nativas e exóticas. O plantio das espécies florestais foi realizado no espaçamento de 3,0 x 1,5 m, em quincênio, com base nos princípios de sucessão secundária, alternando linhas de espécies pioneiras com linhas de espécies clímax. A adubação utilizada foi de 250 g/cova de superfosfato simples. Essas práticas foram adotadas seguindo o modelo de recomposição de mata ciliar

proposto pelo projeto Mata Ciliar do convênio CEMIG/UFLA/FAEPE para áreas de empréstimo de terra (BOTELHO et al., 1995).

Figura 1 – Aspecto do substrato da área de estudo anteriormente ao processo de recuperação: encrostamento superficial (a) e erosão em sulcos (b); e croqui da área de exploração de cascalho, com a locação das transecções (c), às margens do reservatório da UHE Camargos, MG (Google Earth, 2016).



Amostragem dos atributos do solo e levantamento da vegetação

A avaliação foi realizada entre os meses de novembro de dezembro, após 16 anos do reflorestamento. Para tanto, foram demarcadas na área dez transecções com sua maior dimensão no sentido do declive, visando englobar o plantio da margem do reservatório até o seu final na cota mais alta (Figura 1c). Em cada transecção foi coletada uma amostra de solo, na camada de 0-20 cm para a determinação dos atributos químicos (fertilidade) e físico (textura) do solo. Estas características químicas e físicas foram obtidas conforme metodologias propostas por Teixeira et al. (2017). Foi utilizado um penetrômetro de impacto (IAA/PLANALSUCARSTOLF) para determinar a resistência mecânica do solo à penetração, nas profundidades de 0-20, 20- 40 e 40- 60 cm de profundidade (STOLF et al., 1983). Os dados foram analisados com os valores obtidos em kgf/cm² convertidos para MPa.

Em cada transecção, foram lançadas quatro parcelas de 10 x 0,5 m, com sua maior dimensão disposta transversalmente ao declive, numa distância de 0, 20, 40 e 60 metros do reservatório da hidrelétrica, respectivamente. No total, foram avaliadas 40 parcelas, distribuídas sistematicamente nas dez transecções, perfazendo área amostral de 200 m². Em cada parcela,

foram levantadas todas as espécies arbustivas e arbóreas que apresentaram altura maior ou igual a 10 cm, as quais tiveram sua altura aferida com o auxílio de uma régua graduada. Foram utilizados dados do inventário das árvores plantadas com DAP > 5 cm para inferir sobre a influência da densidade e área basal sobre a regeneração. As identificações foram feitas no campo. Quando a identificação em campo não foi possível, o material botânico foi herborizado e comparado com amostras existentes no Herbário da Universidade Federal de Lavras (Herbário Esal). A nomenclatura das espécies, gêneros e famílias foi atualizada pelo Programa Plantas do Brasil: Resgate Histórico e Herbário Virtual para o Conhecimento e Conservação da Flora Brasileira – REFLORA, uma parceria entre o CNPq e o Jardim Botânico do Rio de Janeiro (REFLORA, 2023). Também foi avaliada a regeneração natural do fragmento florestal (mata ciliar) mais próximo da área de estudo, adotando os mesmos critérios de inclusão. Esse fragmento foi utilizado como ecossistema de referência para comparação dos dados de regeneração natural e o efeito de sua distância (por exemplo, fonte de sementes) sobre as variáveis analisadas.

São apresentados na Tabela 1 os valores do pH, matéria orgânica, componentes do complexo sortivo, textura e resistência mecânica do solo à penetração (profundidades de 0-20cm, 20-40cm e 40-60cm); densidade e área basal do reflorestamento e; distância do fragmento florestal mais próximo que poderiam causar diferenças do padrão de desenvolvimento da regeneração natural nas diferentes transecções.

Tabela 1 – Características químicas e físicas do solo, e distância do fragmento florestal mais próximo, para as dez transecções avaliadas na área degradada pela exploração de cascalho no entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica de Camargos.

Característica analisada	Transecção									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
pH	6,9	5,4	5,6	5,5	5,9	5,7	6,0	5,9	5,6	6,0
P (mg/dm ³)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
K (mg/dm ³)	19,0	11,0	11,0	17,0	17,0	19,0	11,0	9,0	19,0	11,0
Ca (cmol/dm ³)	0,9	0,6	0,4	0,5	0,2	0,4	0,2	0,3	0,6	0,2
Mg (cmol/dm ³)	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,5	0,2
S (mg/dm ³)	16,6	19,5	15,4	13,3	17,7	31,7	17,7	22,0	24,8	21,4
Al (cmol/dm ³)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H+Al (cmol/dm ³)	1,7	1,9	2,1	2,3	2,1	2,1	1,9	1,9	2,1	2,3
SB (cmol/dm ³)	1,4	1,0	0,8	1,0	0,7	0,8	0,5	0,6	1,1	0,4
(t) (cmol/dm ³)	1,4	1,0	0,8	1,0	0,7	0,8	0,5	0,6	1,1	0,4
T (cmol/dm ³)	3,1	2,9	2,9	3,3	2,8	2,9	2,4	2,5	3,3	2,7
V (%)	46,0	35,2	28,3	31,1	26,1	26,3	21,8	24,6	35,4	15,8
MO (dag/kg)	1,1	1,0	1,3	1,6	1,4	1,5	1,1	0,9	1,3	1,0
RP (0-20cm)	2,26	2,12	1,74	2,63	2,32	2,16	2,38	2,62	1,94	1,85

RP (20-40cm)	2,33	2,02	2,48	3,06	2,37	2,34	3,00	2,35	2,14	2,30
RP (40-60cm)	1,65	1,68	2,21	2,02	2,42	1,67	2,61	3,01	2,02	2,42
Areia (dag/kg)	46	46	46	55	46	33	34	35	40	34
Silte (dag/kg)	23	27	22	20	26	25	20	25	22	28
Argila (dag/kg)	31	27	32	25	28	42	46	40	38	38
Densidade arbórea(pl/ha)	1033	907	893	567	946	560	647	527	667	480
Área basal arbórea (m ²)	2,22	2,75	3,22	2,27	3,25	1,68	2,65	1,80	3,15	1,41
Distância do fragmento (m)	370	400	430	460	490	520	550	580	610	640

SB: soma de bases trocáveis; T: capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V: saturação por bases; MO: matéria orgânica; RP: resistência mecânica do solo à penetração em MPa.

