

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18750647>

DINÂMICA ESPACIAL E ESTRUTURAL DE *Lacistema pubescens* Mart. EM FLORESTA SECUNDÁRIA NO NORDESTE PARAENSE

Leilson Willamis Nascimento da Silva^a; Jakson Hugo Silva Vilhena^a; Luiz Eduardo da Silva Barroso^a; Evandro Maia Neves^a; Amanda Peroti Marques de Azevedo^a; Luiz Fernandes Silva Dionisio^b; Gustavo Schwartz^c

^a Graduando(a) em Engenharia Florestal, Universidade do Estado do Pará, Programa XXX, Castanhal, Pará

^b Doutor em Ciências Florestais, Universidade do Estado do Pará, Departamento de Ciências Florestais, Castanhal, Pará

^c Doutor em Ecologia e Manejo Florestal, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, Pará

*Autor correspondente: leilson.silva@aluno.uepa.br

Eixo temático: Engenharia Florestal.

RESUMO

As florestas secundárias desempenham papel fundamental na recomposição da paisagem amazônica, sobretudo em regiões historicamente impactadas pelo uso agropecuário intensivo. *Lacistema pubescens* Mart., espécie de hábito secundário inicial, apresenta elevada plasticidade ecológica e capacidade de colonizar microsítios favoráveis, configurando-se como modelo para compreender a dinâmica de florestas em recuperação. Diante desse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar a distribuição espacial e a variação da área basal de *L. pubescens* em uma floresta secundária com 25 anos de sucessão natural no nordeste paraense, considerando dois levantamentos (2018 e 2024). O inventário contemplou todos os indivíduos com diâmetro à altura do peito (DAP ≥ 5 cm), distribuídos em uma parcela permanente de 1 hectare, processados em ambiente estatístico e submetidos a análises espaciais pela função K de Ripley e pela estimativa de densidade Kernel, além de análises estruturais via ANOVA e teste de Tukey. Os resultados revelaram padrão espacial agregado em curtas distâncias, associado à dispersão restrita de sementes e à colonização de microsítios favoráveis, comportamento típico de espécies pioneiras em florestas secundárias. Entre 2018 e 2024, houve incremento populacional de aproximadamente 29% (203 para 261 indivíduos), refletindo elevado potencial de recrutamento. A área basal média também apresentou aumento significativo, de 0,0089 para 0,0202 m² ha⁻¹, evidenciando que o crescimento diamétrico de indivíduos estabelecidos foi determinante para o avanço estrutural. A floresta secundária, mesmo originada de pastagem abandonada com alto grau de antropização, apresentou trajetória positiva de recuperação florestal, com incremento estrutural e recrutamento contínuo de *L. pubescens*. Contudo, a alta densidade de recrutas sugere competição intraespecífica intensa, o que poderá limitar o crescimento diamétrico futuro.

Palavras-chave: Sucessão secundária; Distribuição espacial; Área basal

1. INTRODUÇÃO

As florestas secundárias têm papel fundamental na recomposição da paisagem amazônica, especialmente em áreas historicamente marcadas pela agricultura extensiva e pelo corte raso. No Nordeste Paraense, esses ambientes configuram verdadeiros mosaicos de sucessão ecológica, onde a dinâmica das espécies arbóreas está intimamente ligada ao

histórico de uso do solo e às estratégias de restauração florestal adotadas (Schwartz & Lopes, 2017; Schaefer et al., 2022). A recuperação desses ecossistemas é um processo complexo, influenciado por interações entre fatores bióticos, abióticos e práticas de manejo, exigindo análises de longo prazo para uma compreensão mais precisa de seus resultados dentro de um escopo local.

Nesse cenário, *Lacistema pubescens* Mart. vulgarmente conhecida como janaúba destaca-se como uma espécie-chave da sucessão secundária. Apresenta hábito de secundária inicial, sendo reconhecida pela capacidade de colonizar clareiras e apresentar elevada plasticidade ecológica, o que lhe permite se estabelecer em diferentes estágios de regeneração (Carvalho, 2003). Tal característica sugere que intervenções silviculturais podem exercer forte influência sobre sua abundância relativa, modificando tanto a estrutura populacional quanto a trajetória sucessional das florestas secundárias.

