

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

BANCO DE SEMENTES DE ÁREAS EM ESTÁGIO SECUNDÁRIO E AVANÇADO DE SUCESSÃO ECOLÓGICA

Jamilly de Assis Marques¹, William Macedo Delarmelina², Bruna Chaves Amaral¹, Jacyelli Sgranci Angelos¹, Mateus Zava Zucolotto¹, Maria Eduarda Marques da Conceição¹.

¹Universidade Federal do Espírito Santo – Campus Alegre, Alto Universitário, S/N - Guararema, 29500-000 - Alegre - ES, Brasil, jamillyam25@gmail.com, eng.brunachaves@gmail.com, jacysgranci@gmail.com, mzucolotto96@gmail.com, mariamarques.bio@gmail.com.

²Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Ibatiba, Av. 7 de Novembro, 40 - Centro, 29395-000, Ibatiba – ES, william.delarmelina@ifes.edu.br.

Resumo

O entendimento da composição do banco de sementes do solo oferece uma visão abrangente da dinâmica ecológica dos ecossistemas. Isso sustenta a conservação genética local e facilita a compreensão da regeneração natural em ambientes perturbados. O objetivo deste estudo foi examinar as composições do banco de sementes em áreas de recuperação natural, tanto em estágio secundário quanto avançado, a fim de identificar eventuais disparidades. Foram coletados o banco de sementes em duas áreas experimentais (ES e EA), na microrregião do Caparaó, ES, bioma Mata Atlântica. A avaliação do banco de sementes foi quantitativa (sementes germinadas e morfotipos) e incluiu índices de riqueza (DMg), diversidade (H') e equidade (J'). Foram observados 504 e 308 sementes germinadas em área de ES e EA, respectivamente e 79 morfotipos. A área em EA apresenta diferença estatisticamente significativa na riqueza de espécies em comparação com a área em ES. Não houve diferenças significativas na quantidade de sementes germinadas nos bancos das duas áreas. Ambas exibiram alta diversidade e heterogeneidade florística nos bancos de sementes.

Palavras-chave: Dinâmica ecológica. Riqueza. Diversidade. Equidade.

Área do Conhecimento: Engenharia Agrônômica - Engenharia Florestal

Introdução

A crescente preocupação ambiental traz metas tangíveis para o Brasil, como erradicação do desmatamento ilegal, expansão florestal por manejo e restauração de vegetações nativas degradadas (IPEA, 2018). Para atingir esses objetivos, é essencial criar condições propícias para a restauração e implementar métodos eficientes. A regeneração natural é um processo no qual os ecossistemas passam por estágios sucessivos ao longo do tempo, influenciados por fatores como mudanças climáticas, propriedades do solo, banco de sementes, proximidade de fragmentos florestais e outras características. Indicadores físicos, químicos e biológicos avaliam qualidade do solo e mudanças nos ecossistemas. Essas análises inferem sobre condições do solo e saúde do ecossistema, auxiliando no monitoramento e avaliação da imunidade natural (SANTOS; MAIA, 2013).

A chuva de sementes (sementes recém-dispersas no solo) e o banco de sementes (sementes depositadas no solo), são auxiliares no processo de sucessão ecológica, tanto em áreas preservadas quanto em áreas que sofreram intervenções antrópicas, como campos agrícolas e pastagens abandonadas (PEREIRA; ALVARENGA; BOTELHO, 2010). Sendo representado pelo depósito de quantidades elevadas de propágulos, o banco de sementes, se caracteriza pela sua riqueza de espécies, principalmente pioneiras, sendo que essas podem se encontrar muitas vezes em estado de dormência (SCHORN *et al.*, 2013).

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

A composição do banco de sementes é variável, dividindo-se em dois grupos: temporários e persistentes. Essa composição pode evoluir ao longo do tempo nas áreas em processo de regeneração (CHRISTOFFOLETI; CAETANO, 1998). Bancos de sementes temporários, se caracterizam por possuírem sementes de vida curta, não apresentando dormência e estando dispersos por curtos períodos, quanto aos bancos de sementes persistentes, se caracterizam pela presença de sementes com maior índice de dormência e reserva de sementes, geralmente enterradas no solo após anos (GARWOOD, 1989).

