



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA



Dissertação de Mestrado

Crescimento de árvores em Florestas com Araucária e suas relações com atributos em nível individual e de espécies

ANDREI LUIZ NOWTZKI

Porto Alegre, dezembro de 2023

CIP - Catalogação na Publicação

Nowtzki, Andrei Luiz
Crescimento de árvores em Florestas com Araucária e suas
relações com atributos em nível individual e de espécies / Andrei
Luiz Nowtzki. -- 2023.
50 f.

Orientadora: Sandra Cristina Muller.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande
do Sul, Instituto de Biociências, Programa de Pós-Graduação em
Ecologia, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Taxas de crescimento. 2. Atributos funcionais.
3. Área de copa. 4. Cintas dendrométricas. 5. Florestas
subtropicais. I. Muller, Sandra Cristina, orient.

Crescimento de árvores em Florestas com Araucária e suas relações com atributos em nível individual e de espécies

Andrei Luiz Nowtzki

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientadora: Prof. Dra. Sandra Cristina Müller

Coorientador: Prof. Dr. Rodrigo S. Bergamin

Comissão Examinadora:

Dr. João André Jarenkow

Dr. Guilherme Dubal dos Santos Seger

Dr. Juliano Morales de Oliveira

Porto Alegre, dezembro de 2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente e imensamente aos meus pais, Marcos e Silvia que estiveram comigo me apoiando desde o início da faculdade, se mudando para praia depois no mestrado voltando para Porto Alegre, obrigado por tudo sempre, vocês sempre serão a minha base pra vida! Eu amo vocês!

Ao meu irmão Andriel que é meu parceiro de vida desde sempre, sempre presente nos melhores e piores momentos, aquele cara que aprendeu o vocabulário da biologia e saiu reproduzindo para os seus amigos, o cara que pesca desde sempre com a “Geraldona” e aprende junto comigo o nome dos outros, o cara que vai ser sempre o meu reserva em qualquer esporte, a minha irmã Antônia, que chegou há pouco tempo, e me fez mudar tanto, amadurecer, crescer e amar.

A minha tia Suliane, que sempre foi um espelho pra mim, sempre me apoiando em todas as decisões, a que eu me espelho em pensamento político e sociológico. As minhas avós, Dionete e Josefa que sempre estiveram comigo e fizeram muita diferença com todo o amor e carinho que me deram ao meu avô Jair que foi onipresente em todos os âmbitos e a todos os meus familiares que sempre se orgulharam de mim e pela escolha de área que fiz. Amo vocês!

Aos membros da banca João André Jarenkow, Guilherme Dubal dos Santos Seger, Juliano Morales de Oliveira, que foram parceiros durante toda realização deste trabalho e também na banca de acompanhamento, exemplos de profissionais, todas as tardes de conversas serviram muito pra vida.

Ao Bergamin e Sandra que me ajudaram imensamente e foram as pessoas que me apoiaram e foram fundamentais na elaboração deste trabalho, todas as conversas e ideias trocadas, hipóteses, justificativas, obrigado pela orientação e por todo apoio.

A todos os meus colegas e professores de faculdade/mestrado que me proporcionaram momentos únicos durante a graduação, saídas de campo, confraternizações. Aos colegas de Leveg que sem eles não ia rolar né? Jean, Pedro, Kauane, Joice, Maria, Rodrigo, Davi, Rayanna. Gostaria de agradecer também aos meus amigos que iniciaram e permaneceram ao meu lado e que espero poder continuar essa amizade que construímos e que faço questão de citar os nomes: Ewelyn, Nina, Julia, Maicon, Luciano, Henrique, Guilherme, Thamara, um grupo seletto eu diria, amo vocês, de verdade. Aos amigos que fiz no mestrado que quero levar pra vida comigo, o grupo do javagrungers, Maria, Gabriel, Duda, Zimmer, Sarah, Camana e Sabrina.