Análise dos dados

Após identificação, as espécies regenerantes foram classificadas em síndromes de dispersão (anemocóricas, autocóricas e zoocóricas) e grupo ecológico sucessional (pioneiras e não pioneiras) (BARBOSA et al., 2017). Para testar o efeito da distância do reservatório (0, 20, 40 e 60 metros) nos atributos da regeneração natural (isto é, altura, densidade e riqueza) foram realizadas análises de regressão linear ($p < 0,05$). Análises de regressão múltipla foram feitas para verificar os efeitos das seguintes variáveis explanatórias ou independentes: atributos do solo, distância do fragmento próximo e estrutura das espécies plantadas (área basal e densidade) nos atributos da regeneração natural (isto é, altura, densidade e riqueza) ($p < 0,10$). A multicolinearidade entre as variáveis explanatórias foi analisada usando os fatores de inflação da variância (Zuur et al., 2010). Após essa checagem, foi realizado o procedimento seleção de variáveis (step wise selection, direction “backward”) para encontrar dentre as variáveis explanatórias as que melhor explicassem os atributos da regeneração. Essas mesmas variáveis explanatórias foram utilizadas para explicar a variação na composição de espécies, em que foi realizada uma análise de redundância (RDA), por meio da abundância de cada espécie por transecto. Nessa análise foram utilizadas as espécies que apresentaram ocorrência em no mínimo três transectos e abundância acima de três indivíduos. Um teste Permanova com 999 permutações foi aplicado para avaliar a significância da RDA como um todo, de cada eixo e de cada variável preditora considerada ($p < 0,05$). As análises foram realizadas utilizando o pacote “vegan” (OKSANEN et al., 2015). Todos os procedimentos estatísticos foram realizados no software R (R Core Team, 2023) usando o RStudio (RStudio Team, 2023).

Resultados e discussão

Composição florística, síndromes de dispersão e classes sucessionais

Foram encontradas no levantamento florístico 40 espécies regenerantes, pertencentes a 33 gêneros e 18 famílias (Tabela 2) e densidade de 15.950 plantas/ha. A família Asteraceae apresentou 84 indivíduos, seguida de Euphorbiaceae com 69, Fabaceae com 41, Anacardiaceae com 39 e Melastomataceae com 16 indivíduos. Fabaceae foi a mais rica, com nove espécies, seguida de Melastomataceae com quatro e Anacardiaceae, Asteraceae, Lauraceae e Myrtaceae com três espécies cada. As famílias restantes foram representadas por apenas uma ou duas espécies. Os gêneros mais ricos foram *Casearia*, *Inga*, *Miconia*, *Myrcia*, *Myrsine* e *Pleroma* com duas espécies cada. Os 28 gêneros restantes foram representados por uma espécie cada.

Na regeneração natural do fragmento de mata ciliar próximo foram encontrados 29.590 indivíduos regenerantes por ha, pertencentes a 28 famílias e 61 espécies arbustivo-arbóreas. Esses valores foram superiores aos encontrados na área em recuperação, o que pode ser um indicativo de que a área encontra-se em início de sucessão, com densidade e riqueza ainda distante do ecossistema de referência (50% da densidade e 2/3 da riqueza).

Em muitos levantamentos florísticos realizados na região, a família Myrtaceae foi a que mais se destacou em riqueza de espécies (DAVIDE et al., 2003; PEREIRA, 2003; PINTO, 2003; ALVARENGA, 2004 e SOUSA JÚNIOR, 2005), mas no presente trabalho as famílias Fabaceae e Asteraceae foram mais ricas e com maior número de indivíduos. O destaque para Fabaceae neste trabalho exalta a importância da regeneração natural, pois várias espécies dessa família são fundamentais para a recuperação de áreas degradadas. Em geral, muitas espécies dessa família apresentam rápido crescimento em ambientes adversos devido, principalmente, à capacidade de se associarem a fungos micorrízicos e bactérias do gênero *Rhizobium* (FRANCO et al., 1992; CHADA et al., 2004; JESUS et al. 2005), além de atuarem como ativadoras e reguladoras dos recursos disponíveis, permitindo o estabelecimento de espécies mais exigentes (CAMPELO, 1998).

Baccharis dracunculifolia e *Gymnanthes schottiana* apresentaram o maior número de indivíduos (Tabela 1), perfazendo aproximadamente 50% do total. A predominância de *B. dracunculifolia*, uma espécie arbustiva (SFORCIN et al., 2012), é um fator positivo, pois contribui para a formação de núcleos de vegetação, que são adensamentos formados espontaneamente por pequenos agrupamentos de indivíduos arbustivos e arbóreos, que, ao evoluírem em áreas degradadas, podem contribuir na sucessão ecológica (COUTINHO et al., 2019). *G. schottiana* é uma planta adaptada às margens dos rios, sendo bastante resistente às variações extremas de umidade ou seca, dispondo de um denso sistema radicular, com caules

rijos e flexíveis, características que propiciam o seu sucesso no controle de erosões das margens de rios, deslizamentos, desmoronamentos e transporte de sedimentos (REITZ, 1988). Por se tratar de um reflorestamento em área degradada na margem de um reservatório com deplecionamento, a presença dessa espécie em regeneração natural na área é de suma importância na conservação de solo e água. Novamente, destaca-se a importância da condução da regeneração nos processos de sucessão florestal em áreas degradadas, em função da abundância de ambas espécies.

