

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal

André César Pinheiro

**ESTRATIFICAÇÃO DO TOPSOIL EM CAMADAS PARA APLICAÇÃO NA
RESTAURAÇÃO FLORESTAL: FUNCIONA?**

Diamantina – MG

2022

André César Pinheiro

**ESTRATIFICAÇÃO DO TOPSOIL EM CAMADAS PARA APLICAÇÃO NA
RESTAURAÇÃO FLORESTAL: FUNCIONA?**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação em
Ciência Florestal da Universidade Federal dos Vales
do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito para
obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Israel Marinho Pereira

Diamantina – MG

2022

Catálogo na fonte - Sisbi/UFVJM

P654e Pinheiro, André César
2022 ESTRATIFICAÇÃO DO TOPSOIL EM CAMADAS PARA APLICAÇÃO NA
RESTAURAÇÃO FLORESTAL: FUNCIONA? [manuscrito] / André César
Pinheiro. -- Diamantina, 2022.

50 p. : il.

Orientador: Prof. Israel Marinho Pereira.

Tese (Doutorado em Ciência Florestal) -- Universidade
Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Programa de Pós-
Graduação em Ciência Florestal, Diamantina, 2022.

1. Restauração ecológica. 2. Regeneração natural. 3.
Transposição de solo. 4. Banco de sementes. 5. Similaridade
florística. I. Pereira, Israel Marinho. II. Universidade
Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFMG com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Este produto é resultado do trabalho conjunto entre o bibliotecário Rodrigo Martins Cruz/CRB8-
2888
e a equipe do setor Portal/Diretoria de Comunicação Social da UFMG



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

ANDRÉ CÉSAR PINHEIRO

**ESTRATIFICAÇÃO DO TOPSOIL EM CAMADAS PARA APLICAÇÃO NA RESTAURAÇÃO FLORESTAL:
FUNCIONA?**

Tese apresentada ao programa de Pós-Graduação **em Ciência Florestal** da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, **nível de Doutorado**, como requisito parcial para obtenção do título de **Doutor(a) em Ciência Florestal**.

Orientador: Prof. **Israel Marinho Pereira**

Data de aprovação 22/02/2022.

Prof. Marcio Leles Romarco de Oliveira - (UFVJM)

Prof. Evandro Luiz Mendonça Machado - (UFVJM)

Prof. João Carlos Costa Guimarães - (UFSJ)

Profa. Yule Roberta Ferreira Nunes - (UNIMONTES)



Documento assinado eletronicamente por **Israel Marinho Pereira, Docente**, em 22/02/2022, às 12:02, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Marcio Leles Romarco de Oliveira, Docente**, em 22/02/2022, às 12:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Evandro Luiz Mendonça Machado, Docente**, em 22/02/2022, às 12:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).

Documento assinado eletronicamente por **Yule Roberta Ferreira Nunes, Usuário Externo**, em



22/02/2022, às 14:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **João Carlos Costa Guimarães, Usuário Externo**, em 22/02/2022, às 15:28, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufvjm.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0612356** e o código CRC **24C93571**.

A todos que contribuíram de alguma forma para concretização desse sonho. Em especial aos meus pais, Clóvis e Lolinha. Espero poder retribuir tudo que fizeram por mim... amor e gratidão a vocês!

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, pelo dom da vida, pela vontade de querer seguir em frente e aprender com os erros e as dificuldades. Foram vários momentos difíceis...

Aos meus pais, Clóvis e Lolinha e à minha irmã Adir, que sempre estiveram presentes e não mediram esforços para realização deste sonho, inteiramente compartilhado. Essa conquista também é de vocês!

Agradeço também à toda minha família e amigos, pelos ensinamentos, pelos incentivos, pelas cobranças e por todo o amor prestados, em todos os momentos da vida.

Agradeço em especial ao professor Israel Marinho Pereira, que por vezes se mostrou mais do que apenas um orientador de pesquisa, dando total apoio, sobretudo nos momentos de mais dificuldade. Foram quase 10 anos de convivência, de amizade e de muito aprendizado. Espero poder continuar nossa parceria por mais muitos anos, pois sei que ainda tenho muito o que aprender, tanto profissional, como também pessoal, com os seus exemplos.

À Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM pela oportunidade de estudar e de aprender todos esses anos. Agradeço também a todos os professores, servidores e alunos do Departamento de Engenharia Florestal, em especial aos colegas de trabalho e amigos: Thiago e Paula pela amizade; pelas conversas estimulantes; por todo incentivo e apoio, sobretudo nos momentos mais difíceis; pelas trocas de informações e aprendizado, além de todo auxílio prestado durante vários momentos ao longo desses anos.

À Anglo American Minério de Ferro Brasil (em especial aos colegas de trabalho e amigos: Rafael, Gabriel, Everaldo, Pedro Paulo e João), por todo apoio na idealização e realização dessa pesquisa.

Aos meus amigos e parceiros da faculdade (e da vida): Thiago, Paula, Catizani, Arthur, Junior, Jair, Gleica, Cassiano, entre outros, pelas conversas, pelos ensinamentos e pelos (vários) momentos de alegria compartilhados.

A todos os membros do Núcleo de Estudos em Recuperação de Áreas Degradadas – NERAD, pelos momentos de discussão e aprendizado durante esses anos e em especial aos colegas Vitor e Bruno, que tanto ajudaram na coleta de dados para esta pesquisa.

Aos membros da banca de qualificação e de defesa por terem aceitado o convite e pelas contribuições e ensinamentos. Também agradeço aos colegas e amigos do PPGCF/UFVJM pela amizade, apoio e companheirismo.

Enfim, a todos que de alguma forma fizeram parte dessa trajetória e que porventura não tenha mencionado aqui, meu muito obrigado!

RESUMO

Este estudo teve como objetivo avaliar o potencial de uso do banco de sementes para restauração florestal no domínio da Mata Atlântica, e responder sobre qual profundidade do solo a ser coletada quando se objetiva acelerar o processo de sucessão por meio do resgate e transposição do banco de sementes na restauração florestal; e se vale a pena estratificar verticalmente as camadas quando da remoção e, ou aplicação do *topsoil* em campo. A área de estudo está localizada na borda leste da Serra do Espinhaço Meridional. A primeira etapa deste estudo consistiu na amostragem do banco de sementes de um trecho (50 × 50 m) de Floresta Estacional Semidecidual em estágio médio de regeneração que foi destinado à supressão da vegetação. Dentro deste trecho, coletou-se partes do banco de sementes composto pela serapilheira e duas amostras de solo nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm, em 12 pontos aleatórios anterior à supressão da vegetação. Após a supressão, removeu-se a camada superficial do solo (± 30 cm) e armazenou-se por seis meses em campo, sendo coletada a outra amostra do banco de sementes logo após a transferência do *topsoil* para a área receptora (área a ser restaurada). A segunda etapa consistiu em um experimento realizado em ambiente controlado (casa de vegetação), na qual o banco de sementes foi avaliado em cinco tratamentos, sendo: T1 = camada de serapilheira; T2 = camada de 0-5 cm de solo; T3 = 5-10 cm de solo; T4 = camada de 0-10 cm solo + serapilheira; e T5 = *topsoil* pós-transferência (camada de 0-30 cm + serapilheira, armazenado em campo). Após dois anos, avaliou-se as variáveis: riqueza e composição de espécies e a densidade de plantas (n° de plantas.m⁻²). No total, registrou-se a densidade de 90 plantas.m⁻² e 21 espécies distribuídas em 11 famílias botânicas. A densidade média e riqueza específica não foram significativas entre as diferentes camadas avaliadas. Isso se deve à ampla heterogeneidade espacial do banco de sementes, que se traduz em uma grande variação dos dados. Para comparar a composição florística dos tratamentos do banco de sementes, foi utilizado os índices de similaridade de Sørensen e Bray-Curtis. Considerando todo o conjunto de dados, para ambos os índices, a similaridade florística foi considerada alta para a maioria dos tratamentos. Os resultados deste estudo demonstraram que o *topsoil*, se coletado até 30 cm de profundidade, incluindo a serapilheira, apresenta o mesmo potencial para uso em técnicas de restauração florestal, independentemente da estratificação das camadas do banco de sementes.

Palavras-chave: Restauração ecológica. Regeneração natural. Transposição de solo. Banco de sementes. Similaridade florística.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the potential use of the seed bank for forest restoration in the Atlantic Forest domain, and to answer about which soil depth to be collected when the objective is to accelerate the succession process through the rescue and transposition of the seed bank in forest restoration; and whether it is worthwhile to vertically stratify the layers when removing and/or applying topsoil in the field. The study area is located on the eastern edge of the Serra do Espinhaço Meridional. The first stage of this study consisted of sampling the seed bank of a stretch (50 × 50 m) of Seasonal Semideciduous Forest in medium stage of regeneration that was destined to suppress vegetation. Within this stretch, parts of the seed bank composed of litter and two soil samples were collected at depths of 0-5 and 5-10 cm, at 12 random points prior to the suppression of vegetation. Within this stretch, parts of the seed bank composed of litter and two soil samples were collected at depths of 0-5 and 5-10 cm, at 12 random points prior to the suppression of vegetation. After suppression, the surface layer of the soil (± 30 cm) was removed and stored for six months in the field, and another sample was collected from the seed bank soon after the transfer of the topsoil to the receiving area (area to be restored). The second stage consisted of an experiment carried out in a controlled environment (greenhouse), in which the seed bank was evaluated in five treatments, as follows: T1 = litter layer; T2 = 0-5 cm layer of soil; T3 = 5-10 cm of soil; T4 = 0-10 cm layer of soil + litter; and T5 = post-transfer topsoil (0-30 cm layer + litter, stored in the field). After two years, the following variables were evaluated: species richness and composition and plant density (number of plants.m⁻²). In total, the density of 90 plants.m⁻² and 21 species distributed in 11 botanical families were recorded. The average density and specific richness were not significant between the different layers evaluated. This is due to the wide spatial heterogeneity of the seed bank, which translates into a wide variation in the data. To compare the floristic composition of the seed bank treatments, the Sørensen and Bray-Curtis similarity indices were used. Considering the entire dataset, for both indices, floristic similarity was considered high for most treatments. The results of this study demonstrated that topsoil, if collected up to 30 cm depth, including litter, has the same potential for use in forest restoration techniques, regardless of the stratification of the seed bank layers.