Agradecer aos financiadores de pesquisa e a CAPES pela bolsa de mestrado.

Resumo

A Floresta com Araucária é uma floresta subtropical úmida de altitude, caracterizada pela heterogeneidade de elementos de floras tanto de origem temperada quanto tropical. Os atributos funcionais das espécies existentes nas florestas impactam diretamente a taxa de crescimento, de reprodução e de sobrevivência dos indivíduos. Nesse sentido, o presente estudo tem como objetivo analisar os efeitos dos atributos funcionais sobre as taxas de crescimento individual e de espécies de árvores em Florestas com Araucária. Para tanto, o crescimento de árvores foi monitorado em nove áreas florestais, no sul do Brasil, entre os anos de 2018 à 2022, através de cintas dendrométricas. Ao todo, foram mensurados 300 indivíduos pertencentes a 17 espécies de 10 famílias botânicas. Foram examinadas as relações entre a taxa de crescimento em área basal dos indivíduos e espécies com atributos funcionais. Utilizamos modelos lineares para relacionar as taxas de crescimento médio das espécies com características funcionais, sendo elas: área foliar específica (SLA, $\text{cm}^2.\text{g}^{-1}$), teor de matéria seca foliar (LDMC, mg.g^{-1}), área foliar (LA, cm^2) e densidade da madeira (WD, g/cm^3). Em nível individual, utilizamos modelos lineares mistos para avaliar o efeito dos atributos funcionais e estruturais (altura total, área de copa, volume de copa e diâmetro inicial) sobre as taxas de crescimento, utilizando as espécies como efeito aleatório. Primeiramente identificamos que LA foi o único atributo funcional específico importante na determinação do crescimento, onde espécies com menor LA crescem mais na região de estudo. Além disso, foi identificado que indivíduos arbóreos com maior porte (maior diâmetro) e com áreas de copa maiores têm maior crescimento. Evidenciamos que espécies com estratégia mais conservativa (menor LA), mas com maior copa têm melhor desempenho em ambientes de Floresta com Araucária, independente da sua identidade taxonômica. A inclusão dos atributos estruturais, mensurados em nível individual, ampliaram consideravelmente a capacidade de compreensão da variação em crescimento das árvores nas comunidades florestais avaliadas. Assim, destaca-se a importância de observar e quantificar características em nível individual para avaliar fatores de influência no crescimento das espécies e dinâmica florestal.

Palavras-chave: Taxas de crescimento, Área de copa; Cintas dendrométricas; Atributos funcionais; Florestas subtropicais.

Abstract

The Araucaria Forest is a subtropical moist forest at high altitudes, known for its mix of flora elements from both temperate and tropical origins. The functional traits of the forest species directly impact individual growth rates, reproduction, and survival. This study aims to analyze the effects of functional traits on individual and tree species growth rates within Araucaria Forest communities. Tree growth was monitored in nine forest areas in southern Brazil from 2018 to 2022 using dendrometric bands. In total, 300 individuals from 17 species spanning ten botanical families were measured. Relationships between the basal area growth rates of individuals and species and their functional attributes were examined. We used linear models to relate average species growth rates to functional traits: SLA (specific leaf area, $\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$), LDMC (leaf dry matter content, $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$), LA (leaf area, cm^2), and WD (wood density, $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$). At the individual level, mixed linear models were used to evaluate the effect of functional and structural attributes (total tree height, crown area, crown volume, and initial stem diameter) on growth rates, considering the species identity as a random effect. Initially, we found that LA was the only species functional trait significantly linked to growth, indicating that species with smaller LA tend to grow more in this region. Furthermore, larger-sized tree individuals (with larger stem diameters) and larger crown areas showed higher growth rates. We highlighted that species with a more conservative strategy (smaller LA), but larger crowns perform better in Araucaria Forest environments, regardless of their taxonomic identity. Including individual-level structural traits significantly enhanced our understanding of tree growth variation in the evaluated forest communities. Thus, observing and quantifying individual characteristics are crucial to assessing factors influencing species growth and forest dynamics.