Piper aduncum, *Schinus terebinthifolia*, *Lithraea molleoides* e *Casearia decandra* tiveram altura média superior a um metro (Tabela 1). Todas essas espécies possuem mecanismos de dispersão zoocóricos (FERREIRA et al., 2009), com diásporos propagados por animais. Essa constatação é importante pois, por se destacarem quanto ao porte, indica que já entrarão na fase reprodutiva, atraindo animais dispersores para continuidade da sucessão florestal (REYS et al., 2005).

Das espécies identificadas (Tabela 2), apenas *Sesbania sesban* e *Psidium guajava* podem ser consideradas espécies exóticas (REFLORA, 2023). Considerando que apenas a segunda tem potencial invasor (BIONDI e PEDROSA-MACEDO, 2008) e que nenhuma delas foi encontrada no estrato arbóreo do reflorestamento, deve-se ter atenção para futuras ações que minimizem seu impacto e possibilitem o seu manejo apropriado. Essas ações são importantes, pois a chamada “contaminação biológica” com espécies exóticas invasoras interfere na dinâmica da floresta, principalmente no que diz respeito à regeneração e manutenção das espécies nativas, com redução da diversidade biológica e alteração da função e da estrutura do respectivo ecossistema (MIELKE et al., 2015; SANTOS et al., 2018).

Tabela 2 – Relação das espécies encontradas na regeneração natural da área degradada em recuperação no entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica de Camargos, seguido da altura média e do número de indivíduos encontrados.

Família/Espécie	Altura média (cm)	Nº de indivíduos	Espécie presente no reflorestamento	S. D. ¹ (*)	C. S. ² (*)
Anacardiaceae					
<i>Lithraea molleoides</i> (Vell.) Engl.	136,6	16	X	ZOO	P
<i>Schinus terebinthifolia</i> Raddi	150,0	1	X	ZOO	P
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	35,2	22	X	ZOO	NP
Annonaceae					
<i>Annona dolabripetala</i> Raddi	33,3	3	-	ZOO	P
Asteraceae					

<i>Baccharis dracunculifolia</i> DC.	63,9	79	-	ANEMO	P
<i>Eremanthus incanus</i> (Less.) Less.	95,0	3	X	ANEMO	P
<i>Vernonia</i> sp.	82,5	2	-	ANEMO	P
Bignoniaceae					
<i>Tabebuia roseoalba</i> (Ridl.) Sandwith	96,7	3	X	ANEMO	NP
<i>Zeyheria montana</i> Mart.	60,0	1	-	ANEMO	NP
Burseraceae					
<i>Protium heptaphyllum</i> (Aubl.) Marchand	17,5	2	X	ZOO	NP
Euphorbiaceae					
<i>Gymnanthes schottiana</i> Müll.Arg.	25,1	69	X	AUTO	P
Fabaceae					
<i>Albizia polycephala</i> (Benth.) Killip ex Record	45,0	1	-	AUTO	NP
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	38,1	8	X	AUTO	NP
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	25,2	10	X	ZOO	NP
<i>Inga marginata</i> Willd.	40,0	4	X	ZOO	NP
<i>Inga vera</i> subsp. <i>affinis</i> (DC.) T.D.Penn.	52,9	7	X	ZOO	P
<i>Lonchocarpus cultratus</i> (Vell.) A.M.G.Azevedo & H.C.Lima	40,0	1	-	AUTO	NP
<i>Mimosa caesalpiniiifolia</i> Benth.	36,7	3	X	AUTO	P
<i>Senna macranthera</i> (DC. ex Collad.) H.S.Irwin & Barneby	35,0	1	X	AUTO	P
<i>Sesbania sesban</i> (L.) Merr.	48,3	6	-	AUTO	P
Lamiaceae					
<i>Aegiphila integrifolia</i> (Jacq.) Moldenke	47,4	11	-	ZOO	P
Lauraceae					
<i>Nectandra grandiflora</i> Nees & Mart	25,0	1	-	ZOO	NP
<i>Ocotea corymbosa</i> (Meisn.) Mez	30,8	6	-	ZOO	NP
<i>Persea willdenovii</i> Kosterm.	32,0	1	-	ZOO	NP
Malpighiaceae					
<i>Byrsonima intermedia</i> A.Juss.	54,3	7	-	ZOO	P
Malvaceae					
<i>Pseudobombax tomentosum</i> (Mart.) A.Robyns	35,0	1	-	ZOO	NP
Melastomataceae					
<i>Miconia flammea</i> Casar.	60,5	6	-	ZOO	P
<i>Miconia pepericarpa</i> DC.	80,0	1	-	ZOO	P
<i>Pleroma candolleianum</i> (Mart. ex DC.) Triana	43,8	8	X	ANEMO	P
<i>Pleroma ursinum</i> (Cham.) Triana	35,0	1	-	ANEMO	P
Myrtaceae					
<i>Myrcia splendens</i> (Sw.) DC.	48,3	3	-	ZOO	NP
<i>Myrcia tomentosa</i> (Aubl.) DC.	46,0	5	-	ZOO	NP
<i>Psidium guajava</i> L.	65,0	1	-	ZOO	NP

Peraceae

<i>Pera glabrata</i> (Schott) Baill.	36,7	3	-	ZOO	P
--------------------------------------	------	---	---	-----	---

Piperaceae

<i>Piper aduncum</i> L.	195,0	1	-	ZOO	P
-------------------------	-------	---	---	-----	---

Primulaceae

<i>Myrsine coriacea</i> (Sw.) R.Br. ex Roem. & Schult.	28,8	4	X	ZOO	P
--	------	---	---	-----	---

<i>Myrsine umbellata</i> Mart.	37,6	5	X	ZOO	NP
--------------------------------	------	---	---	-----	----

Salicaceae

<i>Casearia decandra</i> Jacq.	115,0	1	-	ZOO	NP
--------------------------------	-------	---	---	-----	----