A distribuição espacial das espécies arbóreas constitui um indicador essencial da dinâmica florestal. Padrões como agregação, aleatoriedade ou uniformidade refletem processos ecológicos relacionados à dispersão de sementes, à competição intra e interespecífica e aos efeitos de distúrbios naturais e antrópicos (Miron et al., 2021; Vieira et al., 2021). Para espécies secundárias tardias *L. pubescens*, é esperado um padrão agregado em pequenas escalas, associado à dispersão restrita de sementes e ao recrutamento em microambientes favoráveis, como clareiras e bordas (Vilhena, 2021). A análise desses padrões, quando combinada a métricas de crescimento como a área basal, fornece informações valiosas sobre a resiliência e a competitividade da espécie sob diferentes regimes de manejo.

Apesar de sua relevância ecológica, ainda são escassos os estudos que investigam de forma detalhada o comportamento de *L. pubescens* em florestas secundárias amazônicas. Nesse sentido, compreender sua resposta em termos de distribuição espacial e área basal em diferentes cenários temporais. Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a distribuição espacial e a dinâmica em área basal de *L. pubescens* em uma floresta secundária com 25 anos resultante de sucessão natural após uso agropecuário intensivo.

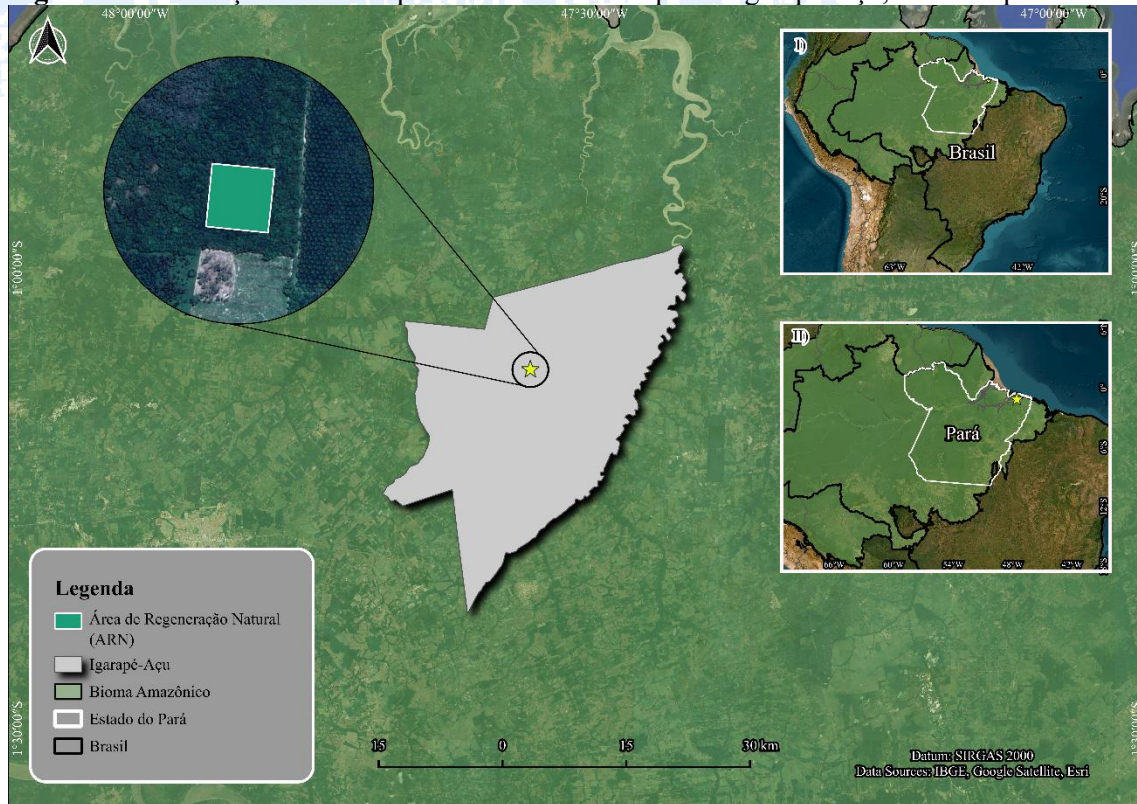
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado na Fazenda Fattoria Piave (01°06'27,52"S; 47°34'17,87"W), no município de Igarapé-Açu, nordeste do Pará. O município possui clima Am (Köppen), tropical úmido, com temperatura média anual de 25 °C, umidade relativa de 85% e precipitação média

de 2.350 mm. A paisagem é marcada pelo uso agropecuário itinerante, com queimadas e derrubadas, resultando em formações secundárias (capoeiras). A área possui cerca de 79 hectares que, após 40 anos de uso intensivo do solo, foi abandonada e iniciou o processo de sucessão natural (Figura 1). A área foi abandonada em 2020 e atualmente tem 25 anos de sucessão natural.