Keywords: Ecological restoration. Natural regeneration. Soil transposition. Seed bank. Floristic similarity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Localização da área de estudo, em um trecho de fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, no município de Conceição do Mato Dentro, MG.....	23
Figura 2 – Etapas de coleta do banco de sementes nos pontos aleatoriamente distribuídos na área de estudo (A); iniciando-se pela serapilheira (B); seguida da inserção do gabarito de 0,5 × 0,5 m e 5,0 cm de espessura no solo (C); e posterior coleta do banco de sementes do solo (D, E e F) nas diferentes profundidades.....	24
Figura 3 – Etapas de coleta do banco de sementes do solo e serrapilheira na floresta em pé (A, B e C); seguido da remoção de material lenhoso (D); remoção (30 cm), estocagem, armazenamento e transporte do <i>topsoil</i> (E, F e G); preparo do solo da área de deposição (H); transposição e espalhamento do <i>topsoil</i> em campo (I e J) para posterior coleta do <i>topsoil</i> -pós transferência; e visão geral da vegetação regenerante do <i>topsoil</i> em campo (K) e do experimento em casa de vegetação (L), no município de Conceição do Mato Dentro, MG.....	26
Figura 4 – Distribuição dos dados de densidade de indivíduos e riqueza específica entre todas as amostras (bandejas) para o banco de sementes	30
Figura 5 – Box plot evidenciando a dispersão dos dados de densidade e riqueza específica entre os diferentes tratamentos para o banco de sementes	30
Figura 6 – Proporção de espécies por grupo sucessional para as diferentes camadas estudadas em um trecho de fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, no município de Conceição do Mato Dentro, MG	33
Figura 7 – Proporção de espécies em função dos hábitos para as diferentes camadas estudadas em um trecho de fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, no município de Conceição do Mato Dentro, MG	34

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Relação das famílias, espécies e densidade de plantas registradas para as diferentes camadas do banco de sementes do solo de um trecho de fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, no município de Conceição do Mato Dentro, MG.....29
- Tabela 2** – Valores de similaridade florística qualitativa (índice de Sørensen) e quantitativa (índice de Bray-Curtis) entre as diferentes camadas do banco de sementes32

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO.....	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1. Mata Atlântica: histórico de uso e sua importância socioambiental	19
2.2. Contextualização, características e funções ecológicas do banco de sementes.....	19
2.3. Dinâmica do banco de sementes.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1. Localização e caracterização da área de estudo.....	23
3.2. Coleta de solo e serapilheira para avaliação do banco de sementes.....	24
3.3. Delineamento experimental e avaliação do banco de sementes	27
3.4. Análise de dados.....	28
4. RESULTADOS	29
4.1. Densidade e riqueza do banco de sementes.....	29
4.2. Similaridade florística entre as camadas do banco de sementes	31
4.3. Grupos sucessionais e hábito das espécies regenerantes	32
5. DISCUSSÃO.....	35
5.1. Densidade, riqueza e composição florística do banco de sementes	35
5.2. Similaridade entre os tratamentos do banco de sementes.....	37
5.3. Dinâmica sucessional do banco de sementes	37
6. CONCLUSÕES.....	41
7. RECOMENDAÇÕES E IMPLICAÇÕES PARA A PRÁTICA	43
8. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	45
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47

1. INTRODUÇÃO

Em regiões onde os remanescentes florestais estão sendo convertidos em unidades produtivas que necessitam de decapeamento do solo, tais como, abertura de estradas, construção de represas e abertura de lavras de mineração, destaca-se a técnica de transposição do *topsoil* como técnica de restauração de grande potencial no restabelecimento da resiliência e processos ecológicos. Este método permite resgatar a diversidade vegetal original contida no banco de sementes e propágulos presentes no solo e serapilheira dos remanescentes florestais doadores para uso na restauração ecológica de áreas circunvizinhas, com características ambientais semelhantes (RODRIGUES *et al.*, 2009).

O *topsoil* possibilita a reintrodução da biodiversidade ocorrente o mais próximo possível da área original, incluindo a microbiota do solo e diferentes tipos de propágulos, permitindo rápida sucessão e com baixo custo (RODRIGUES *et al.*, 2009; AMARAL *et al.*, 2017; ONÉSIMO *et al.*, 2021). Além disso, ao adicionar uma camada superficial do solo, que é um material rico em nutrientes para estes propágulos, pode-se contribuir significativamente para aumentar a resiliência destas áreas sob regeneração natural (GOLOS; DIXON, 2014; AMARAL *et al.*, 2017, PINHEIRO, 2017). Em poucos anos, esta técnica permite recuperar atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo atingindo níveis observados em florestas conservadas (BIZUTI *et al.*, 2022).

Existem diversos estudos comprovando a eficiência deste método na restauração ecológica (ROKICH *et al.*, 2000; VÉCRIN; MULLER, 2003; TOZER *et al.*, 2012; GOLOS; DIXON, 2014; FERREIRA *et al.*, 2015; PINHEIRO, 2017; ONÉSIMO *et al.*, 2021; BIZUTI *et al.*, 2022). No entanto, alguns autores alertam que, a espessura do solo e, ou serapilheira, podem influenciar o potencial do banco de sementes e que a maioria das sementes viáveis está contida na camada de 0-5 cm do solo (ROKICH *et al.*, 2000; BRAGA *et al.*, 2008; MARTINS *et al.*, 2008, RODRIGUES *et al.*, 2010; TOZER *et al.*, 2012; SCHORN *et al.*, 2013; FERREIRA *et al.*, 2015; AMARAL *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2018). Ainda no caso da serapilheira, dependendo da espessura de sua camada, pode-se gerar uma barreira física, retendo ou dispersando as sementes e, conseqüentemente, limitando a entrada delas nas camadas mais profundas, como é o caso de florestas plantadas de pinus (VIEIRA; OVERBECK 2020) ou florestas maduras, por exemplo.

A variação na densidade de sementes do solo em diferentes áreas está associada a vários fatores, como a região, histórico da área, o tipo de vegetação e a profundidade de coleta da fonte de sementes e propágulos, além da fauna dispersora (FRANCO *et al.*, 2012; SCHORN

et al., 2013; SILVA et al., 2019). Já o período de permanência das sementes no solo, é determinado pelas propriedades fisiológicas, tais como germinação, dormência e viabilidade, condições ambientais como mudanças térmicas ou luminosas, provocadas após aberturas de clareiras (SCHORN et al., 2013).

Diante o exposto, e considerando a forma como é feita a remoção e transposição de *topsoil* atualmente, sobretudo em empreendimentos de grande porte; e que há diferenças entre as composições e densidades de sementes contidas entre as diferentes camadas de solo superficial, buscou-se responder sobre qual profundidade do solo a ser coletada quando se objetiva acelerar o processo de sucessão por meio do resgate e transposição do banco de sementes do solo na restauração florestal; e se é viável estratificar verticalmente as camadas quando da remoção e, ou aplicação do *topsoil* em campo.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1.Mata Atlântica: histórico de uso e sua importância socioambiental

A Mata Atlântica está presente em 17 estados brasileiros, dentre eles Minas Gerais. Em seus domínios, concentra-se mais de 70% da população brasileira e do Produto Interno Bruto (PIB) do país, com grandes polos industriais, entre eles a atividade minerária, o que resultou em uma perda de mais de 70% de sua cobertura original (RODRIGUES *et al.* 2009; MARQUES; GRELE, 2021; SOLÓRZANO *et al.*, 2021; ROSA *et al.*, 2021).

Considerando toda a extensão da Mata Atlântica, os remanescentes de cobertura vegetal do Bioma variam de 11,4 a 16% (RIBEIRO *et al.*, 2009; MARQUES; GRELE, 2021; MARQUES *et al.*, 2021; ROSA *et al.*, 2021), sendo que mais de 80% são representados por fragmentos pequenos (<50 ha). Além disso, as áreas bem conservadas (>100 ha) não chegam a 8% da área original do Bioma (RIBEIRO *et al.*, 2009; MARQUES; GRELE, 2021; LIRA *et al.*, 2021; ROSA *et al.*, 2021). Quando se considera todos os fragmentos acima de 0,5 ha em qualquer estado de conservação, a cobertura florestal gira em torno de 27% da área original do bioma (ROSA *et al.*, 2021).

Apesar da sua importância econômica e social, a Mata Atlântica continua sendo devastada pela ação antrópica, sendo considerada uma das florestas tropicais com maior risco de extinção no planeta (BELLARD *et al.*, 2014). Por outro lado, a legislação tem evoluído e áreas degradadas no domínio da Mata Atlântica, resultante de atividades minerárias, têm por obrigação legal serem recuperadas (RODRIGUES *et al.* 2009; MARQUES; GRELE, 2021; ROSA *et al.*, 2021).

Nesse sentido, diversos métodos têm sido usados na restauração de florestas tropicais, como o uso do banco de sementes do solo, banco de plântulas, regeneração natural e transposição de solo e serapilheira, além do tradicional método de plantio de mudas (RODRIGUES *et al.*, 2010; MIRANDA NETO *et al.*, 2014; AMARAL *et al.* 2017; PINHEIRO, 2017; ONÉSIMO *et al.*, 2021; BIZUTI *et al.*, 2022).

2.2.Contextualização, características e funções ecológicas do banco de sementes

O banco de sementes pode ser caracterizado como o estoque de sementes existentes na superfície ou no interior do solo, num dado momento e numa dada área, constituindo um sistema dinâmico de entradas (chuva de sementes e mecanismos de renovação do solo) e saídas (germinação, morte fisiológica e transferência para camadas mais profundas do solo) de sementes (SIMPSON *et al.*, 1989; LEAL FILHO *et al.*, 2013; FRAGOSO *et al.*, 2018). O banco é considerado persistente quando composto por sementes dormentes (que mantém a viabilidade

por mais de um ano), enquanto o banco transitório consiste em sementes que germinam em um ano ou menos após a dispersão (SIMPSON *et al.*, 1989; LEAL FILHO *et al.*, 2013; FRAGOSO *et al.*, 2018).

Estudos têm mostrado que o banco de sementes é um dos principais mecanismos de regeneração e resiliência de florestas, atuando como importante fonte no recrutamento de novos indivíduos em processos de sucessão secundária de ecossistemas após distúrbios naturais ou antrópicos ao redor do mundo (HOPFENSPERGER, 2007). Em florestas tropicais, este mecanismo está envolvido em pelo menos quatro processos ecológicos em níveis de população e comunidade, sendo eles: o estabelecimento de populações, a manutenção da diversidade de espécies, o estabelecimento de grupos ecológicos, e a restauração da riqueza de espécies durante a regeneração da floresta após distúrbios naturais ou antrópicos (ver revisão em GARWOOD, 1989; BAIDER *et al.*, 1999; BRAGA *et al.*, 2008; SCHORN *et al.*, 2013).

Potencialmente, a composição e a densidade do banco de sementes pode ser um fator limitante no processo de regeneração e manutenção de comunidades de plantas em diferentes ecossistemas (MARTEINSDÓTTIR, 2014; VIEIRA; OVERBECK, 2020). Do ponto de vista de diversidade, o banco de sementes do solo pode conter uma variação específica e genotípica distinta da encontrada no dossel arbóreo já existente, sobretudo em função do estágio sucessional da floresta. Além disso, o número de sementes por metro quadrado pode variar de menos de 100 sementes.m⁻² (floresta madura) até mais de 10.000 sementes.m⁻² (floresta inicial) (FRAGOSO *et al.*, 2018; MIRANDA NETO *et al.*, 2021), incluindo árvores, arbustos e herbáceas.

No solo, o banco de sementes abriga, basicamente, sementes de espécies pioneiras (mais duradouras e persistentes) e secundárias iniciais, sendo fator essencial para que haja a regeneração na primeira fase de ocupação da floresta (HOPFENSPERGER, 2007). As espécies não-pioneiras, em geral, compõem o banco de plântulas, outro componente da regeneração natural. Em caso de distúrbio, como o surgimento de clareiras naturais ou não, a regeneração da floresta será influenciada por este componente (BAIDER *et al.*, 1999).