Keywords: Growth rates; Canopy area; Dendrometric bands; Functional trait; Subtropical forests.

Sumário

INTRODUÇÃO GERAL	8
REFERÊNCIAS	10
CAPITULO 1	12
Predizendo o crescimento de árvores em Florestas com Araucária a partir de atributos em nível individual e específico	13
MATERIAL E MÉTODOS	17
Área de estudo	17
Dados de crescimento	18
Atributos funcionais em nível das espécies	21
Atributos funcionais em nível individual	22
Análise de dados	23
RESULTADOS	24
DISCUSSÃO.....	28
CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
REFERÊNCIAS	32
MATERIAL SUPLEMENTAR	38
Apêndice 1.....	38
Apêndice 2.....	39
Apêndice 3.....	40
Apêndice 4.....	41
Apêndice 5.....	49
Apêndice 6.....	50

INTRODUÇÃO GERAL

As florestas fornecem muitos serviços ecossistêmicos, dentre eles a ciclagem de nutrientes e estoques de água e carbono. As florestas armazenam aproximadamente 45% do carbono encontrado nos ecossistemas terrestres e sequestram cerca de 25% das emissões anuais de carbono antrópico (BONAN, 2016). O cenário global das emissões de carbono vem sendo amplamente discutido pela sua importância na regulação do clima e funcionamento ecossistêmico, porém ainda há incertezas a respeito da variação na dinâmica do carbono (C) nas florestas, considerando seu potencial em atuar como sumidouro ou fonte dada a magnitude do aumento do C atmosférico nos últimos tempos (PAN, 2011).

Incertezas estas, como por exemplo, a termorregulação das florestas onde temperaturas muito baixas/altas e déficits hídricos são desafios para as plantas, fazendo com que apenas espécies com estratégias de compensação ecológicas sejam capazes de tolerá-los. Para resistir ao estresse causado pela mudança no clima, as plantas devem ter atributos funcionais específicos que podem auxiliar na sua adaptação. (DING *et al.*, 2019)

Dito isto, as florestas da região tropical (como a floresta amazônica) são marcadas por uma alta diversidade de espécies, enquanto que a floresta atlântica (tanto na porção tropical quanto subtropical) é marcada pelo endemismo de espécies, conferindo-lhe a caracterização de *hotspot* (MYERS *et al.* 2000). Pesquisas recentes têm se dedicado a investigar as relações entre variáveis bióticas e abióticas que influenciam os processos demográficos, oferecendo *insights* significativos sobre os principais fatores que moldam a dinâmica da biomassa nessa região (FINEGAN *et al.* 2015; POORTER *et al.* 2015; POORTER *et al.* 2017).

Entretanto, quando nos voltamos para as florestas da região subtropical, notamos que a compreensão de sua dinâmica ainda é incipiente. A região sul do Brasil emerge como um local promissor para a realização de estudos nesse contexto, isso ocorre porque as características da região tropical e da subtropical apresentam notáveis diferenças em termos de clima, como, por exemplo, o filtro climático resultante das baixas temperaturas na região subtropical (BORDIN *et al.* 2021). Além disso, existem variações nas condições médias e sazonais, bem como na diversidade e composição de espécies entre essas duas regiões. Embora a região tropical seja caracterizada por temperaturas e precipitações mais elevadas, podendo apresentar regiões com sazonalidade em relação à precipitação, a região sul exibe um clima mais sazonal em relação à temperatura. Essas distinções climáticas e ecológicas tornam a região sul do Brasil um local estratégico para estudos que desvendem os processos demográficos em florestas subtropicais.