O banco de sementes do solo é um sistema em constante variação, continuamente enriquecido pela entrada de sementes através da chuva de propágulos. Sua relevância é marcante nos processos de regeneração natural, à medida que essas sementes, ao longo do tempo, germinam e assumem o papel de substituir árvores maduras que possam desaparecer da comunidade vegetal (ABREU, 2021). Examinar o banco de sementes presente no solo proporciona uma compreensão mais profunda da regeneração natural, evidenciando a capacidade de recuperação de uma específica comunidade em face de potenciais perturbações (CALEGARI *et al.*, 2013).

Conhecer a composição do banco de sementes do solo, possibilita uma visão abrangente da dinâmica ecológica dos ecossistemas, o que da base a conservação genética local, além de facilitar a compreensão do processo de regeneração natural em ambientes perturbados. O monitoramento de indicadores, incluindo o banco de sementes, é crucial para fornecer informações sobre espécies viáveis para germinação em situações de perturbações no ecossistema (ARAÚJO *et al.*, 2021). A ativação do banco de sementes no solo pode promover o aumento da biodiversidade do ecossistema, assegurando a autorrenovação das florestas (ALMEIDA, 2016).

Dessa forma o objetivo desse trabalho foi avaliar o banco de sementes de áreas em processo secundário e avançado de recuperação natural, com intuito de observar possíveis diferenças em suas composições.

Metodologia

O estudo foi realizado em duas áreas experimentais localizadas na microrregião do Caparaó, no estado do Espírito Santo, inseridas no bioma Mata Atlântica. Uma das áreas encontrava-se em estágio secundário de sucessão ecológica com menos de 30 anos (ES), enquanto a outra estava em estágio avançado com mais de 30 anos (EA).

A área experimental ES sofreu com cortes seletivos de madeira na década de 1990 e está localizada, entre as coordenadas UTM 249102, 7734767 e 249340, 7735175 (Datum: Sirgas 2000, zona 24S). O clima da região é subtropical úmido com verão quente (classificação climática de Köppen-Geiger "Cfa"), apresentando médias de temperatura abaixo de 18 °C nos meses mais frios e acima de 22 °C nos meses quentes (ALVARES *et al.*, 2013). A precipitação média anual é de 1.447 mm, a área varia em altitude de 450 a 1.300 metros. O solo das áreas amostrais é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd) (EMBRAPA, 2018).

A área experimental EA, encontrasse entre as coordenadas UTM 229779, 7759475 e 230162, 7759716, (Datum: Sirgas 2000, zona 24S). A cobertura vegetal é composta por resquícios da Mata Atlântica, devastada em função da implantação da lavoura cafeeira, sobretudo nas encostas, causando a degradação do solo (INCAPER, 2020). No entanto a área de estudo encontrava-se conservada. O clima também é subtropical úmido (classificação climática de Köppen-Geiger "Cwa"), com inverno seco e verão quente, também possui temperaturas médias abaixo de 18 °C nos meses mais frios e acima de 22 °C nos meses quentes (ALVARES *et al.*, 2013). A precipitação média do mês mais seco é inferior à 60 mm e a média anual é de 1.223 mm. O solo nessa área é classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (LVAd) (EMBRAPA, 2018).