Apesar do potencial e vantagens de se utilizar o *topsoil* na restauração ecológica de áreas antropizadas, há ainda a necessidade de se otimizar o seu uso e responder questões sobre em qual profundidade deve ser coletada e depositada a camada superficial de solo considerando as possíveis perdas durante as operações, como em empreendimentos minerários. Além disso, é necessário conhecer as espécies que compõem o banco de sementes (HALL *et al.*, 2010) e considerar as relações destas com o grau de conservação da área doadora, bem como os níveis de sombreamento, tolerância à dessecação, exigências nutricionais, além do tempo de

armazenamento do *topsoil*, dentre outros fatores que interferem na taxa de germinação e, consequentemente, no poder de resiliência das sementes.

A composição de espécies de diferentes grupos sucessionais exerce forte influência no funcionamento e na resiliência das florestas, sendo as espécies pioneiras presentes no banco de sementes as responsáveis pela regeneração inicial e as espécies dos grupos mais avançados pela manutenção e estabilidade do ecossistema (BAIDER *et al.*, 2001; CORREIA; MARTINS, 2015). Neste sentido, a avaliação da regeneração natural, em conjunto com o banco de sementes, aponta diretamente se as espécies nativas autóctones e do entorno, estão colonizando as áreas em restauração (MIRANDA NETO *et al.*, 2014; FRAGOSO *et al.*, 2018).

2.3. Dinâmica do banco de sementes

A dinâmica do banco de sementes, que consiste no fluxo de entrada e saída de sementes do sistema por meio de fatores bióticos e abióticos (BOSSUYT *et al.*, 2006), é influenciada por fatores externos, como por exemplo a chuva de sementes oriunda de fragmentos florestais adjacentes às áreas em processo de recuperação. Este mecanismo, dentre outros, exerce influência sobre a composição florística do banco de sementes ao longo do tempo nas áreas em processo de regeneração para diferentes ecossistemas (MIRANDA NETO *et al.*, 2014; FRAGOSO *et al.*, 2018). Bossuyt e Honnay (2008) em sua revisão de literatura sobre a utilização do banco de sementes para a restauração ecológica, apontaram que a variação da riqueza de espécies na vegetação, dentro da comunidade, é maior do que a variação na composição de espécie dos bancos de sementes.

A composição do banco de sementes tende a ser formado em grande parte por espécies de estágios sucessionais anteriores (BOSSUYT; HONNAY, 2008). No entanto, a medida em que o processo de sucessão avança, ocorre a redução de espécies pioneiras que formam banco de sementes persistente e ao mesmo tempo aumenta a diversidade de espécies não-pioneiras que formam banco de sementes transitórios ou que investem em banco de plântulas como estratégia de colonização (HOPFENSPERGER, 2007). Além disso, sementes persistentes de várias espécies pioneiras requerem luz para sua germinação e com a diminuição da intensidade luminosa, além do aumento da camada de serapilheira em florestas, essas sementes tendem a não germinar e permanecer no banco de sementes, até que encontrem uma condição favorável para sua germinação.

Neste sentido, o estudo do banco de sementes, em um determinado ecossistema florestal em relação a seu tamanho, composição florística, padrão de distribuição de sementes no solo, assim como sua dinâmica, é um fator importante na compreensão dos mecanismos que

controlam a sucessão vegetal e fornece dados sobre a dinâmica do processo de regeneração natural (HOPFENSBERGER, 2007; LEAL FILHO *et al.*, 2013; KUNZ; MARTINS, 2016; MIRANDA NETO *et al.*, 2017). Esses indicadores são considerados importantes e comumente utilizados para avaliar o desempenho e o sucesso de projetos de restauração florestal (MIRANDA NETO *et al.*, 2017).

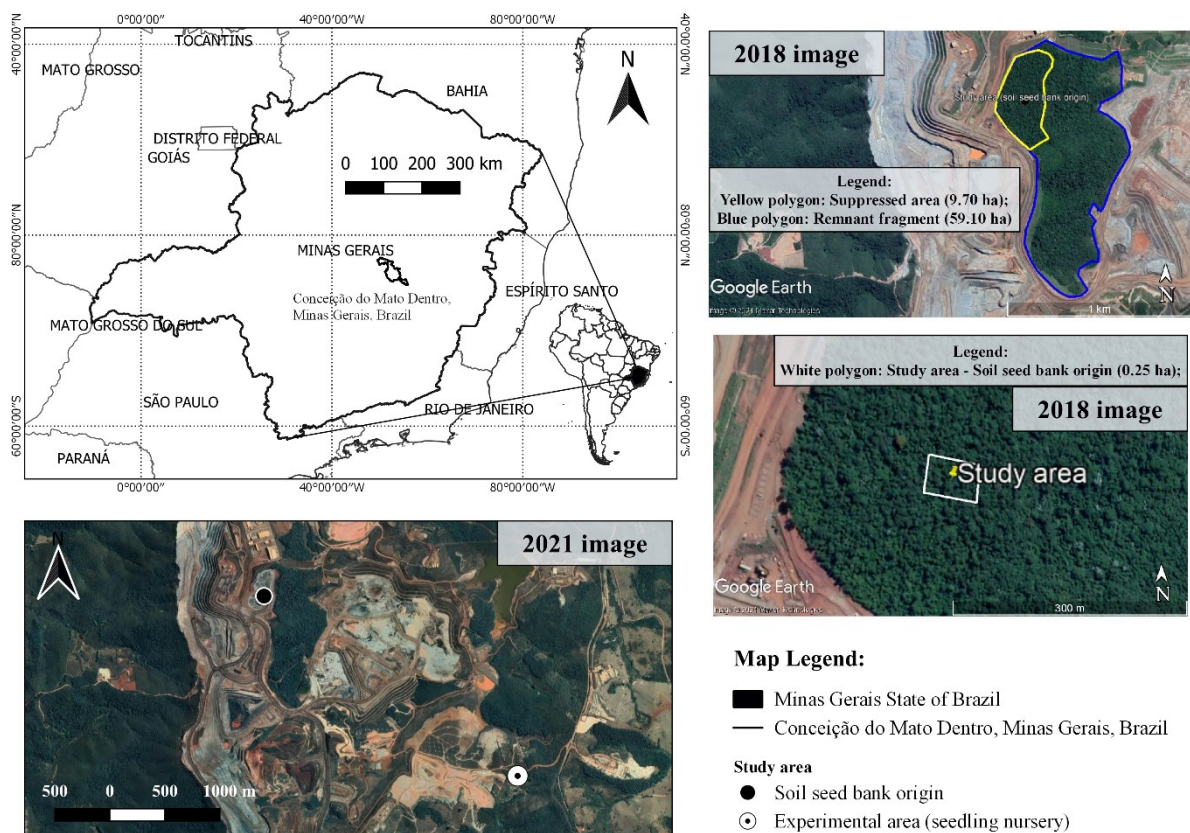
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização e caracterização da área de estudo

A área de estudo pertence a uma empresa de mineração (Anglo American Minério de Ferro Brasil) e está situada no município de Conceição do Mato Dentro, MG, na região da borda leste da Serra do Espinhaço Meridional, sob o domínio da Mata Atlântica, entre as coordenadas 43°25'40.48"O de longitude e 18°53'35.86"S de latitude (Figura 1), com altitude média de 864 m. O clima é temperado úmido com inverno seco e verão quente, do tipo *Cwa* na classificação de Köppen (SÁ JÚNIOR *et al.*, 2012).

O trecho de floresta estudado (área doadora do *topsoil*) possui dimensões de 50 × 50 m (0,25 ha) e estava inserido em um fragmento remanescente (aproximadamente 59 ha) de Floresta Estacional Semidecidual (Figura 1) em estágio médio de regeneração (DAP e altura com médias de 12,8 cm e 9,5 m, respectivamente) e em bom estado de conservação, que foi destinado à supressão da vegetação para ampliação da cava de mineração da Anglo American.

Figura 1 – Localização da área de estudo, em um trecho de fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, no município de Conceição do Mato Dentro, MG



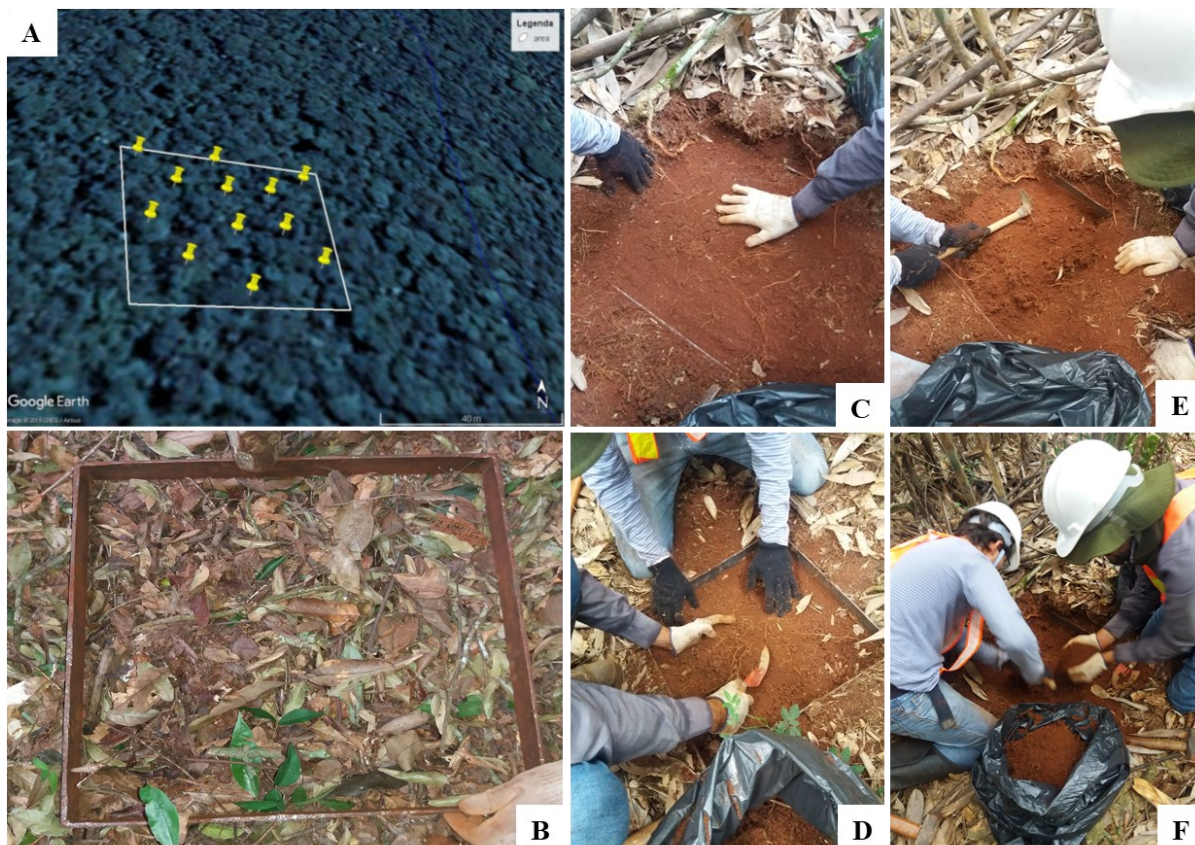
Legenda: Mapa indicando o local do estudo, e detalhes em imagens de 2018 demonstrando o fragmento remanescente e o trecho estudado antes da supressão da vegetação. Imagem de 2021 mostra a distância entre o trecho estudado e o viveiro de mudas onde o banco de sementes foi transferido e avaliado. Fonte: Google Earth e o Autor.