Alguns destes processos são mediados através dos atributos funcionais, no qual a variabilidade dentro de uma mesma espécie pode ser influenciada por diferentes fatores. Um deles é a plasticidade fenotípica, que ocorre quando os indivíduos dessa espécie podem ajustar suas

características em resposta a variações em fatores abióticos, como a disponibilidade de luz ou água (VIOLLE *et al.*, 2012). Além disso, a presença de indivíduos vizinhos, independentemente da espécie a que pertencem, também desempenha um papel importante nessa variabilidade (ABAKUMOVA *et al.*, 2016).

As interações locais com os vizinhos próximos podem exercer pressões seletivas sobre os atributos funcionais das plantas. Isso significa que, dependendo das características dos indivíduos vizinhos, as plantas podem precisar ajustar seus atributos funcionais para competir de maneira eficaz por recursos, como luz e água. Espécies com menor capacidade de se adaptar a essas interações locais podem enfrentar um comprometimento em seu desempenho, já que podem não ser tão competitivas em relação às espécies vizinhas que são mais capazes de ajustar seus atributos funcionais de acordo com o ambiente circundante (URIARTE *et al.*, 2016).

Nesse contexto, estudos de longo prazo que investigam o crescimento em comunidades de árvores são essenciais para compreender como as características intrínsecas individuais influenciam as espécies e as respostas apresentadas por elas sob diversas condições (POORTER *et al.* 2015). Antecipa-se que os principais impulsionadores da dinâmica de crescimento em florestas subtropicais estejam intimamente relacionados às características arquitetônicas e aos atributos funcionais das espécies (POORTER, 2008; SHIPLEY *et al.* 2016).

A configuração e evolução das comunidades resultam das distintas taxas demográficas por meio dos processos de montagem em escalas que abrangem tanto o nível individual quanto o populacional (Figura 1). Assim, a identificação dos determinantes das taxas demográficas nos auxilia a compreender os processos de montagem e as origens da dinâmica e da estrutura da comunidade.

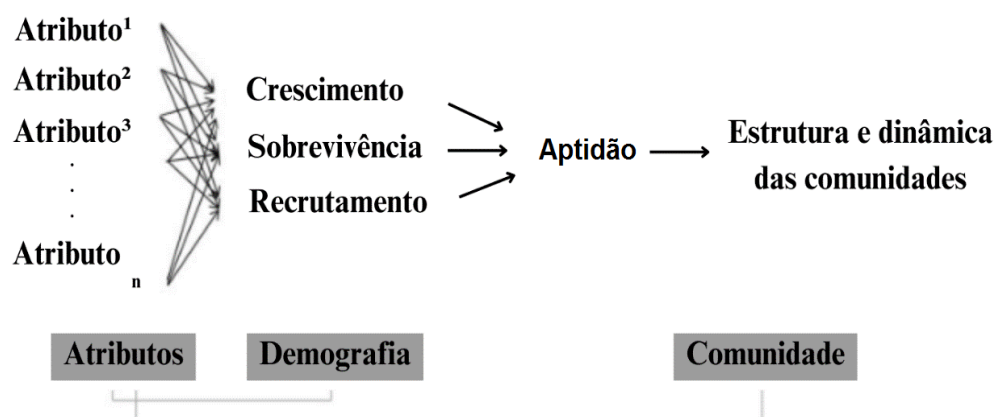


FIGURA 1 - Um diagrama conceitual de atributos, demografia e ligações de montagem. Os atributos influenciam a demografia ou o desempenho demográfico (ou seja, crescimento, sobrevivência e recrutamento), a demografia afeta a aptidão e, em última instância, eles determinam a estrutura e a dinâmica das comunidades por meio de processos de montagem. Este diagrama é adaptado a partir do modelo de Iida (2019).