Em julho de 2021, foram coletadas amostras dos bancos de sementes, retirando a serapilheira não decomposta da superfície do solo. Foram coletadas 10 amostras em cada área, totalizando 20 amostras, com coleta aleatória a uma distância de 6 a 8 metros entre elas. As coletas iniciaram a 10 metros das bordas das áreas para minimizar influências externas. Gabaritos de madeira (25 x 25 x 8 cm) (Figura 1) foram utilizados para padronizar a coleta do banco de sementes.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Figura 1 – Demonstração da utilização do gabarito de madeira (25 x 25 x 8 cm) para coleta de banco de sementes na camada superficial do solo com a remoção da serapilheira



Fonte: Autora

Após a coleta, o material foi identificado e embalado em sacos plásticos. Em seguida, foi levado ao Viveiro do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Campus Ibatiba, onde as amostras foram colocadas em bandejas de alumínio (25 x 16 x 4 cm) com fundo perfurado para drenagem. As bandejas foram mantidas em uma estrutura com sombreamento de 65% por meio de uma tela do tipo sombrite, recebendo três irrigações automáticas diárias. Também foram utilizadas bandejas com areia esterilizada como precaução contra possíveis contaminações externas.

A análise do banco de sementes envolveu cálculo de densidade (número de indivíduos por área), os índices de riqueza de Margalef (DMg) para avaliar a diversidade de espécies, a diversidade de Shannon (H') para medir a variedade biológica, e o índice de equabilidade de Pielou (J') para indicar a distribuição equitativa das espécies, seguindo a mesma metodologia de cálculo de Magurran (2013).

A análise estatística do banco de sementes envolveu o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis para comparar as médias de sementes germinadas e a riqueza de Margalef entre as duas áreas. Esse teste foi escolhido devido à ausência de uma distribuição normal nos dados e foi aplicado a um nível de significância de 5%.

Resultados

As observações do banco de sementes Observações do banco de sementes nas áreas avaliadas foram feitas de julho a novembro de 2020. Totalizaram 504 sementes germinadas na área em ES e 308 em EA. Foram identificados 79 morfotipos diferentes de sementes germinadas, distribuídos entre as áreas. Contudo, a identificação em nível específico das sementes germinadas não foi possível, por não apresentarem características morfológicas confiáveis para comparação com indivíduos adultos. As amostras de controle com areia, para detectar contaminações, não apresentaram sementes germinadas.

Por meio do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) (Tabela 1), foi constatado que não houve diferença estatisticamente significativa entre as áreas no que diz respeito ao número de sementes germinadas. Com relação à riqueza de espécies pelo índice de Margalef, a área em EA apresenta diferença estatística significativa para as médias comparada a área em ES.

Tabela 1 - Teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) do banco de sementes, das áreas experimentais em estágio secundário de sucessão (ES) e em estágio avançado de sucessão (EA)

Área experimental	Sementes germinadas	Riqueza de Margalef (DMg)
ES	50,4 b	1,75 b
EA	30,8 b	3,31 a

*Médias seguidas da mesma letra nas colunas, não possuem diferença entre si, de acordo com o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade de erro.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

A densidade de sementes, o índice de diversidade de Shannon e equabilidade e Pielou para as áreas estudadas, são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Densidade Absoluta (D_A), índice de diversidade de Shannon (H') e equidade de Pielou (J'), do banco de sementes, das áreas experimentais em estágio secundário de sucessão (ES) e em estágio avançado de sucessão (EA)

Área experimental	D_A (sementes.m ⁻²)	H'	J'
ES	806	2,42	0,67
EA	406	2,98	0,77

Discussão

Os resultados obtidos para a germinação das sementes neste estudo divergem dos encontrados por Gorsani (2019), onde o número total de sementes germinadas nas duas coletas do banco de sementes (estação seca e chuvosa) foi de 136, 291 e 321 sementes germinadas para, remanescente de Floresta Atlântica, que sofreu corte seletivo de madeira até a década de 1970; área ocupada por cafezais (CAF) até a década de 1960; e área ocupada por gramíneas (pastagem – PAS), para criação de bovinos até a década de 1970. Um número maior de sementes germinadas, em comparação com a área de estágio avançado (EA) avaliada neste estudo, foi relatado por Braga *et al.* (2008), no estudo realizado por eles, observou-se 508 indivíduos germinados em um fragmento florestal com aproximadamente 40 anos de proteção natural, após um corte raso da cobertura original para o plantio de culturas agrícolas. Os resultados obtidos por esses autores, no entanto são semelhantes aos encontrados para a área de estágio secundário (ES).