<i>Casearia lasiophylla</i> Eichler	37,5	2	-	ZOO	NP
-------------------------------------	------	---	---	-----	----

Styracaceae

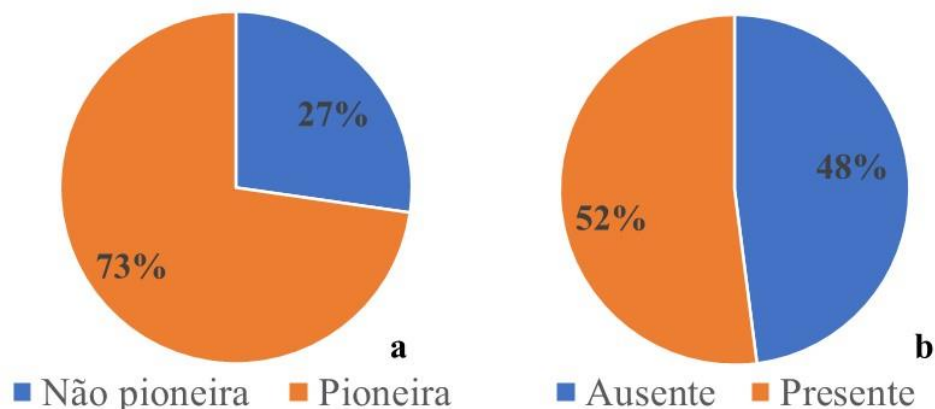
<i>Styrax ferrugineus</i> Nees & Mart.	77,8	9	-	ZOO	NP
--	------	---	---	-----	----

(*) BARBOSA et al. (2017).

1. Síndrome de dispersão. **ZOO**: espécie dispersa por animais, **ANEMO**: espécie dispersa pelo vento e, **AUTO**: espécie dispersa pela própria planta. 2. Classificação sucessional. **P**: Pioneira, **NP**: Não Pioneira.

Do total de indivíduos, 52% são de espécies que foram utilizadas no reflorestamento (Figura 2b), indicando que as espécies plantadas ainda contribuem significativamente com a regeneração natural. Contudo, existem 24 espécies alóctones, oriundas de diásporos fontes externas à área. Com relação à classificação sucessional, 73% dos indivíduos são pertencentes a espécies não pioneiras (Figura 2a). A considerável porcentagem de plantas pioneiras sugere que mesmo após 16 anos do reflorestamento, a área ainda não atingiu as fases finais da sucessão florestal. Esse fato se deve, provavelmente, pelo alto nível de degradação do solo causado pela mineração, onde a sucessão ecológica ocorre de forma mais lenta (JESUS et al., 2016).

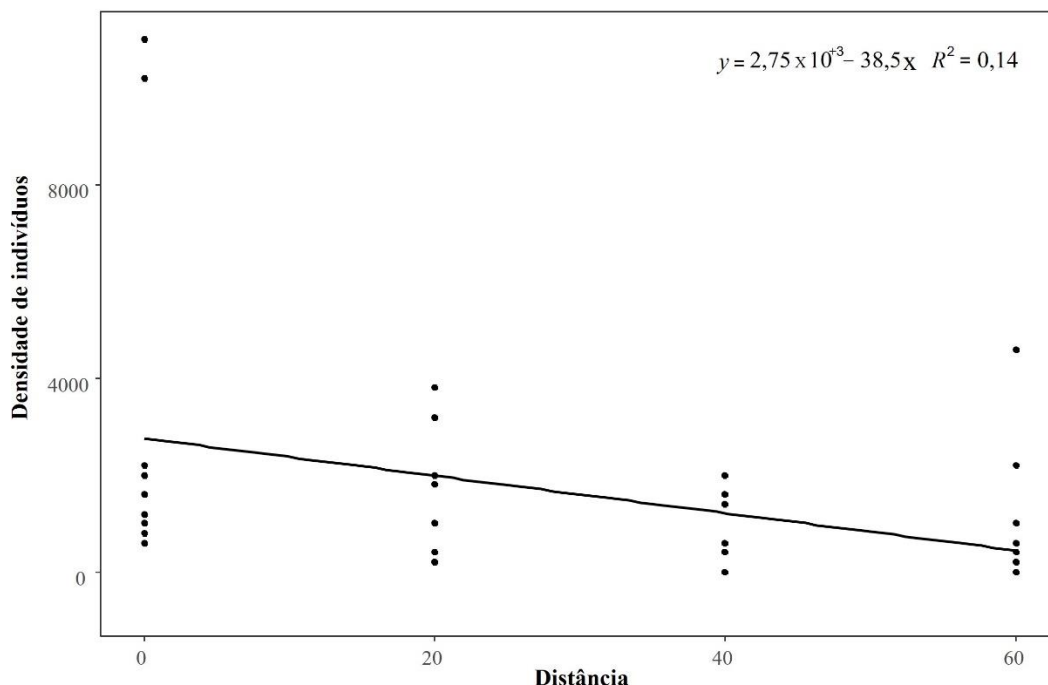
Figura 2 – Classificação sucessional (a) e presença da espécie no reflorestamento (b) dos indivíduos arbustivo-arbóreos regenerantes na área degradada reflorestada no entorno do reservatório da Usina Hidrelétrica de Camargos.



Respostas dos atributos da regeneração natural em função dos fatores ambientais

A distância do reservatório influenciou a densidade de indivíduos regenerantes ($t = -2,46$; $p = 0,0185$), indicando que conforme aumenta a distância, a densidade de indivíduos diminui (Figura 3). Já, os demais parâmetros, como altura ($t = -0,79$; $p = 0,434$) e riqueza de espécies ($t = -1,32$; $p = 0,195$), não foram influenciadas significativamente pela distância. Esses resultados são frequentemente encontrados (MELLO RIBEIRO e FELFILI, 2009), pois, em florestas estacionais tropicais, devido à sazonalidade climática, a regeneração natural depende principalmente da disponibilidade de umidade no solo, que afeta tanto os padrões de produção de sementes quanto à germinação, sobrevivência e desenvolvimento das plântulas (VENTUROLI et al., 2011). Outros autores que encontraram resultados discrepantes justificam essa diferença por fatores como a presença de gado, incêndios e outros impactos ambientais (CAMPOS e LANDGRAF, 2001; FERREIRA et al., 2009).