3.2. Coleta de solo e serapilheira para avaliação do banco de sementes

O solo para avaliação do banco de sementes foi coletado em duas etapas. A primeira etapa ocorreu antes da supressão da vegetação no trecho de floresta estudado (junho/2018 – estação seca). A segunda etapa ocorreu após a supressão da vegetação, seguida do decapeamento do solo, armazenamento e posterior transposição e espalhamento em campo (janeiro/2019 – estação chuvosa). Na primeira etapa, foram coletadas amostras de solo e serapilheira em 12 pontos distribuídos aleatoriamente na área de estudo.

As coletas foram feitas com auxílio de um gabarito quadrado de metal (ferro fundido) com dimensões de $0,5 \times 0,5$ m ($0,25$ m²) e 5,0 cm de espessura, colocado sobre a superfície do solo (Figura 2). Em cada ponto, foi coletado separadamente uma camada de aproximadamente 5,0 cm de serapilheira e duas amostras de solo nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm. O volume total de solo coletado, para cada camada, foi de 150 dm³, assim como para a serapilheira, em uma área amostral de 3 m².

Figura 2 – Etapas de coleta do banco de sementes nos pontos aleatoriamente distribuídos na área de estudo (A); iniciando-se pela serapilheira (B); seguida da inserção do gabarito de $0,5 \times 0,5$ m e 5,0 cm de espessura no solo (C); e posterior coleta do banco de sementes do solo (D, E e F) nas diferentes profundidades

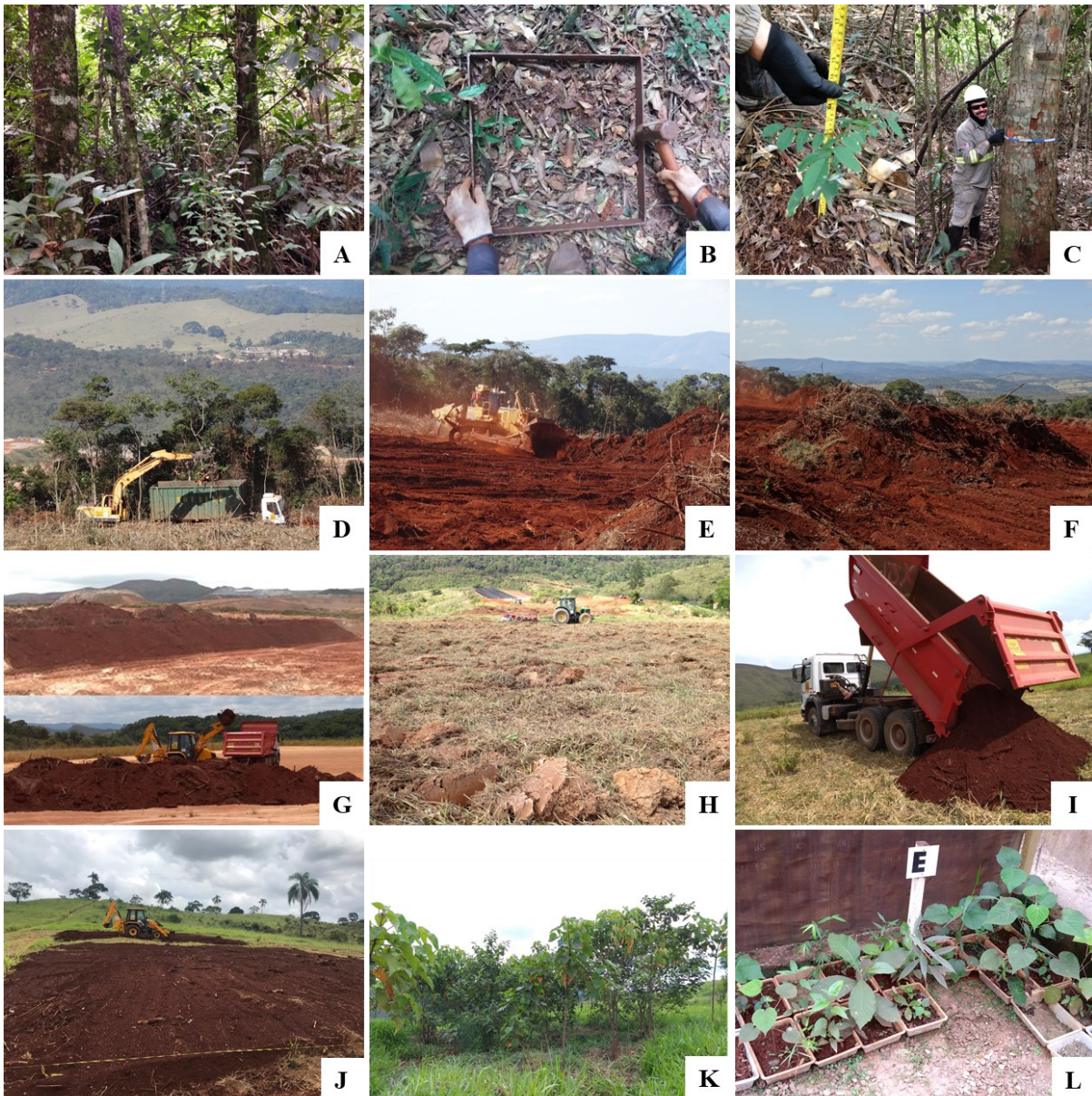


Legenda: As camadas foram coletadas no mesmo ponto, de acordo com a sua respectiva profundidade e acondicionadas em sacolas plásticas devidamente etiquetadas. Fonte: Paula Alves Oliveira (2018) e o autor.

Na segunda etapa, após a supressão da vegetação, realizou-se a remoção do *topsoil* por meio do decapeamento da camada superficial do solo (aproximadamente 30 cm de espessura) com auxílio de um trator de esteira (Figura 3). Após a remoção, o *topsoil* foi armazenado em pilhas de aproximadamente 1,5 m de altura e 10,0 m de comprimento no mesmo local da coleta durante seis meses.

Posteriormente, o *topsoil* foi conduzido para outra área experimental onde realizou-se a transposição e espalhamento do material em campo, seguida de uma nova coleta (12 amostras aleatórias do *topsoil*) para compor o experimento do banco de sementes em casa de vegetação. A camada de 0-30 cm de solo + serapilheira oriunda do decapeamento supracitado, a qual foi armazenada durante seis meses no local de coleta e depois transferida para outra área experimental, foi considerada como “método tradicional”, e está sendo tratada neste estudo como “*topsoil* pós-transferência”.

Figura 3 – Etapas de coleta do banco de sementes do solo e serrapilheira na floresta em pé (A, B e C); seguido da remoção de material lenhoso (D); remoção (30 cm), estocagem, armazenamento e transporte do *topsoil* (E, F e G); preparo do solo da área de deposição (H); transposição e espalhamento do *topsoil* em campo (I e J) para posterior coleta do *topsoil*-pós transferência; e visão geral da vegetação regenerante do *topsoil* em campo (K) e do experimento em casa de vegetação (L), no município de Conceição do Mato Dentro, MG



Fonte: O autor.

3.3. Delineamento experimental e avaliação do banco de sementes

Após a coleta, as amostras do banco de sementes foram acondicionadas em sacos plásticos pretos, devidamente identificados e, posteriormente, transportadas até o viveiro de mudas da Anglo American, situado na Fazenda Taquaral, no município de Conceição do Mato Dentro, MG, a aproximadamente 3 km de distância da área de coleta do material, onde as 12 amostras de cada material foram homogeneizadas formando uma amostra composta de 150 dm³.

Em casa de vegetação, aproximadamente 4 dm³ de cada material da amostra composta supracitada (solo, serapilheira ou solo + serapilheira) foram dispostos em bandejas de 30×22×8 cm (comprimento × largura × altura) contendo 1 dm³ de vermiculita, de acordo com os respectivos tratamentos: serapilheira (T1), camada de 0-5 cm de solo (T2), camada de 5-10 cm de solo (T3) e camada de 0-10 cm de solo + serapilheira (T4). Adicionalmente, três bandejas contendo apenas vermiculita foram colocadas como forma de controlar a contaminação por sementes externas. Cada tratamento foi composto por três repetições, totalizando 15 bandejas em delineamento inteiramente casualizado. Este experimento foi instalado e conduzido em casa de vegetação (50% de sombreamento) com irrigação por microaspersão controlada (três irrigações diárias de seis minutos), com uma lâmina líquida média mensal de 174 mm, durante o período de 18 meses.

Seis meses após o início do experimento, as amostras coletadas no *topsoil* pós-transferência (camada superficial de solo de aproximadamente 30 cm + serapilheira) foram homogeneizadas, separadas em três repetições e acrescidas ao experimento do banco de sementes, consistindo no tratamento: banco de sementes do *topsoil* (T5). Nesta ocasião, duas bandejas contendo somente vermiculita foram adicionadas ao experimento como controle de contaminação, totalizando-se então 20 bandejas ao todo no experimento.

Para equalizar o tempo de avaliação entre os tratamentos, realizaram-se duas avaliações, a primeira um ano e meio (18 meses) após a instalação do experimento para os tratamentos T1, T2, T3 e T4 (coletados seis meses antes) e a outra seis meses após a primeira avaliação para o T5 (*topsoil* pós-transferência, coletado seis meses depois). Ou seja, todos os tratamentos foram avaliados após um período de 18 meses. A avaliação se deu por meio da contagem e identificação das plântulas emergidas em casa de vegetação. Para todas as plantas registradas neste estudo, foi realizada a identificação das espécies e das famílias botânicas seguindo a proposta do Angiosperm Phylogeny Group IV (APG IV, 2016).

3.4. Análise de dados

Para avaliar o potencial de contribuição do banco de sementes para a recuperação da vegetação, seguindo a proposta de Ruiz-Jaen e Aide (2005) e Suganuma e Durigan (2015), foram consideradas a riqueza específica média (número de espécies por área) e a densidade média de plantas (número de plantas por área) conforme metodologia utilizada por Vieira e Overbeck (2020). A comparação das variáveis densidade média de plantas (nº de plantas por m²) e riqueza média (nº de espécies por bandeja) entre os diferentes tratamentos foi realizada por meio de análise de variância (ANOVA) do pacote ExpDes.pt versão 1.2.1 (FERREIRA et al., 2021).

Para verificar as mudanças no padrão florístico decorrentes da diversidade entre as diferentes camadas e a influência destas na composição de espécies em regeneração no banco de sementes, foram avaliados os padrões de distribuição (com base na matriz de abundância) das espécies dentre os tratamentos. Para tal, utilizou-se os índices de similaridade qualitativa pelo índice de Sørensen (LEGENDRE; LEGENDRE, 1998) e quantitativo pelo índice de Bray-Curtis (BRAY; CURTIS, 1957). Esses índices variam entre 0 e 1, sendo que neste estudo, para os pares de comparações cujos valores foram iguais ou excederam 0,5, foi considerado alta similaridade para ambos os índices (KENT; COKER, 1992).