De acordo com Brumatti (2018), o banco de sementes do solo é predominantemente composto por espécies pioneiras de germinação rápida. Em áreas em estágio avançado de sucessão, é notável uma diversidade maior de espécies, principalmente espécies clímax, com maior período de dormência, as quais necessitam de condições favoráveis para emergir. Com isso é possível explicar o menor número de sementes germinadas e maior diversidade nas áreas de ES e EA, avaliadas nesse estudo. Percebemos que quanto mais avançada a regeneração e restauração das florestas, maior é o índice de riqueza das áreas, como pode ser comprovado por esse estudo, onde a riqueza da área em EA apresentou superioridade com relação a área em ES.

As flutuações na densidade de sementes em diferentes áreas podem estar associadas a vários fatores, tais como o histórico de perturbação, a origem dos propágulos e a influência da fauna dispersora (FRANCO *et al.*, 2012). Conforme indicado por Garwood (1989), a densidade do banco de sementes em florestas tropicais secundárias antigas varia entre 25 e 3.350 sementes por metro quadrado. Nas áreas analisadas neste estudo, os valores de densidade estão dentro dessa faixa. Valores superiores aos observados nesse estudo nas áreas de ES e EA, para densidade absoluta de sementes foram encontrados por Schorn *et al.* (2013), densidade de indivíduos.m⁻² de 2.846 (floresta nativa remanescente), 4.292 (extração recente de Pinus) e 2.125 (reflorestamento de Pinus) e Kunz e Martins (2016) em área de floresta em estágio avançado de regeneração (1.188 sementes.m⁻²), floresta em estágio intermediário (7.089 sementes.m⁻²).

A diversidade do banco de sementes, medida pelo índice de Shannon (H'), revelou-se significativa em ambas as áreas, com 2,42 para ES e 2,98 para EA. Uma variação semelhante na diversidade de Shannon foi identificada por Magnago *et al.* (2011), que documentou valores de 2,70 no estágio inicial, 2,88 no estágio intermediário e 2,96 no estágio avançado, respectivamente, em uma Área de Proteção Ambiental.

Quanto ao índice de equidade de Pielou (J'), os resultados demonstraram uma heterogeneidade florística e uma dominância ecológica relativamente baixa em todas as áreas examinadas, variando entre 0,64 e 0,77. Este índice de equidade, cuja variação ocorre no intervalo de [0,1], onde 1 representa a máxima diversidade, ou seja, todas as espécies são igualmente abundantes. Martins *et al.* (2021) também observaram heterogeneidade florística em uma área em processo de regeneração natural ($J' = 0,70$) e outra reflorestada por meio de plantio de mudas ($J' = 0,705$). Por outro lado, Schorn *et al.* (2013) constatou uma maior homogeneidade nas áreas estudadas, com valores de J' entre 0,90 e 0,93.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

Conclusão

Com base nos resultados expostos, podemos tirar a conclusão de que as áreas que atingiram estágios mais avançados de preservação e regeneração natural exibiram um índice de riqueza mais elevado. Isso sugere que a diversidade de espécies presentes no banco de sementes do solo é mais ampla em ambientes que tiveram mais tempo para se recuperar e evoluir em direção a uma condição mais próxima do ecossistema natural.

Neste estudo, as áreas avaliadas não apresentaram diferenças significativas na quantidade de sementes germinadas em seus bancos de sementes. Ambas as áreas exibiram alta diversidade no banco de sementes e heterogeneidade florística. A baixa dominância ecológica indicada pelos índices de equidade de Pielou (J') sugerem uma distribuição equitativa das espécies no banco de sementes, indicando um processo de regeneração saudável e bem distribuído. Isso contribui para o desenvolvimento de uma ampla variedade de espécies e uma comunidade mais equilibrada.