Figura 3 – Densidade da regeneração em função da distância do reservatório da Usina Hidrelétrica de Camargos, MG.



Foram constatados efeitos do pH e distância do fragmento na altura dos indivíduos regenerantes (Tabela 3) e efeitos marginalmente significativos ($p < 0,10$) dos teores de Ca e resistência à penetração na riqueza de espécies (Tabela 3). Baixos valores de pH reduzem a disponibilidade de nutrientes, como K e P (JOHN et al., 2007; LIN et al., 2013) e Ca, Mg (JOHN

et al., 200) e, assim, podem aumentar a solubilidade de outros elementos, como Al (JOHN et al., 2007). O aumento dos teores de pH, portanto, pode ter influenciando indiretamente o crescimento em alturas dos indivíduos regenerantes, ao diminuir a acidez do solo e, por consequência, aumentar sua fertilidade (GONÇALVES et al., 2011; JARDIN et al., 2016). Foi constatado também que quanto maior a distância do fragmento, maior é a altura da regeneração (Tabela 3). Provavelmente, esta constatação não se deve à distância em si, mas ao fato que de nas parcelas mais distantes do fragmento predominam espécies arbóreas e, nas mais próximas, espécies arbustivas como *G. schottiana*, de porte menor.

Tabela 3 – Análise de regressão múltipla dos efeitos dos atributos do solo, distância do fragmento e parâmetros estruturais das espécies plantadas nos atributos da regeneração natural (densidade, altura e riqueza), na área de exploração de cascalho reflorestada às margens do reservatório da UHE Camargos, MG. Valores significativos em negrito (5%).

		Densidade	Altura	Riqueza
		(n° ind ha ⁻¹)	(cm)	(n° espécies)
Intercepto	<i>B</i>	-301,55	-9,21	103,60
	valor t	-0,89	-0,08	-2,00
	valor p	0,414	0,94	0,11
pH	<i>B</i>	---	21,26	-4,19
	valor t	---	2,48	-1,40
	valor p	---	0,05	0,23
Ca	<i>B</i>	---	---	21,51
	valor t	---	---	2,43
	valor p	---	---	0,07
Mg	<i>B</i>	-223,55	---	---
	valor t	-1,37	---	---
	valor p	0,41	---	---
Areia	<i>B</i>	8,06	-1,82	-1,71
	valor t	1,18	-1,46	-2,07
	valor p	0,29	0,20	0,11
Argila	<i>B</i>	5,91	-1,79	-1,36
	valor t	1,06	-1,43	-1,84
	valor p	0,338	0,21	0,13
RP4	<i>B</i>	-48,93	---	16,28
	valor t	-1,08	---	2,34
	valor p	0,329	---	0,07
Distância	<i>B</i>	---	0,15	---
	valor t	---	2,72	---
	valor p	---	0,04	---

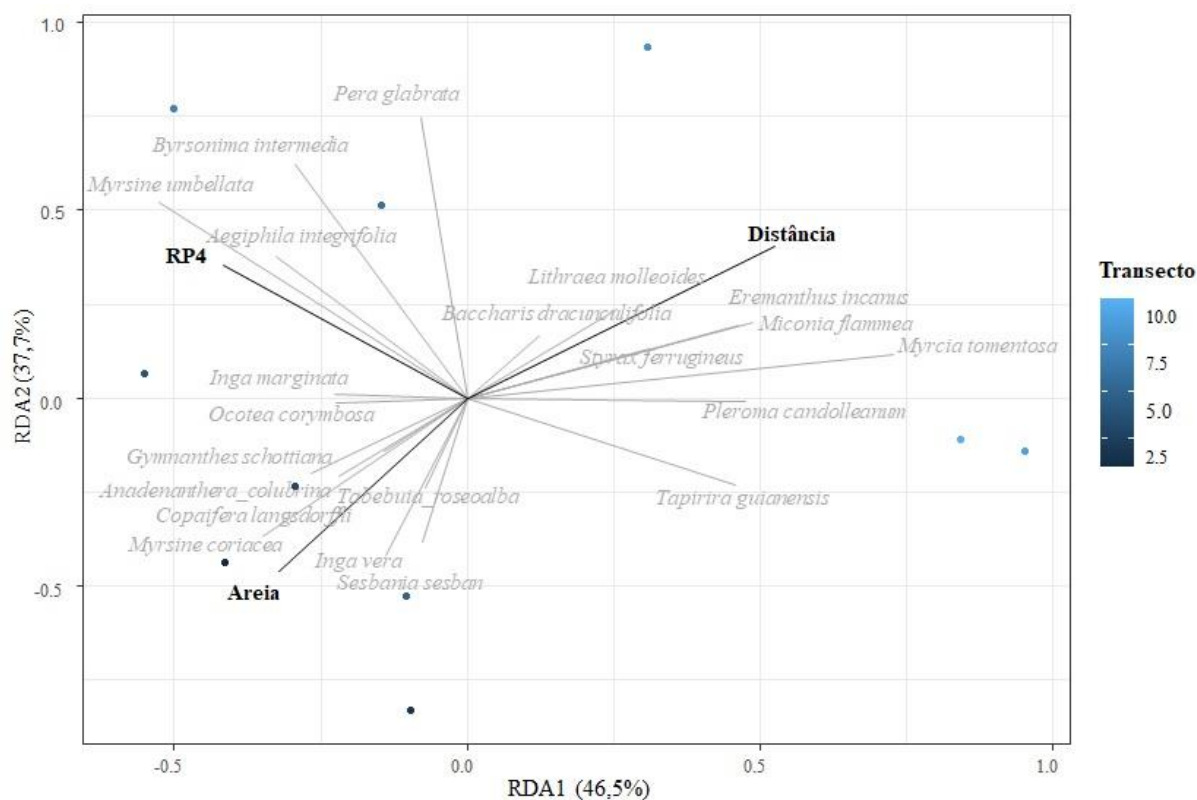
Já a análise de redundância (RDA) dos efeitos das variáveis do solo, distância do fragmento e atributos da vegetação arbórea, indicou que os teores de areia, a resistência à penetração e distância do fragmento são as variáveis com maior efeito na composição de espécies, e juntas explicaram 48,52% (Figura 4). Apesar disso, somente a resistência a