Partindo-se do pressuposto que o banco de sementes do solo representa o potencial de regeneração de uma floresta, e que isso está relacionado com o estado de conservação e, ou estágio de sucessão, avaliou-se o padrão sucessional e o hábito de vida das espécies observadas nas diferentes camadas do banco de sementes. A classificação das espécies quanto ao grupo ecológico foi realizada com base na literatura e adaptada a este estudo, sendo as espécies classificadas em pioneiras (P) e não-pioneiras (NP), com esse último grupo formado por espécies secundárias e clímax. Quanto ao hábito de vida, as espécies foram classificadas em herbáceo, arbustivo e, ou arbóreo. Ambos os grupos tiveram espécies não classificadas (NC), devido a não identificação botânica destas espécies.

Com base na distribuição das espécies e suas respectivas abundâncias, bem como suas categorias sucessionais, foi possível avaliar a conexão florística entre os grupos por meio das espécies e suas relações com os substratos (OLIVEIRA FILHO; RATTER, 2000). Todas as análises estatísticas deste estudo foram realizadas com auxílio do *Software R* (R CORE TEAM, 2021).

4. RESULTADOS

4.1. Densidade e riqueza do banco de sementes

A densidade total de plantas germinadas, considerando todo o conjunto de dados, foi de 90 plantas.m⁻². Quando se considera as diferentes camadas do banco de sementes separadamente, a camada da serapilheira (T1) apresentou 81 plantas m⁻², a camada de 0-5 cm (T2) 121 plantas.m⁻², a camada 5-10 cm (T3) 106 plantas m⁻², a camada 0-10 cm + serapilheira (T4) 96 plantas.m⁻², e o *topsoil* pós-transferência (T5) 51 plantas.m⁻² (Tabela 1). No entanto, não houve diferença significativa ($p = 0,358$; $CV = 46,50\%$) entre os diferentes tratamentos.

Tabela 1 – Relação das famílias, espécies e densidade de plantas registradas para as diferentes camadas do banco de sementes do solo de um trecho de fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, no município de Conceição do Mato Dentro, MG

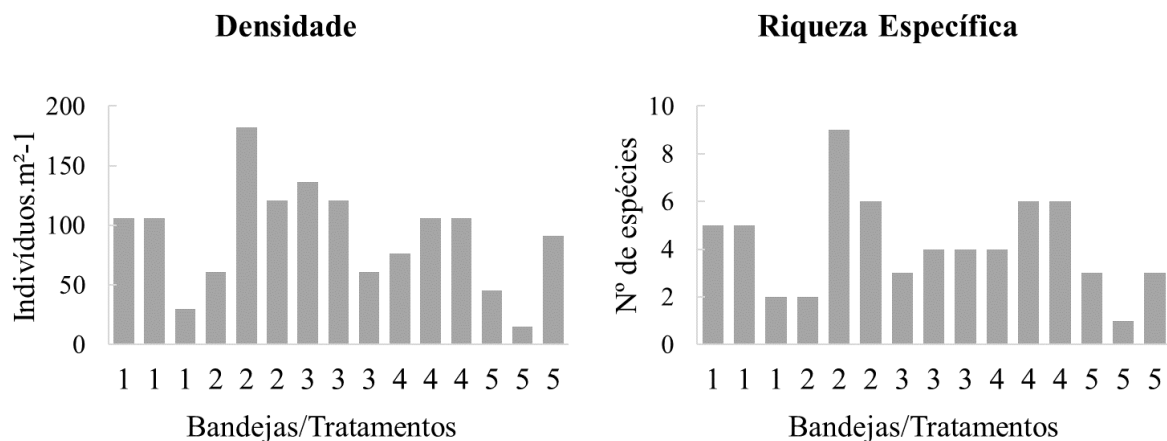
Família	Espécie	Nº de plantas.m ⁻²					Grupo Ecológico	Hábito
		T1	T2	T3	T4	T5		
Asteraceae	<i>Piptocarpha macropoda</i> (DC.) Baker	5	5	5	10		P	Arbóreo
	<i>Aparisthium cordatum</i> (A.Juss.) Baill. (A.Juss.) Baill.	5		5			NP	Arbóreo
Euphorbiaceae	<i>Croton urucurana</i> Baill.	10	5	5	5	5	P	Arbóreo
	<i>Maprounea guianensis</i> Aubl.			5			NP	Arbóreo
Lamiaceae	<i>Hyptidendron asperrimum</i> (Sprengel) Harley	10	15		5	5	P	Arbóreo
Malpighiaceae	<i>Byrsonima sericea</i> DC.					5	P	Arbóreo
	<i>Byrsonima stipulacea</i> A.Juss.		5				NP	Arbóreo
Melastomataceae	<i>Clidemia hirta</i> (L.) D.Don	15	20	61	20	20	P	Arbustivo
	<i>Leandra</i> sp.		5				P	Arbustivo
	<i>Miconia cinnamomifolia</i> (DC.) Naudin	5	10				NP	Arbóreo
	<i>Miconia</i> sp.1				15	10	NC	NC
	<i>Miconia</i> sp.2	10			5	5	NC	NC
	<i>Miconia</i> sp.3		10		5		NC	NC
	<i>Miconia</i> sp.4		5	5			NC	NC

Família	Espécie	N° de plantas.m ⁻²					Grupo Ecológico	Hábito
		T1	T2	T3	T4	T5		
Myrtaceae	<i>Myrcias plendens</i> (Sw.) DC	10	10	5			P	Arbóreo
Peraceae	<i>Pogonophora schomburgkiana</i> Miers ex Benth.				5		NP	Arbóreo
Poaceae	<i>Merostachys</i> sp.		5	10	5		NC	Herbáceo/Erva
Rubiaceae	<i>Rudgea sessilis</i> (Vell.) Müll.Arg.	5					NP	Arbustivo
Solanaceae	<i>Solanum cinnamomeum</i> Sendtn.		10		5		NP	Arbóreo
	<i>Solanum swartzianum</i> Roem. & Schult.				5		P	Arbóreo
Urticaceae	<i>Cecropia pachystachya</i> Trécul	5	15	5	10		P	Arbóreo
Total		81	121	106	96	51		

Legenda: T1 = camada de serapilheira (5 cm); T2 = camada de 0-5 cm de solo; T3 = camada de 5-10 cm de solo; T4 = camada de 0-10 cm de solo + serapilheira; e T5 = *topsoil*. NI = Número total de indivíduos germinados. Fonte: O autor.

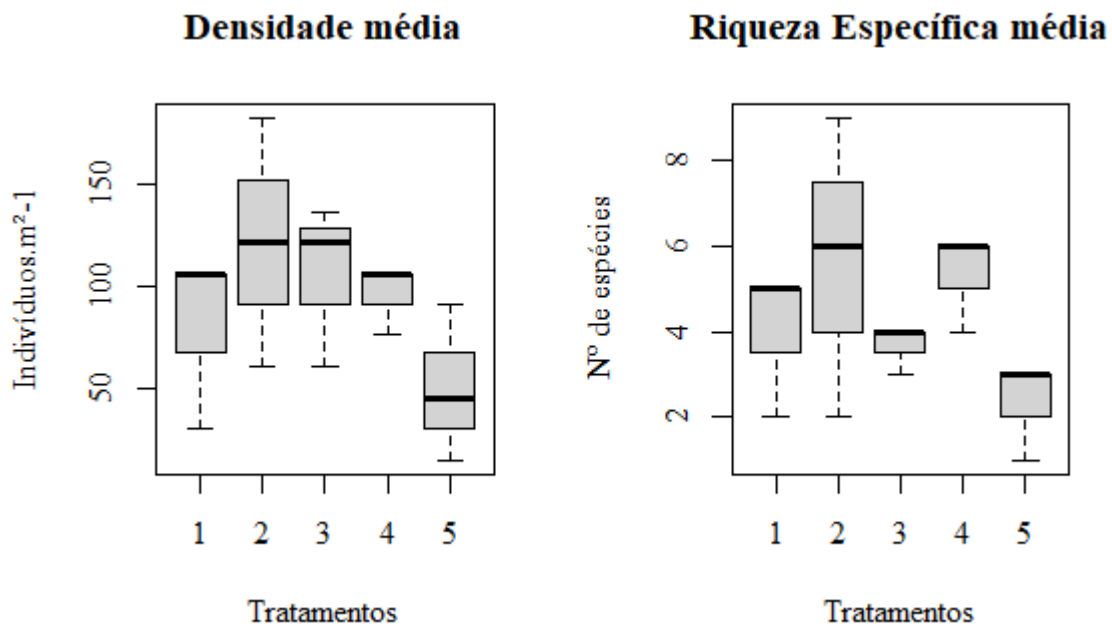
Assim como para a variável densidade média entre as diferentes camadas, a riqueza de espécies também não foi significativa ($p = 0,279$; $CV = 45,59\%$). Isso se deve à ampla heterogeneidade espacial do banco de sementes, que se traduz em uma grande variação dos dados (Tabela 1, Figura 4 e Figura 5).

Figura 4 – Distribuição dos dados de densidade de indivíduos e riqueza específica entre todas as amostras (bandejas) para o banco de sementes



Fonte: O autor.

Figura 5 – Box plot evidenciando a dispersão dos dados de densidade e riqueza específica entre os diferentes tratamentos para o banco de sementes



Fonte: O autor.

A riqueza total de espécies registradas para o banco de sementes neste estudo foi de 21 espécies distribuídas em 11 famílias botânicas. Quando se considera os diferentes tratamentos separadamente, foram encontradas 10 espécies na camada de serapilheira (T1), 13 na camada de 0-5 cm (T2), nove na camada de 5-10 cm (T3), 12 na camada de 0-10 cm + serapilheira (T4), e seis no *topsoil* pós-transferência (T5).

A família botânica mais representativa foi Melastomataceae com sete espécies (33,33%), seguida de Euphorbiaceae com três espécies (14,29%) e Malpighiaceae e Solanaceae com duas espécies (9,52%) cada. As demais famílias foram representadas por apenas uma espécie (Tabela 1).

Clidemia hirta, espécie de maior densidade numérica (136 plantas.m⁻²) neste estudo, foi registrada em todas as camadas. As duas espécies subsequentes com maior densidade (35 plantas.m⁻²) foram registradas em quatro das cinco camadas (tratamentos) avaliadas, exceto na camada de 5-10 cm para *Hyptidendron asperrimum* e no *topsoil* pós-transferência para *Cecropia pachystachya*. A espécie *Croton urucurana* (30 plantas.m⁻²), também foi registrada em todas as camadas do banco de sementes (Tabela 1).