Figura 1. Localização da área experimental no município de Igarapé-Açu, nordeste paraense.



2.2 Delimitação da parcela

Em 2018 foi instalada uma parcela permanente de 1 ha (100×100 m), subdividida em 100 subparcelas de 10×10 m. A parcela foi monitorada em dois períodos (2018 e 2024), sem intervenção antrópica, permitindo acompanhar o processo de sucessão natural característico de florestas secundárias.

2.3 Coleta de dados

Foram utilizados dados vetoriais georreferenciados e atributos de campo. Foi realizado um censo (inventário 100%), nas 100 subparcelas para todos os indivíduos com diâmetro a altura do peito ($DAP \geq 5$ cm). Foi realizado duas medições (2018 e 2024), onde foi avaliado as variáveis: a) altura total, DAP e posteriormente área basal, número de indivíduos recrutas e mortos e as coordenadas geográficas de cada indivíduo. Cada indivíduo foi posicionado em

um grid cartesiano com origem no canto sudoeste da parcela (0,0), a partir de medições perpendiculares aos eixos de referência (coordenadas x, y).

A espécie *Lacistema pubescens* foi selecionada para análise detalhada em razão de (i) sua representatividade em área basal e (ii) sua ocorrência expressiva ao longo de toda a área do experimento.

2.4 Processamento

Os dados de inventário florestal foram processados no software R (R Core Team, 2025). Para a etapa estatística, foram utilizados os pacotes tidyverse (Wickham et al., 2019) para organização e manipulação dos dados, ExpDes (Ferreira et al., 2014) e o AgroR (Silva et al., 2020) para checagem de premissas e geração de gráficos. Foram testadas as suposições de normalidade dos resíduos (Shapiro–Wilk), homogeneidade de variâncias (Bartlett) e independência dos erros (Durbin–Watson). As análises espaciais foram conduzidas com o pacote spatstat (Baddeley et al., 2015), enquanto a visualização gráfica foi realizada por meio do ggplot2 (Wickham, 2016).

A área basal individual e às coordenadas métricas foram os parâmetros determinadores para a inclusão nos cálculos estatísticos e para a definição dos pontos no plano cartesiano das análises espaciais. Essa abordagem possibilitou integrar o comportamento estrutural (área basal) e o arranjo espacial da espécie em cada parcela nos dois levantamentos.

2.5 Análise de dados

O padrão espacial foi avaliado pela função K univariada de Ripley (Ripley, 1977), transformada em L(d), considerando incrementos de 1 m até um raio máximo de 30 m. O efeito de borda foi corrigido pelo método *border correction*, e a hipótese nula de aleatoriedade espacial completa (CSR) testada com 999 simulações (intervalo de confiança de 99,9%). Valores acima do envelope indicam agregação; abaixo, uniformidade; e dentro, padrão aleatório (Capretz et al., 2012; Wiegand & Moloney, 2013).

A estimativa de densidade Kernel foi aplicada com largura de banda ajustada à variabilidade dos pontos e resolução de 150×150 células, gerando superfícies contínuas de densidade relativa (indivíduos ha^{-1}) e identificando regiões de maior concentração da espécie (Silverman, 1986).