penetração ($p = 0,008$) e a distância do fragmento ($p = 0,05$) possuem efeitos significativos na variação da abundância. A Resistência à penetração, por exemplo, possui forte correlação com as espécies *M. umbellata*, *A. integrifolia* e *B. intermedia* (Figura 4). Tal constatação pode-se justificar em trabalhos de autores como Carvalho (2006), que afirma que as duas primeiras espécies ocorrem comumente em solos secos, muito rasos e de baixa fertilidade química, além de antropizados. A distância do fragmento possui relação com *L. molleoides*, *S. ferrugineus*, *B. dracunculifolia*, *M. flammea* e *E. incanus*. A aparente contradição destas cinco espécies cuja abundância foi influenciada positivamente pela maior distância do fragmento provavelmente, se deve ao fato de que, com exceção *L. molleoides*, as outras não foram inventariadas no fragmento de floresta estacional, sendo espécies características de fitofisionomias mais abertas (REFLORA, 2023), comuns nas pastagens alteradas presentes na margem da área em recuperação oposta ao fragmento. Já os teores de areia, mesmo sem efeitos significativos, se relacionam com grande parte das espécies estudadas.

Além desses fatores analisados, outros podem ter influenciado a composição de espécies da regeneração, como a presença de gramíneas exóticas invasoras em algumas parcelas, pois, nas quatro parcelas onde havia infestação de gramíneas, foram encontrados apenas um, dois ou nenhum indivíduo regenerante. Conforme descrito na metodologia, na ocasião da implantação florestal, foi semeado o capim-gordura (*Melinis minutiflora*) como planta de cobertura nas entrelinhas visando o controle de erosão. Atualmente, essa prática não é recomendada, pois essa espécie é extremamente agressiva e pode se tornar invasora, competindo e influenciando negativamente o desenvolvimento da flora nativa (SENA-SOUZA et al., 2023; ZENNI et al., 2018). Além de se estabelecer em áreas antropizadas, também é capaz de invadir áreas naturais e, em poucos anos, descaracterizar a fitofisionomia original. São recomendadas ações de manejo para o controle do capim-gordura deverão ser implementadas pelos gestores de áreas protegidas (MARTINS et al., 2011).

O reflorestamento misto com espécies nativas pode estabelecer um processo de sucessão ecológica em áreas perturbadas ou degradadas, sendo a regeneração natural um dos mais importantes indicadores do avanço desse processo (FERNANDES et al., 2018). Neste caso, o estudo sugere que a regeneração natural seja progressivamente considerada, em razão da redução de custos nos projetos de restauração florestal, agilidade no processo de cobertura do solo e aumento da diversidade e serviços ecossistêmicos.

Figura 4 – Diagrama de ordenação da análise de redundância (RDA) baseada nos efeitos das variáveis: areia, resistência à penetração (RP4) e distância do fragmento (distância) (48,52%) na abundância das espécies regenerantes, nos transectos avaliados (1 a 10). Resumo da análise: Modelo completo ($p=0,006$); Eixos (RDA1: $p=0,017$; RDA2: $p=0,117$; e RDA3: $p=0,553$).



Conclusão

- Após 16 anos de reflorestamento desta área degradada pela exploração de cascalho, concluiu-se que a regeneração natural apresenta satisfatório desenvolvimento e diversidade, com famílias e espécies vegetais facilitadoras, indicando que a sucessão florestal ocorre naturalmente. As variáveis analisadas para a regeneração foram influenciadas pela distância do reservatório da hidrelétrica, por fatores edáficos e pela distância do fragmento de mata ciliar.

Referências

ALVARENGA, A. P. (2004). *Avaliação inicial da recuperação de mata ciliar em nascentes*. Dissertação de Mestrado, UFLA.

- BARBOSA, K. C., CATHARINO, E. L. M., BARBOSA, L. M., COUTO, H. T. Z. D., & SANTOS, N. A. D. (2021). Potencial de regeneração natural de um plantio compensatório realizado em unidade de conservação urbana sob forte pressão antrópica. *Ciência Florestal*, v. 31, p. 786-807. <https://doi.org/10.5902/1980509843659>
- BARBOSA, L. M., SHIRASUNA, R. T., LIMA, F. D., ORTIZ, P. R. T., BARBOSA, K. C., & BARBOSA, T. C. (2017). Lista de espécies indicadas para restauração ecológica para diversas regiões do estado de São Paulo. São Paulo: *Instituto de Botânica*, p. 7-344. Disponível em: https://www.infraestruturameioambiente.sp.gov.br/institutodebotanica/wpcontent/uploads/sites/235/2016/01/Lista_de_especies_de_SP_CERAD-IBT-SMA_2015.pdf
- BIONDI, D., & PEDROSA-MACEDO, J. H. (2008). Plantas invasoras encontradas na área urbana de Curitiba (PR). *Floresta*, v. 38, n. 1, p. 129-144. <http://dx.doi.org/10.5380/ufpr.v38i1.11034>
- BOTELHO, S. A., DAVIDE, A. C., PRADO, N. S., & FONSECA, E. M. B. (1995). Implantação de mata ciliar. *Boletim técnico*. Belo Horizonte: Editora CEMIG/UFLA/FAEPE.
- CAMPOS, J. C. D., & LANDGRAF, P. R. C. (2001). Análise da regeneração natural de espécies florestais em matas ciliares de acordo com a distância da margem do lago. *Ciência Florestal*, v. 11, p. 143-151. <https://doi.org/10.5902/198050981662>
- CAMPOS, W. H., & MARTINS, S. V. (2016). Natural regeneration stratum as na indicator of restoration in area of enviromental compensation for mining limestone, municipality of Barroso, MG, Brazil. *Revista Árvore*, v. 40, n. 2, p. 189-196. <https://doi.org/10.1590/0100-67622016000200001>
- CAMPELLO, E. F. C. (1998). Sucessão vegetal na recuperação de áreas degradadas. In: Dias, L. E.; Mello, J. W. (Ed.). *Recuperação de áreas degradadas*. Viçosa, MG: Editora UFV, SOBRADÉ.
- CARVALHO, P. E. R. (2006). *Espécies arbóreas brasileiras*. Colombo: Embrapa Florestas, (Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras).
- CHADA, S. D. S., CAMPELLO, E. F. C., & FARIA, S. M. D. (2004). Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em Angra dos Reis, RJ. *Revista Árvore*, v. 28, p. 801-809. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622004000600005>
- CHAZDON, R. (2012). Regeneração de florestas tropicais. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, v. 7, n. 3, p. 195-218. <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v7i3.587>