4.2.Similaridade florística entre as camadas do banco de sementes

Quando se considera todo o conjunto de dados, a similaridade pelo índice de Sørensen foi considerada alta para a maioria dos tratamentos (Tabela 2). Dentre elas, a maior

similaridade florística (0,640) foi observada entre a camada de 0-5 cm (T2) e a camada de 0-10 cm + serapilheira (T4), enquanto a menor similaridade (0,267) foi observada entre a camada de 5-10 cm e *topsoil* pós-transferência (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores de similaridade florística qualitativa (índice de Sørensen) e quantitativa (índice de Bray-Curtis) entre as diferentes camadas do banco de sementes

	Serapilheira	Solo (0-5 cm)	Solo (5-10 cm)	Solo (0-10 cm) + serapilheira	<i>Topsoil</i> (0-30 cm)
Serapilheira	-	<u>0,550</u>	0,432	0,457	0,462
Solo (0-5 cm)	<u>0,609</u>	-	0,444	<u>0,558</u>	0,353
Solo (5-10 cm)	<u>0,632</u>	<u>0,636</u>	-	0,400	0,323
Solo (0-10 cm) + serapilheira	<u>0,545</u>	<u>0,640</u>	0,476	-	<u>0,621</u>
<i>Topsoil</i> (0-30 cm)	<u>0,500</u>	0,316	0,267	<u>0,556</u>	-

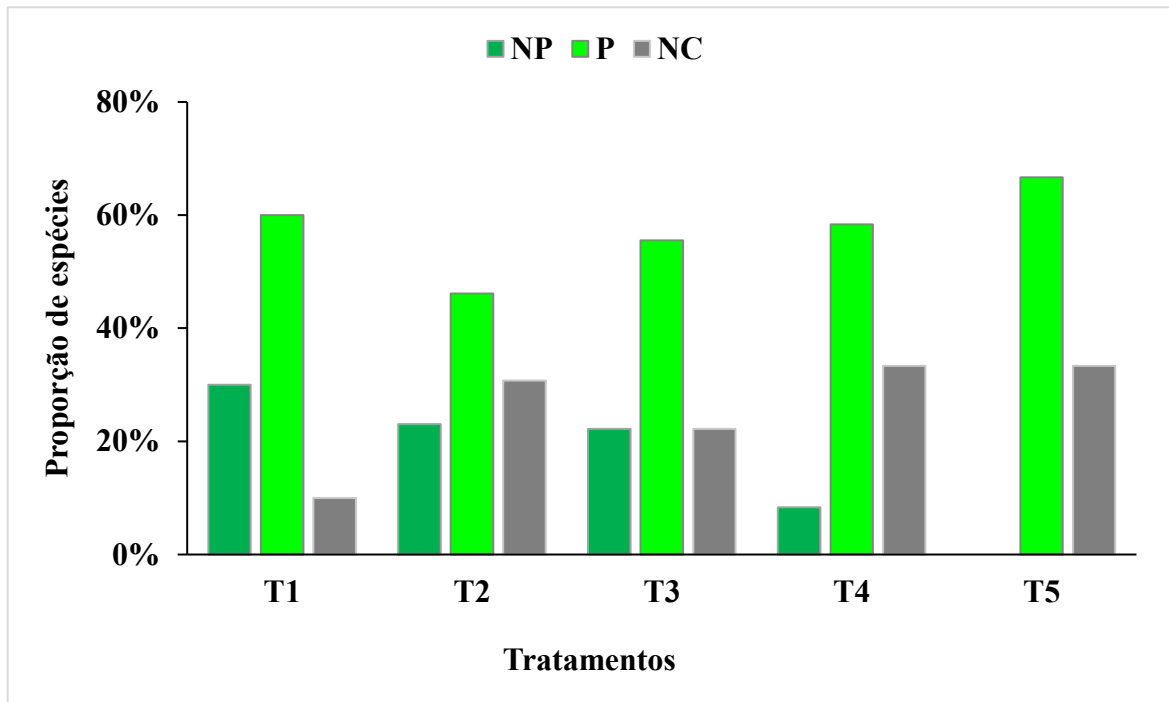
Legenda: Bray-Curtis = valores diagonal superior; Sørensen = valores diagonal inferior. Para os valores sublinhados foi considerada alta similaridade. Fonte: O autor.

Em termos quantitativos (Bray-Curtis), observou-se o mesmo padrão da análise qualitativa (Sørensen). Ou seja, a florística apresentou baixa diversidade beta (alta similaridade) entre a maioria das camadas do banco de sementes. A maior similaridade florística (0,621) encontrada para este índice foi entre a camada de 0-10 cm + serapilheira (T4) e a camada de *topsoil* pós-transferência (T5), enquanto a menor similaridade (0,323), assim como para o índice anterior, foi observada entre a camada de 5-10 cm e *topsoil* pós-transferência (Tabela 2).

4.3. Grupos sucessionais e hábito das espécies regenerantes

Quanto ao grupo sucessional das espécies registradas neste estudo (21 espécies), considerando todas as camadas/tratamentos, a maioria (nove; 42,86%) foi classificada como pioneiras, sendo que sete (33,33%) foram consideradas não-pioneiras e cinco (23,81%) não foram classificadas devido à não identificação destas espécies, sendo seis ao todo classificadas apenas em nível de gênero. Considerando o grupo sucessional por tratamento separadamente, todas as camadas seguiram o mesmo padrão geral, apresentando uma composição de espécies predominantemente de pioneiras (Figura 6).

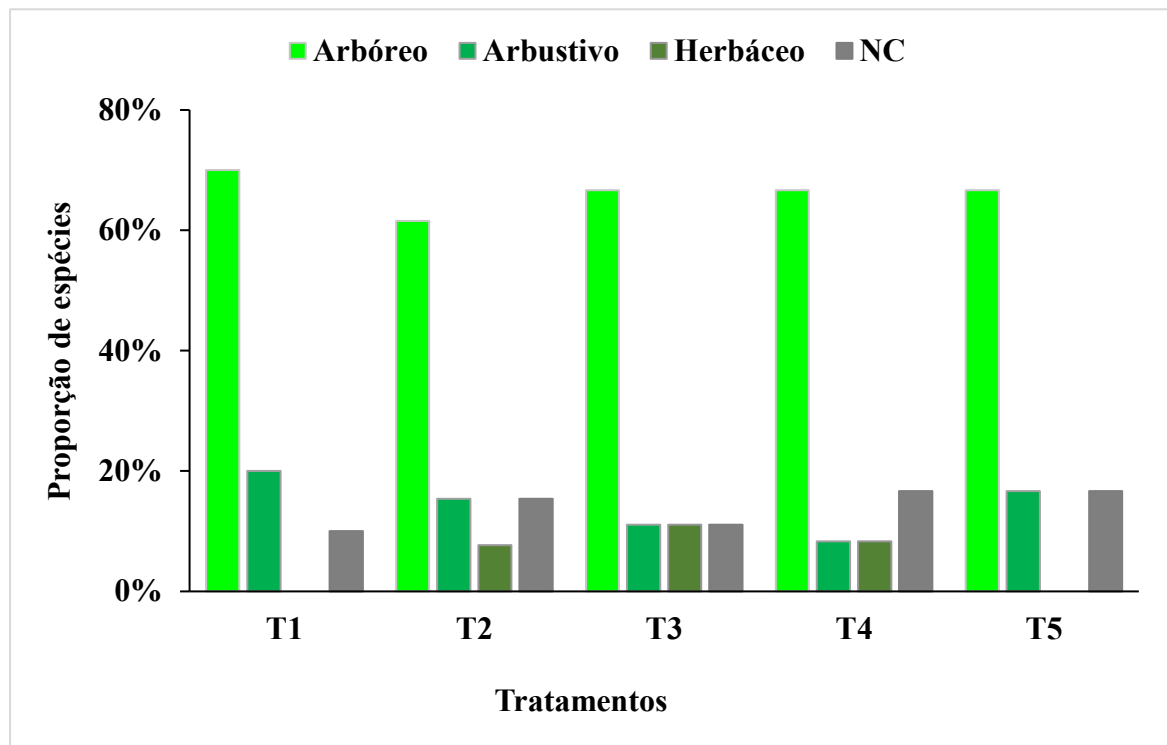
Figura 6 – Proporção de espécies por grupo sucessional para as diferentes camadas estudadas em um trecho de fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, no município de Conceição do Mato Dentro, MG



Legenda: NP = não-pioneira; P = pioneiras; NC = não classificada; T1 = camada de serapilheira (5 cm); T2 = camada de 0-5 cm de solo; T3 = camada de 5-10 cm de solo; T4 = camada de 0-10 cm de solo + serapilheira; e T5 = *topsoil*. Fonte: O autor.

Quanto hábito das espécies, a maior parte (14; 66,67%) é considerada de porte arbóreo, e apenas três (14,29%) de porte arbustivo. Três espécies (14,29%) não foram classificadas devido à não identificação botânica e uma espécie foi classificada como erva (4,76%). Este resultado condiz com o estágio mais avançado de regeneração da floresta em estudo, devido à redução do número de espécies herbáceas e arbustivas e predominância de espécies arbóreas (Figura 7).

Figura 7 – Proporção de espécies em função dos hábitos para as diferentes camadas estudadas em um trecho de fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, no município de Conceição do Mato Dentro, MG



Legenda: NC = não classificada; T1 = camada de serapilheira (5 cm); T2 = camada de 0-5 cm de solo; T3 = camada de 5-10 cm de solo; T4 = camada de 0-10 cm de solo + serapilheira; e T5 = *topsoil*. Fonte: O autor.

5. DISCUSSÃO

5.1. Densidade, riqueza e composição florística do banco de sementes

A regeneração oriunda do banco de sementes em ambiente sombreado (casa de vegetação), pode apresentar densidades variando de 319 sementes por m² em floresta madura na estação seca (condição equivalente à deste estudo), a 5.461 sementes por m² em floresta secundária intermediária na estação chuvosa (KUNZ; MARTINS, 2016). Tal variação pode ser explicada pela influência da quantidade de sementes de espécies herbáceas no banco de sementes. Uma vez que estas espécies geralmente estão presentes em maior quantidade nos bancos de sementes das florestas iniciais ou intermediárias, e em menor quantidade para florestas maduras.

É importante considerar também que, comumente é observada discrepância entre a densidade e a composição do banco de sementes entre os diferentes estudos, uma vez que os bancos de sementes são sistemas dinâmicos, e fatores como chuvas de sementes, mecanismos de dispersão, germinação, perda de viabilidade, predação ou morte das sementes variam entre os bancos avaliados (SILVA *et al.*, 2019). A densidade pode variar de 31,6 a 872 sementes por m² em florestas maduras, como a deste estudo, enquanto áreas de florestas secundárias intermediárias variam de 2.847 a 11.028 sementes por m² (KUNZ; MARTINS, 2016).

Ao avaliar o banco de sementes composto por serapilheira e diferentes camadas de solo no presente estudo, constatou-se um total de 90 plantas.m⁻², sendo este resultado semelhante ao encontrado em Floresta Semidecidual Secundária (101,6 plantas.m⁻²) por Braga *et al.* (2008). Além disso, assim como no presente estudo, estes autores encontraram baixo número de espécies herbáceas em relação às arbóreas, o que diferiu de outros trabalhos realizados com florestas secundárias na região (BRAGA *et al.*, 2008). É importante ressaltar também que, Braga *et al.* (2008) estudaram um fragmento de 50,0 ha com cerca de 40 anos de regeneração, após sofrer corte raso de sua cobertura original, o que corrobora os achados no presente estudo.