Em resumo, os resultados enfatizam a importância da preservação e regeneração natural na promoção da diversidade de espécies nos bancos de sementes do solo. Essa diversidade é um indicador crucial da saúde e resiliência dos ecossistemas, oferecendo insights essenciais para as estratégias de conservação e manejo da biodiversidade.

Referências

- ABREU, V. S. *et al.* The soil seed bank as an indicator of altitudinal gradient in a montane tropical forest. **Journal of Tropical Forest Science**, v. 33, n. 4, pa. 473-481, 2021.
- ALMEIDA, D. S. Recuperação ambiental da Mata Atlântica. **Scielo Editus - Editora da UESC**, ed. 3, 200p., 2016.
- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARAÚJO, E. A. A. *et al.* Densidade e composição do banco de sementes do solo em ecossistema sucessional de floresta na Amazônia Oriental, Brasil. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 6, 2021.
- 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, n.6, p.1089-1098, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000600014>. Acesso em: 06 jul. 2023.
- BRUMATTI, D. V. **Serapilheira, banco de sementes e fertilidade do solo na região do horto florestal de Ibatiba-ES**. 2018. 48f. Monografia (Especialização Programa de Pós-graduação Lato sensu em Educação Ambiental e Sustentabilidade) – Instituto Federal do Espírito Santo, Ibatiba, 2018.
- CALEGARI, L. *et al.* Avaliação do banco de sementes do solo para fins de restauração florestal em Carandaí, MG. **Revista Árvore**, v. 37, n. 5, p. 871-880, 2013.
- CHRISTOFFOLETI, P.J.; CAETANO, R.S.X. Soil seed banks. **Scientia Agricola**, v. 55, n. esp., p. 74-78, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-90161998000500013>. Acesso em: 07 jul. 2023.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Brasil. Sistema brasileiro de classificação dos solos. ed. 3, rev. e ampl. Brasília, DF, 2018.

A era digital e suas implicações sociais: Desafios e contribuições

FRANCO, B.K.S.; MARTINS, S. V.; FARIA, P. C. L.; G. A. R. 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, n.3, p.423-432, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000300004>. Acesso em: 07 jul. 2023.

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

GORSANI, R. G. **Chuva e banco de sementes em floresta estacional semidecidual com diferentes históricos de uso do solo**. 2019. 116f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, Jerônimo Monteiro, 2019.

INCAPER - INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. Espírito Santo. **Programa de assistência técnica e extensão rural: PROATER 2020-2023**. 2020.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Brasil. Agenda 2030. **ODS – Metas Nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Governo Federal, p. 373-408, 2018.

KUNZ, S. H.; MARTINS, S. V. Soil seed bank in seasonal semideciduous forest and abandoned pasture. **Revista Árvore**, v.40, n.6, p.991-1001, 2016. Disponível em: 10 jul. 2023.

MAGNAGO, L. F. S., *et al.* Variações estruturais e características edáficas em diferentes estádios sucessionais de floresta ciliar de Tabuleiro, ES. **Revista Árvore**, v.35, n.3, p.445-456, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000300008>. Acesso em: 10 jul. 2023.

MAGURRAN, A. E. Medindo a diversidade biológica. Curitiba: Editora da UFPR, 261 p., 2013.

MARTINS, S. V., *et al.* Soil Seed Banks in Two Environments of Forest Restoration Post Bauxite Mining: Native Tree Plantation and Natural Regeneration. **Research in Ecology**. v. 3, n. 1, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.30564/re.v3i1.2631>. Acesso em: 09 jul. 2023.

PEREIRA, I. M.; ALVARENGA, A. P.; BOTELHO, S. A. Banco de sementes do solo, como subsídio à recomposição de Mata Ciliar. **Floresta**, v. 40, n. 4, p. 721-730, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/ef.v40i4.20324>. Acesso em: 09 jul. 2023.

SANTOS, V. M.; MAIA, L. C. Bioindicadores de qualidade do solo. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 10, p.195-223, 2013.

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. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/ef.v43i1.21493>. Acesso em: 09 jul. 2023.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – Campus Ibatiba pelo suporte e estrutura.