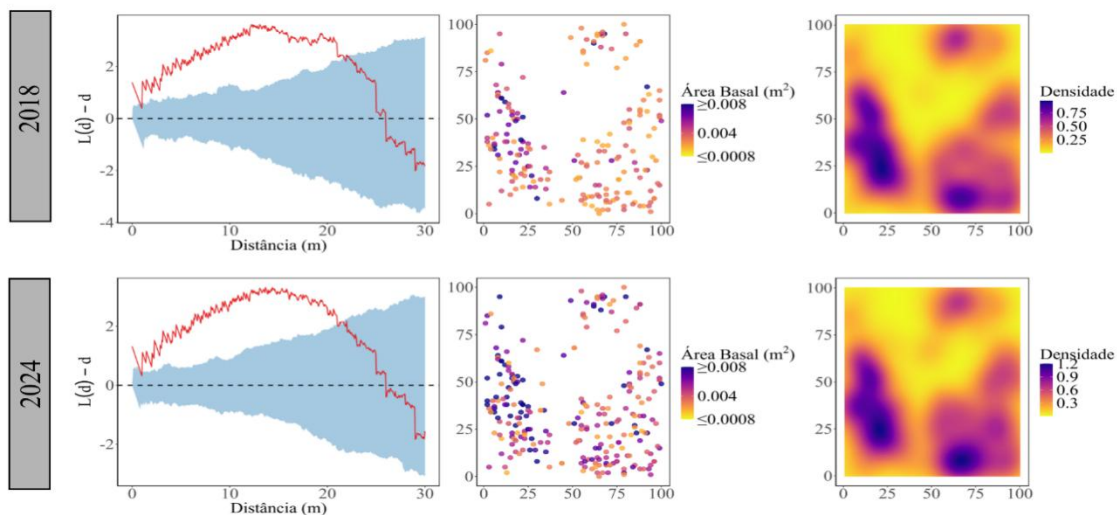
Para avaliar o efeito temporal sobre a área basal de *Lacistema pubescens* na área, aplicou-se uma ANOVA de um único fator. Embora as premissas não tenham sido atendidas ($p < 0,05$ em todos os testes), a ANOVA foi conduzida pela robustez do teste em amostras

grandes ($n > 200$), e os resultados foram interpretados com cautela. As médias entre anos foram comparadas por teste de Tukey a 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A função L de Ripley rejeitou a hipótese de Aleatoriedade Espacial Completa (CSR) até aproximadamente 22 m em ambos os inventários, indicando padrão agregado em curtas distâncias e aleatoriedade em escalas maiores (Figura 2).

Figura 2. Padrão espacial de *Lacistema pubescens* em 1 ha de floresta secundária com 25 anos de sucessão natural em dois períodos (2018 e 2024) no município de Igarapé-Açu, Pará. As linhas vermelhas demonstram o ajuste para a função K de Ripley transformada ($L(d)$). O envelope azul indica o nível de confiança de 99,9% para a hipótese de aleatoriedade espacial completa (CSR). O grid bidimensional representa a parcela de estudo, onde os indivíduos se encontram espacializados e ponderados pela sua área basal. Os mapas de densidade de kernel (árvores ha^{-1}) mostram a distribuição dos clusters na área.

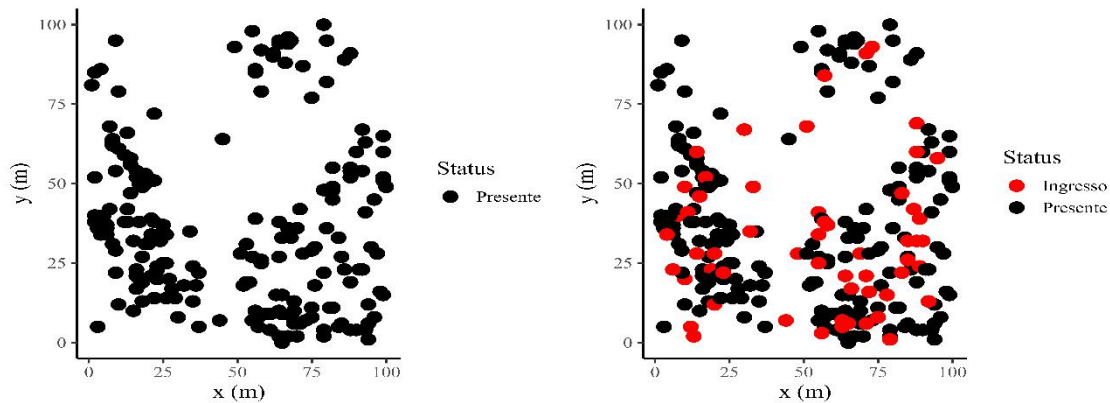


Esse arranjo é típico de florestas secundárias, em que a dispersão limitada de sementes e o estabelecimento em microsítios favoráveis promovem agregação local seguida de homogeneização espacial (Efrat & Shnerb, 2014; Wieland et al., 2011). No caso de *Lacistema pubescens*, espécie dominante na área, esse padrão agregado reflete seu comportamento ecológico: alta taxa de recrutamento e crescimento rápido em microsítios favoráveis contribuem para a concentração local de indivíduos, característica de espécies pioneiras em florestas secundárias, conforme observado em florestas secundárias jovens na Amazônia Oriental (Araújo et al., 2005).