Além dos fatores supracitados que influenciam na densidade do banco de sementes, de acordo com um estudo no bioma Cerrado, a remoção da camada de *topsoil* sem estratificar os 5 cm superficiais de solo e serapilheira como geralmente é feito, pode diluir o banco de sementes presente no volume total de solo coletado, diminuindo assim a densidade de sementes por m² e, por consequência, o potencial de regeneração do *topsoil* (FERREIRA *et al.*, 2015). No entanto, a baixa variação na densidade e composição de sementes observadas nas diferentes camadas do presente estudo, indicam que para as Florestas Estacionais Semidecíduais como a

deste estudo, não há necessidade de estratificação das camadas quando for coletar e transpor o *topsoil*, até 30 cm.

Quando se considera a riqueza da flora oriunda do banco de sementes, que foi composta de 21 espécies, distribuídas em 11 famílias botânicas, esta pode ser considerada próxima à riqueza comumente encontrada em outros estudos em Floresta Estacional Semidecidual em estágio médio de regeneração (RODRIGUES *et al.*, 2010; PINHEIRO, 2017). O banco de sementes do solo e, ou da serapilheira estudado apresenta relativamente alta densidade de plantas e riqueza de espécies, revelando assim, seu potencial como fonte de sementes e propágulos de plantas na restauração de áreas degradadas (SCHORN *et al.*, 2013; AMARAL *et al.*, 2017; BALESTRIN *et al.*, 2019).

As espécies de maior densidade neste estudo, isto é, mais representativas na composição florística do banco de sementes, foram registradas tanto na serapilheira, como nas camadas de solo e no *topsoil* pós-transferência, exceto na camada de 5-10 cm para *H. asperrimum* e no *topsoil* para *C. pachystachya*. Estas espécies são comumente encontradas em bordas e clareiras de matas apresentando alta densidade, além de serem indicadas para o plantio em áreas abertas e, ou com solo exposto. Portanto, a presença delas no banco de sementes estudado aumenta seu poder de regeneração no processo de sucessão florestal, uma vez que essas espécies pioneiras auxiliam na regeneração das florestas após distúrbios, seja natural ou antrópico (CORREIA; MARTINS, 2015).

A ausência da *C. pachystachya* no banco de sementes do *topsoil* pós-transferência pode estar atrelada ao fato desta espécie possuir sementes muito pequenas e com baixa taxa de germinação natural (BOCCHESI *et al.*, 2007), fatores estes que podem ter sido agravados com o tempo de armazenamento do *topsoil* pós-transferência no campo (seis meses), bem como a espessura coletada. Neste sentido, a camada de *topsoil* coletada (0-30 cm, incluindo a serapilheira) pode ter influenciado na quantidade de sementes por m² e, conseqüentemente, na densidade de plantas, quando comparado com as demais camadas do banco de sementes.

Dentre as espécies deste estudo, destacam-se *Clidemia hirta* (136 plantas.m⁻²) e *Croton urucurana* (30 plantas.m⁻²), sendo estas registradas em todos os componentes do banco de sementes. Este resultado indica que estas espécies estão bem distribuídas ao longo dos 30 cm avaliados, incluindo a serapilheira. Ou seja, o estoque de sementes nas diferentes camadas do banco de sementes é semelhante, não havendo perdas significativas por efeito de diluição, nem no tempo de armazenamento do *topsoil* (seis meses) para estas espécies. Vale ressaltar que este padrão foi observado apenas para estas duas espécies neste estudo.

5.2. Similaridade entre os tratamentos do banco de sementes

Como o banco de sementes do solo representa o conjunto de todas as sementes viáveis no solo ou associadas à serapilheira em uma determinada área, em um dado momento, espera-se que contenha tanto as sementes das espécies presentes na vegetação local, como também de espécies que não estejam presentes na área, mas que chegam através da chuva de sementes (OLIVEIRA *et al.* 2018), além de espécies que já saíram do sistema por algum motivo, mas que ainda estão presentes no banco de sementes.

Contudo, geralmente, não se espera que as camadas mais profundas do solo contribuam significativamente para um banco de sementes com potencial para restaurar espécies da vegetação acima do solo (BEKKER *et al.*, 2000). Apesar disso, a alta similaridade entre a serapilheira e as camadas mais profundas, bem como o *topsoil* pós-transferência (camada de até aproximadamente 30 cm, incluindo a serapilheira), demonstram o contrário no presente estudo.

Portanto, embora não seja esperado elevado potencial de regeneração das camadas mais profundas e que, diversos estudos tenham demonstrado efeito de diluição, o método de transposição de *topsoil* (camada de até aproximadamente 30 cm, incluindo a serapilheira) pode ser considerado efetivo, desde que haja estudos prévios quanto à estrutura e composição florística do local de origem e a real contribuição do banco de sementes. Ainda, vale ressaltar que, no momento da transposição do *topsoil* para outras áreas, como em áreas de pastagem degradadas, uma camada superficial do solo de 20 cm é a mais adequada para uso na restauração florestal (AMARAL *et al.*, 2017).

5.3. Dinâmica sucessional do banco de sementes

Quanto aos grupos ecológicos, a maioria das espécies oriundas do banco de sementes do solo foi de pioneiras, seguindo o mesmo padrão observado para todas as camadas/tratamentos. Isso provavelmente se deve às características de colonização destas espécies, uma vez que as sementes de longa duração no solo tendem a pertencer a este grupo sucessional, em função das características ecológicas e seus mecanismos de dormência (ARAÚJO *et al.*, 2001; MIRANDA NETO *et al.*, 2017).

As espécies que ocorrem em ambientes perturbados são favorecidas pela reprodução de grande número de sementes de longa duração no banco de sementes do solo, aguardando condições favoráveis para germinação (BOSSUYT; HONNAY, 2008). Já as espécies de grupo sucessionais mais avançados, em contraste, não produzem sementes de longa

duração, sendo sua principal estratégia a formação de banco de plântulas, o que explica a baixa quantidade de espécies não-pioneiras.

Para o hábito das espécies no presente estudo, independentemente da camada, foi observada apenas uma espécie de porte herbáceo, além de poucas espécies arbustivas, ao passo que os demais estudos observaram maiores densidades para o grupo das herbáceas, o que contribuiu consideravelmente para os valores superiores de densidade encontrados nos outros trabalhos (MARTINS *et al.*, 2008; CALEGARI *et al.*, 2013; CAMARGOS *et al.*, 2013; CORREIA; MARTINS, 2015). Além disso, a maioria das espécies foi considerada de hábito arbóreo, sendo o mesmo padrão observado para todas as camadas. Dessa forma, de maneira geral, considera-se que não houve efeito das diferentes camadas de coleta do *topsoil* sobre o hábito das espécies presentes no banco de sementes.

É importante ressaltar que, a área de origem do banco de sementes do presente estudo era uma floresta em bom estado de conservação, e que a maioria dos estudos sobre banco de sementes são feitos em florestas secundárias em processo de recuperação recente, o que favorece o predomínio de espécies herbáceas e, ou pioneiras, além da quantidade maior de plantas germinadas por m². O reduzido número de indivíduos das espécies herbáceas e arbustivas, quando comparadas às espécies arbóreas encontradas no banco de sementes, pode ser explicado pelo fato da área em estudo estar em processo avançado de sucessão ecológica. Com o avanço da sucessão, ocorre uma redução na densidade de sementes herbáceas e, ao mesmo tempo, um aumento na densidade de sementes arbustivas e arbóreas (BAIDER *et al.*, 2001 CALEGARI *et al.*, 2013; MACHADO *et al.*, 2013; OLIVEIRA *et al.*, 2018).

Nestes estudos utilizados como base para comparação, assim como para outros estudos em florestas tropicais sobre este tema, é comumente observado que a maioria dos indivíduos registrados são de porte herbáceo em florestas secundárias e, ou em fase inicial de regeneração (MIRANDA NETO *et al.*, 2014; CORREIA; MARTINS, 2015; MIRANDA NETO *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.*, 2018). Ambientes de pastagem abandonada ou áreas em fase inicial de regeneração podem apresentar proporção de até 98% de indivíduos herbáceos (FRAGOSO *et al.*, 2018). Já em ambientes mais conservados e com matrizes florestais no entorno (ecossistemas de referência, por exemplo), a proporção de indivíduos herbáceos é significativamente inferior, raramente ultrapassando 50% dos indivíduos registrados (MIRANDA NETO *et al.*, 2014; CORREIA; MARTINS, 2015).

Para Braga *et al.* (2008), a maior riqueza de espécies arbóreas e o reduzido número de sementes de espécies herbáceas está relacionado ao estágio de sucessão da floresta, uma vez que a presença deste último grupo no banco de sementes reduz à medida em que o estágio

sucessional avança, e ao mesmo tempo a densidade de sementes de espécies arbustivas e arbóreas aumenta (BAIDER *et al.*, 2001).

6. CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo, levando-se em consideração as condições avaliadas, demonstraram que o *topsoil*, se coletado até 30 cm de profundidade, incluindo a serapilheira, apresenta o mesmo potencial para uso em técnicas de restauração florestal, independentemente da estratificação das camadas do banco de sementes. Ou seja, a hipótese de que há diferenças entre as composições e densidades de sementes contidas no banco de sementes para as diferentes camadas, incluindo a serapilheira, não foi confirmada neste estudo.

Deste modo, salvo algumas alterações estruturais e se usada de maneira adequada (levando-se em consideração o estágio sucessional e o grau de conservação da floresta de origem, por exemplo), a transposição de *topsoil* (até 30 cm) pode ser considerada técnica eficiente para estimular a restauração florestal em áreas degradadas, sem a necessidade de estratificação das camadas para o ecossistema estudado.

7. RECOMENDAÇÕES E IMPLICAÇÕES PARA A PRÁTICA

Com base nos achados deste estudo, é coerente presumir que separar as diferentes camadas de solo superficial, além da serapilheira, no momento da remoção e estocagem do *topsoil*, não aumenta de forma considerável a eficácia do método de transposição de solo para restauração florestal de áreas degradadas.

Uma importante contribuição deste trabalho é que, considerando a forma como é feito atualmente a transposição de solo em diversos empreendimentos, principalmente no setor minerário, e levando-se em conta as dificuldades operacionais de se remover e transpor o *topsoil*, o processo atual pode ser considerado efetivo.

No entanto, ressalta-se que apesar de o banco de sementes desempenhar papel importante na regeneração da vegetação após um evento de perturbação, é preciso levar em consideração as consequências para a diversidade biológica em uma determinada região e, ou considerar as possibilidades de restauração/conservação das espécies autóctones antes de se iniciar o processo de degradação.

8. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se avaliar a similaridade florística-estrutural, a dinâmica das espécies oriundas do *topsoil* e a trajetória sucessional a longo prazo, com base no ecossistema de referência (área doadora); além de incluir análises que levem em consideração os grupos funcionais das plantas regenerantes e suas interações com o ambiente.

Além disso, recomenda-se que seja avaliado o potencial de regeneração da técnica de transposição de *topsoil* considerando diferentes períodos de armazenamento, incluindo o tempo zero (ou seja, logo após a remoção e aplicação em campo), frente as possíveis perdas no banco de sementes inerentes ao processo.