- COUTINHO, P. R. D. O., VALCARCEL, R., RODRIGUES, P. J. F. P., & BRAGA, J. M. A. (2019). Restauração passiva em pastagens abandonadas a partir de núcleos de vegetação na Mata Atlântica, Brasil. *Ciência Florestal*, v. 29, p. 1307-1323. <https://doi.org/10.5902/1980509827844>
- DAVIDE, A. C., CARVALHO, L. M. T., & BOTELHO, S. A. (2003). *Identificação de áreas com potencial para regeneração natural no entorno do reservatório da UHE Funil*. Relatório técnico. Lavras: Editora CEMAC/UFLA.
- FARIA, J. M., DAVIDE, A. C., & BOTELHO, S. A. (1997). Comportamento de espécies florestais em área degradada, com duas adubações de plantio. *Cerne*, v. 3, n. 1, p. 1-20.
- FARIA, H. H., SÉRGIO, F. C., & GARRIDO, M. A. O. Recomposição da vegetação ciliar integrada à conservação de microbacia. *Revista do Instituto Florestal*, n.21, p.1-22, 2001.
- FERNANDES, M. M., ANDRADE, G. K. O., FERREIRA, R. A., DA SILVA, T. R., SOUZA, I. B. A., & MAGALHÃES, J. S. (2018). Regeneração natural em área de reflorestamento misto com espécies nativas no município de Laranjeiras, SE. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 61. <http://dx.doi.org/10.22491/rca.2018.2779>
- FERREIRA, W. C., BOTELHO, S. A., DAVIDE, A. C., & FARIA, J. M. R. (2009). Estabelecimento de mata ciliar às margens do reservatório da Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. *Ciência Florestal*, v. 19, p. 69-81. <https://doi.org/10.5902/19805098421>
- FRANCO, A., CAMPELO, E., SILVA, E., & FARIA, S. (1992). *Revegetação de solos degradados*. Seropédica. Comunicado Técnico, Brasília: EMBRAPA-CNPBS.
- GONÇALVES, I. S., DIAS, H. C. T., MARTINS, S. V., & SOUZA, A. L. (2011). Fatores edáficos e as variações florísticas de um trecho de mata ciliar do rio Gualaxo do norte, Mariana, MG. *Revista Árvore*, v. 35, n. 6, p. 1235-1243. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000700010>
- JARDIM, D. G.; JARDIM, M. A. G.; QUARESMA, A. C.; COSTA-NETO, S. V. (2016). Fatores edáficos e as variações florísticas da regeneração natural em duas formações florestais. *Biota Amazônia*, v. 6, n. 2, p. 66-72. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v6n2p66-72>
- JESUS, E. D. C., SCHIAVO, J. A., & FARIA, S. M. D. (2005). Dependência de micorrizas para a nodulação de leguminosas arbóreas tropicais. *Revista Árvore*, v. 29, p. 545-552. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000400006>

- JESUS, E. N. D., SANTOS, T. S. D., RIBEIRO, G. T., ORGE, M. D. R., AMORIM, V. O., & BATISTA, R. C. R. C. (2016). Regeneração natural de espécies vegetais em jazidas revegetadas. *Floresta e Ambiente*, v. 23, p. 191-200. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.115914>
- JOHN, R., DALLING, J.W., HARMS, K.E., YAVITT, J.B., STALLARD, R.F., MIRABELLO, M., HUBBELL, S.P., VALENCIA, R., NAVARRETE, H., VALLEJO, M., & FOSTER, R.B. (2007). Soil nutrients influence spatial distributions of tropical tree species. *PNAS*, v. 104, n. 3, p. 864-869. <https://doi.org/10.1073/pnas.0604666104>
- LIN, G., STRALBERG, D., GONG, G., HUANG, Z., YE, W., & WU, L. (2013). Separating the effects of environment and space on tree species distribution: from population to Community. *Plos One*, v. 8, n. 2, e56171. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0056171>
- LÔBO, R. L., VASCONCELOS SIQUEIRA, T. M., MARTINS, E. S., & DE LIMA, A. S. T. (2021). Sistemas agroflorestais na recuperação de áreas degradadas. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 4, p. 38127-38142. <https://10.34117/bjdv7n4-326>
- MARTINS, C. R., HAY, J. D. V., WALTER, B. M. T., PROENÇA, C. E. B., & VIVALDI, L. J. (2011). Impacto da invasão e do manejo do capim-gordura (*Melinis minutiflora*) sobre a riqueza e biomassa da flora nativa do Cerrado sentido restrito. *Brazilian Journal of Botany*, v. 34, p. 73-90. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042011000100008>
- MELLO, C. R.; VIOLA, M. R.; & BESKOW, S. (2010). Vazões máximas e mínimas para bacias hidrográficas da região Alto Rio Grande, MG. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, p. 494-502.
- MELLO RIBEIRO, G. H. P., & FELFILI, J. M. (2009). Regeneração natural em diferentes ambientes da mata de galeria do Capetinga, na Fazenda Água Limpa-DF. *Cerne*, v. 15, n. 1, 1-9.
- MIELKE, E. C., NEGRELLE, R. R. B., CUQUEL, F. L., & LIMA, W. P. (2015). Espécies exóticas invasoras arbóreas no Parque da Barreirinha em Curitiba: registro e implicações. *Ciência Florestal*, 25, 327-336. <https://doi.org/10.5902/1980509818451>
- NARDUCCI, T. S., YARED, J. A. G., & BRIENZA JUNIOR, S. (2020). Regeneração natural do sub-bosque em plantios de Taxi-branco (*Tachigali vulgaris* LF Gomes da Silva & HC Lima) sob diferentes espaçamentos na Amazônia Brasileira. *Biota Amazônia*, v.10, n. 3, p. 16-21. <http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v10n3p16-21>
- OKSANEN, J., BLANCHET, F.G., KINDT, R., LEGENDRE, P., MINCHIN, P.R., O'HARA R.B., SIMPSON, G.L., SOLYMOS, P., STEVENS, M.H.H., WAGNER, H. (2015). *Vegan*:

Community Ecology Package. R package version 2.2-1. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>

PAIVA SALOMÃO, R., DE SOUSA, V. G., JUNIOR, S. B., BARBOSA, M. G., HAGE, A. L. F., & BARRA, C. F. (2020). Trajetória da restauração florestal de áreas mineradas ao longo de 17 anos em unidade de conservação na Amazônia. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n.1, p. 3588-3609. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n1-258>

PEREIRA, J. A. A. (2003). *Efeitos dos impactos ambientais e da heterogeneidade ambiental sobre a diversidade e estrutura da comunidade arbórea de 20 fragmentos de florestas semidecíduas da região do Alto Rio Grande, Minas Gerais*. Tese de Doutorado, UFMG.

PINTO, L. V. A. (2003). *Caracterização física da sub-bacia do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG e propostas de recuperação de suas nascentes*. Dissertação de Mestrado, UFLA.

REFLORA. (2023). *Jardim Botânico do Rio de Janeiro*. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>.

REITZ, P. R. (1988). Euphobiaceas. In: REITZ, P.R. (Ed.). *Flora ilustrada catarinense*. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues.

REYS, P., GALETTI, M., MORELLATO, L. P. C., & SABINO, J. (2005). Fenologia reprodutiva e disponibilidade de frutos de espécies arbóreas em mata ciliar no rio Formoso, Mato Grosso do Sul. *Biota neotropica*, v. 5, p. 309-318. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032005000300021>

RIBEIRO JÚNIOR, P. J. *LEG: Laboratório de Estatística e Geoinformação*. Disponível em: <http://leg.ufpr.br/~paulojus/ce003/ce003/node8.html>

RONCHI, D. L., DUARTE, S. W., & SCHORN, L. A. (2020). Composição e estrutura da regeneração natural em até nove anos após a extração de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden no Vale do Itajaí, SC. *Ciência Florestal*, v. 30, p. 380-395. <https://doi.org/10.5902/1980509834011>

SANTOS, G. C., PERERIRA, I. M., BRITO, L. A., GUIMARAES, J. C. C., & TITON, M. (2018). Restauração florestal de áreas de mata atlântica sob invasão biológica. In: PERERIRA, I. M. (Org.). *Restauração Florestal da Mata Atlântica: aspectos ecológicos e silviculturais*. 1. Ed. Diamantina: Editora da UFVJM, v. 1, p. 371-421.

SENA-SOUZA, J. P., RODOVALHO, N. L., ANDRADE, A. F., PINTO, J. R. R., & NARDOTO, G. B. (2023). Mapping the effects of *Melinis minutiflora* invasion on soil nitrogen

dynamics in the Brazilian savanna: A dual-isotope approach. *Pedobiologia*, v. 96, 150863.

<https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2023.150863>

SFORCIN, J. M., SOUSA, J. P. B., SILVA FILHO, A. A., BASTOS, J. K.; BUFALO, M. C., & TONUCCI, L. R. S. (2012). *Baccharis dracunculifolia*: uma das principais fontes vegetais da própolis brasileira. 1. Ed. São Paulo: Editora UNESP.

SOUSA JÚNIOR, G. A. (2005). *Zoneamento da faixa tampão do reservatório da UHE-Camargos e avaliação de sua regeneração natural*. Dissertação de Mestrado, UFLA.

SUGANUMA, M. S., ASSIS, G. B., & DURIGAN, G. (2014). Changes in plant species composition and functional traits along the successional trajectory of a restored patch of Atlantic Forest. *Community Ecology*, v. 15, n. 1, p. 27-36.

<https://doi.org/10.1556/ComEc.15.2014.1.3>

TEIXEIRA, P. C., DONAGEMMA, G. K., FONTANA, A., & TEIXEIRA, W. G. (2017) *Manual de métodos de análise de solo*. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa.

VENTUROLI, F., FELFILI, J. M., & FAGG, C. W. (2011). Avaliação temporal da regeneração natural em uma floresta estacional semidecídua secundária, em Pirenópolis, Goiás. *Revista Árvore*, v. 35, p. 473-483. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000300010>

ZENNI, R. D., SAMPAIO, A. B., LIMA, Y. P., PESSOA-FILHO, M., LINS, T. C., PIVELLO, V. R., & DAEHLER, C. (2019). Invasive *Melinis minutiflora* outperforms native species, but the magnitude of the effect is context-dependent. *Biological Invasions*, v. 21, p. 657-667.

<https://doi.org/10.1007/s10530-018-1854-5>