Entre 2018 e 2024, foram registrados 58 ingressos, elevando a população de *L. pubescens* de 203 para 261 indivíduos, um aumento de ~29% (Figura 3). Esse recrutamento demonstra bom potencial regenerativo, mas não necessariamente se traduz em ganhos imediatos de biomassa, já que a maioria dos recrutas tende a ser de pequeno porte. A

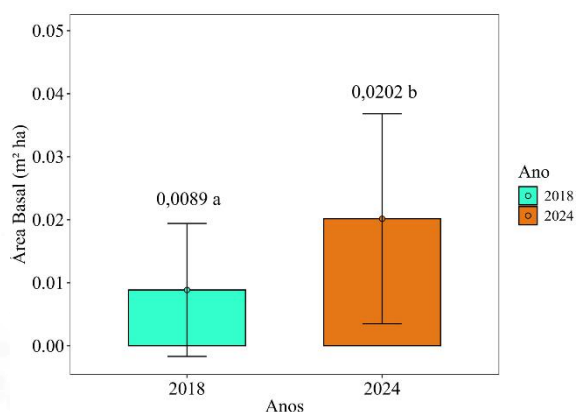
agregação inicial observada pode influenciar a competição intraespecífica, limitando o crescimento diamétrico de alguns indivíduos (Clark et al., 2019).

Figura 3. Cluster espacial de representação do número de indivíduos de *Lacistema pubescens* Mart. e seus respectivos ingressos em 1 ha de floresta secundária com 25 anos de sucessão natural entre 2018 e 2024 no município de Igarapé-Açu, Pará.



A análise de variância confirmou efeito significativo do ano sobre a área basal média ($F = 44,69$; $p < 0,001$). Os valores aumentaram significativamente de $0,0089 \pm 0,0105 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ em 2018 para $0,0202 \pm 0,0167 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ em 2024 (Figura 4). Esse incremento indica que, além do recrutamento, o crescimento diamétrico dos indivíduos estabelecidos foi determinante para o ganho estrutural, reforçando achados de que a recuperação sucessional em florestas tropicais depende mais do crescimento de árvores sobreviventes do que da densidade de plântulas (Rozendaal & Chazdon, 2015; Amaral et al., 2019).

Figura 4. Comparação da área basal média ($\text{m}^2 \text{ ha}^{-1}$) entre os anos de 2018 e 2024. Os valores apresentados indicam média. Letras diferentes sobre as barras indicam diferença estatística significativa entre os anos ($p < 0,05$).



Os resultados evidenciaram que a área em processo de sucessão secundária, mesmo oriunda de pastagem abandonada, apresenta trajetória positiva de restauração estrutural,

conciliando incremento de área basal e ingresso de novos indivíduos. A presença predominante de *L. pubescens* contribui para o padrão espacial observado e para a dinâmica de sucessão inicial. No entanto, a alta densidade de recrutas sugere forte competição intraespecífica, o que pode limitar o crescimento diamétrico futuro e demandar maior tempo até que o estoque de biomassa se equipare a florestas maduras.

4. CONCLUSÃO

A *Lacistema pubescens* exerce papel central na dinâmica estrutural e espacial de florestas secundárias no nordeste paraense. *L. pubescens* apresentou distribuição agregado nos dois períodos avaliados, o que reforça sua importância na ocupação inicial, mas também aponta para desafios relacionados à competição intraespecífica em médio e longo prazo.