Recomenda-se também que sejam estudados/elaborados bioindicadores adequados, que levem em consideração variáveis ambientais ecologicamente correlacionadas, e que sejam facilmente mensuráveis em campo; uma vez que existem dificuldades na obtenção de variáveis mais complexas que sejam confiáveis e responsivas nos estudos deste tipo, além dos parâmetros clássicos, como riqueza, densidade e composição florística.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, L. A. et al. Use of topsoil for restoration of a degraded pasture area. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, p. 1080-1090, 2017. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2017001100014>
- BRAY, J. R.; CURTIS, J. T. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological monographs*, v. 27, n. 4, p. 326-349, 1957. <https://doi.org/10.2307/1942268>
- BAIDER, C.; TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. O banco de sementes de um trecho de uma Floresta Atlântica Montana (São Paulo-Brasil). **Revista brasileira de Biologia**, v. 59, p. 319-328, 1999. <https://doi.org/10.1590/S0034-71081999000200014>
- BAIDER, C.; TABARELLI, M.; MANTOVANI, W. The soil seed bank during Atlantic forest regeneration in Southeast Brazil. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 61, p. 35-44, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0034-71082001000100006>
- BALESTRIN, D. et al. Relationship between soil seed bank and canopy coverage in a mined area. **Revista Árvore**, v. 43, 2019. <https://doi.org/10.1590/1806-90882019000400003>
- BEKKER, R. M. et al. Soil seed bank dynamics in hayfield succession. **Journal of Ecology**, v. 88, n. 4, p. 594-607, 2000. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2745.2000.00485.x>
- BELLARD, C. et al. Vulnerability of biodiversity hotspots to global change. **Global Ecology and Biogeography**, v. 23, n. 12, p. 1376-1386, 2014. <https://doi.org/10.1111/geb.13272>
- BIZUTI, Denise TG et al. Multifunctional soil recovery during the restoration of Brazil's Atlantic Forest after bauxite mining. **Journal of Applied Ecology**, 2022. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14097>
- BOCCHESI, R. A.; OLIVEIRA, A. K. M.; VICENTE, E. C. Taxa e velocidade de germinação de sementes de *Cecropia pachystachya* Trécul (Cecropiaceae) ingeridas por *Artibeus lituratus* (Olfers, 1818) (Chiroptera: Phyllostomidae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 29, n. 4, p. 395-399, 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/comocitar.ou?id=187115754009>
- BOSSUYT, B.; HONNAY, O. Can the seed bank be used for ecological restoration? An overview of seed bank characteristics in European communities. **Journal of Vegetation Science**, v. 19, n. 6, p. 875-884, 2008. <https://doi.org/10.3170/2008-8-18462>
- BRAGA, A. J. T. et al. Composição do banco de sementes de uma floresta semidecidual secundária considerando o seu potencial de uso para recuperação ambiental. **Revista Árvore**, v. 32, p. 1089-1098, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000600014>
- CALEGARI, L. et al. Avaliação do banco de sementes do solo para fins de restauração florestal em Carandaí, MG. **Revista Árvore**, v. 37, p. 871-880, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000500009>
- CORREIA, G. G.S.; MARTINS, S. V. Banco de sementes do solo de floresta restaurada, Reserva Natural Vale, ES. **Floresta e Ambiente**, v. 22, p. 79-87, 2015. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.096714>

- FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P. & NOGUEIRA, D. A. ExpDes.pt: Experimental Designs Package (Portuguese). R package version 1.2.1. 2021. <https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt>
- FERREIRA, M. C.; WALTER, B. M. T.; VIEIRA, D. L. M. Topsoil translocation for Brazilian savanna restoration: propagation of herbs, shrubs, and trees. **Restoration ecology**, v. 23, n. 6, p. 723-728, 2015. <https://doi.org/10.1111/rec.12252>
- FRAGOSO, R. O. et al. Seed bank from abandoned pastures in the coastal region of Paraná. **Floresta e Ambiente**, v. 25, 2018. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.029515>
- FRANCO, B. K. S. et al. Densidade e composição florística do banco de sementes de um trecho de floresta estacional semidecidual no campus da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 36, p. 423-432, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000300004>
- GARWOOD, Nancy C. Tropical soil seed banks: a review. **Ecology of soil seed banks**, p. 149-209, 1989. <https://ci.nii.ac.jp/naid/10012396058/>
- GOLOS, P. J.; DIXON, K. W. Waterproofing topsoil stockpiles minimizes viability decline in the soil seed bank in an arid environment. **Restoration Ecology**, v. 22, n. 4, p. 495-501, 2014. <https://doi.org/10.1111/rec.12090>
- HALL, S. L.; BARTON, C. D.; BASKIN, C. C. Topsoil seed bank of an Oak–Hickory forest in eastern Kentucky as a restoration tool on surface mines. **Restoration Ecology**, v. 18, n. 6, p. 834-842, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2008.00509.x>
- KENT, M.; COKER, P. **Vegetation description and analyses: a practical approach**. John Wiley & Sons, London. 1992. <https://bityli.com/hTfoG>
- KUNZ, S. H.; MARTINS, S. V. Soil seed bank in seasonal semideciduous forest and abandoned pasture. **Revista Árvore**, v. 40, p. 991-1001, 2016. <https://doi.org/10.1590/0100-67622016000600004>
- LEAL FILHO, N.; SENA, J. S.; SANTOS, G. R. Variações espaço-temporais no estoque de sementes do solo na floresta amazônica. **Acta Amazonica**, v. 43, p. 305-314, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672013000300006>
- LIRA, P. K.; PORTELA, R. C. Q.; TAMBOSI, L. R. Land-Cover Changes and an Uncertain Future: Will the Brazilian Atlantic Forest Lose the Chance to Become a Hopespot?. In: **The Atlantic Forest: history, biodiversity, threats and opportunities of the megadiverse forest**. Springer, Cham, 2021. p. 233-251. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-55322-7>
- MACHADO, V. M. et al. Avaliação do banco de sementes de uma área em processo de recuperação em cerrado campestre. **Planta Daninha**, v. 31, p. 303-312, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582013000200007>
- MARQUES, M. et al. The Atlantic Forest: an introduction to the megadiverse forest of South America. In: **The Atlantic Forest: history, biodiversity, threats and opportunities of the megadiverse forest**. Springer, Cham, 2021. p. 3-23. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-55322-7>

MARTEINSDÓTTIR, B. Seed rain and seed bank reveal that seed limitation strongly influences plant community assembly in grasslands. **PloS one**, v. 9, n. 7, p. e103352, 2014. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0103352>

MARTINS, S. V. et al. Banco de sementes como indicador de restauração de uma área degradada por mineração de caulim em Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, v. 32, p. 1081-1088, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000600013>

MIRANDA NETO, A. et al. Banco de sementes do solo e serapilheira acumulada em floresta restaurada. **Revista Árvore**, v. 38, p. 609-620, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000400004>

MIRANDA NETO, A. et al. Banco de sementes em mina de bauxita restaurada no Sudeste do Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2016. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.125414>

MIRANDA NETO, A. et al. Transposição do banco de sementes do solo como metodologia de restauração florestal de pastagem abandonada em Viçosa, MG. **Revista Árvore**, v. 34, p. 1035-1043, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000600009>

MIRANDA NETO, A.; MARTINS, S. V.; SILVA, K. A. Plantlet rescue in a soil seed bank to produce forest species seedlings. **Ecological Engineering**, v. 132, p. 94-101, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.04.002>

OLIVEIRA FILHO, A. T.; RATTER, J. A. Padrões florísticos das Matas ciliares da Região do Cerrado e a evolução das paisagens do Brasil Central durante o Quaternário Tardio. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Ed.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: EDUSP; FAPESP, 2009. p. 73-89. 2000. Disponível em: <https://bityli.com/EyDQk>

OLIVEIRA, T. J. F. de et al. Banco de sementes do solo para uso na recuperação de matas ciliares degradadas na região noroeste fluminense. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 206-217, 2018. <http://dx.doi.org/10.5902/1980509831653>

PINHEIRO, A.C. Restauração florestal mediante preparo do solo e aplicação de topsoil, em área degradada por pastagem. **Dissertação de Mestrado**. UFVJM. 2017. Disponível em: <http://bit.ly/2M8WghR>

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2021. Disponível em: <https://www.R-project.org/>

RODRIGUES, B. D.; MARTINS, S. V.; LEITE, H. G. Avaliação do potencial da transposição da serapilheira e do banco de sementes do solo para restauração florestal em áreas degradadas. **Revista Árvore**, v. 34, p. 65-73, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000100008>

RODRIGUES, R. R. et al. (Ed.). Pacto pela restauração da mata atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal. LERF; Piracicaba: ESALQ. 2009. Disponível em: <http://www.lerf.esalq.usp.br/divulgacao/produzidos/livros/pacto2009.pdf>

ROKICH, D. P. et al. Topsoil handling and storage effects on woodland restoration in Western Australia. **Restoration Ecology**, v. 8, n. 2, p. 196-208, 2000. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2000.80027.x>

ROSA, M. R. et al. Hidden destruction of older forests threatens Brazil's Atlantic Forest and challenges restoration programs. **Science advances**, v. 7, n. 4, p. eabc4547, 2021.

<https://doi.org/10.1126/sciadv.abc4547>

RUIZ-JAEN, M. C.; AIDE, M.T. Restoration success: how is it being measured?. **Restoration ecology**, v. 13, n. 3, p. 569-577, 2005.

<https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2005.00072.x>

SÁ JÚNIOR, A. et al. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 108, n. 1, p. 1-7, 2012.

<https://doi.org/10.1007/s00704-011-0507-8>

SCHORN, L. A. et al. Composição do banco de sementes no solo em áreas de preservação permanente sob diferentes tipos de cobertura. **Floresta**, v. 43, n. 1, p. 49-58, 2013.

<http://dx.doi.org/10.5380/RF.v43i1.21493>

SILVA, K.A. et al. Soil seed banks in a forest under restoration and in a reference ecosystem in Southeastern Brazil. **Floresta e Ambiente**, v. 26, 2019. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.004719>

SOLÓRZANO, A.; BRASIL, L. S. C. A.; OLIVEIRA, R. R. The Atlantic Forest Ecological History: From Pre-colonial Times to the Anthropocene. In: **The Atlantic Forest: history, biodiversity, threats and opportunities of the megadiverse forest**. Springer, Cham, 2021. p. 25-44. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-55322-7>

SUGANUMA, M. S.; DURIGAN, G. Indicators of restoration success in riparian tropical forests using multiple reference ecosystems. **Restoration Ecology**, v. 23, n. 3, p. 238-251, 2015. <https://doi.org/10.1111/rec.12168>

TOZER, M. G.; MACKENZIE, B.; SIMPSON, C. C. An application of plant functional types for predicting restoration outcomes. **Restoration Ecology**, v. 20, n. 6, p. 730-739, 2012.

<https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2011.00828.x>

VÉCRIN, M. P.; MULLER, S. Top-soil translocation as a technique in the re-creation of species-rich meadows. **Applied Vegetation Science**, v. 6, n. 2, p. 271-278, 2003.

<https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2003.tb00588.x>

VIEIRA, M. S.; OVERBECK, G. E. Small seed bank in grasslands and tree plantations in former grassland sites in the South Brazilian highlands. **Biotropica**, v. 52, n. 4, p. 775-782, 2020. <https://doi.org/10.1111/btp.12785>