5. REFERÊNCIAS

- Amaral, D. D., Vieira, I. C. G., Salomão, R. P., & Almeida, S. S. (2019). Tree species diversity and forest structure in successional and old-growth forests in eastern Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 433, 332–342. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.11.028>
- Araújo, M. M., Oliveira, F. A., Paula, A., & Silva, A. F. (2005). Estrutura de comunidades arbóreas em fragmentos florestais de diferentes estágios sucessionais na Amazônia Oriental. *Acta Amazonica*, 35(4), 413–422. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672005000400005>
- Baddeley, A., Rubak, E., & Turner, R. (2015). *Spatial point patterns: Methodology and applications with R*. Chapman & Hall/CRC Press.
- Capretz, R. L., Batista, J. L. F., & Ivanauskas, N. M. (2012). Padrões espaciais em florestas tropicais. *Revista Árvore*, 36(2), 389–401. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000200019>
- Carvalho, P. E. R. (2003). *Espécies arbóreas brasileiras*. Embrapa Florestas.
- Clark, J. S., Bell, D. M., Kwit, M. C., & Zhu, K. (2019). Competition-interaction effects and the distribution of tree sizes and recruitment in forests. *Proceedings of the Royal Society B*, 286(1907), 20191965. <https://doi.org/10.1098/rspb.2019.1965>
- Ferreira, E. B., Cavalcanti, P. P., & Nogueira, D. A. (2014). *ExpDes: Experimental Designs package* (Versão 1.1.2) [Pacote R]. Universidade Federal de Lavras. <https://cran.r-project.org/package=ExpDes>
- Ripley, B. D. (1977). Modelling spatial patterns. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 39(2), 172–212.
- Rozendaal, D. M. A., & Chazdon, R. L. (2015). Demographic drivers of tree biomass change during secondary succession in northeastern Costa Rica. *Ecological Applications*, 25(2), 506–516. <https://doi.org/10.1890/14-0054.1>
- Schaefer, S. M., Schwartz, G., Silva, A. R., Lunz, A. M., Souza, F. I. B., Santiago, A. V., Ferreira, F. N., Soares, M. H. M., & Falesi, I. C. (2022). *Monitoramento da restauração florestal e do manejo de floresta secundária em propriedade rural do Nordeste Paraense* (Documentos / Embrapa Amazônia Oriental, 478). Embrapa Amazônia Oriental. <https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/publicacoes>

- 4210 Schwartz, G., & Lopes, J. C. (2017). Florestas secundárias na Amazônia: Dinâmica e importância
4211 ecológica. In V. H. C. Pereira & I. C. G. Vieira (Orgs.), *Ecologia de florestas secundárias da*
4212 *Amazônia* (pp. xx–xx). MPEG.
- 4213 Silva, A. R., Malafaia, G., & Lima, R. A. (2020). AgroR: Pacote para análise estatística em
4214 experimentos agrícolas. *Revista Agrogeoambiental*, 12(4), 61–76. [https://doi.org/10.18406/2316-](https://doi.org/10.18406/2316-1817v12n420201406)
4215 [1817v12n420201406](https://doi.org/10.18406/2316-1817v12n420201406)
- 4216 Silverman, B. W. (1986). *Density estimation for statistics and data analysis*. Chapman and Hall.
- 4217 Vieira, D. S., Oliveira, M. L. R., Gama, J. R. V., Figueiredo, A. E. S., & Lafetá, B. O. (2021).
4218 Estrutura diamétrica e distribuição espacial de *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd. no oeste do estado do
4219 Pará, Brasil. *Scientia Forestalis*, 49(131), e3626. <https://doi.org/10.18671/scifor.v49n131.11>
- 4220 Vilhena, J. A. (2021). *O manejo nas florestas tropicais na Amazônia Oriental influencia na*
4221 *recuperação e comportamento espacial de espécies florestais a longo prazo?* [Dissertação de mestrado,
4222 Universidade de São Paulo]. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.
- 4223 Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Springer.
- 4224 Wickham, H., Averick, M., Bryan, J., Chang, W., McGowan, L., François, R., ... Yutani, H. (2019).
4225 Welcome to the tidyverse. *Journal of Open Source Software*, 4(43), 1686.
4226 <https://doi.org/10.21105/joss.01686>
- 4227 Wiegand, T., & Moloney, K. A. (2013). *Handbook of spatial point-pattern analysis in ecology*.
4228 Chapman & Hall/CRC Press.
- 4229 Wieland, L. M., Mesquita, R. C. G., Bobrowiec, P. E. D., Bentos, T. V., & Williamson, G. B. (2011).
4230 Seed rain and advance regeneration in secondary succession in the Brazilian Amazon. *Tropical*
4231 *Conservation Science*, 4(3), 300–316. <https://doi.org/10.1177/194008291100400306>
- 4232
- 4233
- 4234