O presente estudo aborda a dinâmica de uma floresta subtropical em um intervalo de 5 anos entre os levantamentos de árvores. Dados de séries temporais como esses são ainda escassos, especialmente na região sul do Brasil e em regiões subtropicais em geral. Pensando nisto, avaliar essas informações é altamente promissor, considerando as valiosas respostas que podem fornecer sobre a dinâmica dos processos demográficos em comunidades florestais. Compreender os mecanismos subjacentes a esses processos demográficos é de importância fundamental para avançar nosso conhecimento teórico sobre como as comunidades biológicas se estruturam e se organizam. Além disso, esses estudos fornecem *insights* valiosos que podem ser usados para prever e gerenciar as respostas das comunidades diante das perspectivas futuras de crescimento das florestas, bem como em face de desafios ambientais, como as mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

- Abakumova, M., et al. (2016) Plasticity in plant functional traits is shaped by variability in neighbourhood species composition. **The New phytologist** 211:455–463
- Bonan, G. B. (2008). Forests and climate change: forcings, feedbacks, and the climate benefits of forests. **science**, 320(5882), 1444-1449.
- Ding, Y., Shi, Y. and Yang, S. (2019), Advances and challenges in uncovering cold tolerance regulatory mechanisms in plants. **New Phytol**, 222: 1690-1704. <https://doi.org/10.1111/nph.15696>
- Finegan, B., Peña-Claros, M., Oliveira, A. De, Ascarrunz, N., Casanoves, F., Bret-Harte, M.S., Carre, G., Velepucha, P.E., Fernandez, F., Licona, J.C., Lorenzo, L., Negret, B.S., Vaz, M., & Poorter, L. 2015. Does functional trait diversity predict above-ground biomass and productivity of tropical forests? Testing three alternative hypotheses. **Journal of Ecology**. doi: 10.1111/1365-2745.12346
- Myers, N., Mittermeier, R.A., Mittermeier, C.G., da Fonseca, G.A.B., & Kent, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** 403: 853–858.
- Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A. & Hayes, D. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. **Science**, 333(6045), 988-993
- Poorter, L., Wright, S. J., Paz, H., Ackerly, D. D., Condit, R., Ibarra-Manríquez, G., & Wright, I.J. Are functional traits good predictors of demographic rates? Evidence from five neotropical forests. **Ecology**, 89(7), 1908-1920, 2008.
- Poorter, L., van der Sande, M.T., Arets, E.J.M.M., Ascarrunz, N., Enquist, B., Finegan, B., Licona, J.C., Martínez-Ramos, M., Mazzei, L., Meave, J.A., Muñoz, R., Nytch, C.J., de Oliveira, A.A., Pérez-García, E.A., Prado-Junior, J., Rodríguez-Velázquez, J., Ruschel, A.R., Salgado-Negret, B., Schiavini, I., Swenson, N.G., Tenorio, E.A., Thompson, J., Toledo, M., Uriarte, M., Hout, P. van

- der, Zimmerman, J.K., & Peña-Claros, M. 2017. Biodiversity and climate determine the functioning of Neotropical forests. **Global Ecology and Biogeography** 26: 1423–1434.
- Poorter, L., van der Sande, M.T., Thompson, J., Arets, E.J.M.M., Alarcón, A., Álvarez-Sánchez, J., Ascarrunz, N., Balvanera, P., Barajas-Guzmán, G., Boit, A., Bongers, F., Carvalho, F.A., Casanoves, F., Cornejo-Tenorio, G., Costa, F.R.C., de Castilho, C. V., Duivenvoorden, J.F., Dutrieux, L.P., Enquist, B.J., Fernández-Méndez, F., Finegan, B., Gormley, L.H.L., Healey, J.R., Hoosbeek, M.R., Ibarra-Manríquez, G., Junqueira, A.B., Levis, C., Licona, J.C., Lisboa, L.S., Magnusson, W.E., Martínez-Ramos, M., Martínez- Yrizar, A., Martorano, L.G., Maskell, L.C., Mazzei, L., Meave, J.A., Mora, F., Muñoz, R., Nytch, C., Pansonato, M.P., Parr, T.W., Paz, H., Pérez-García, E.A., Rentería, L.Y., Rodríguez-Velazquez, J., Rozendaal, D.M.A., Ruschel, A.R., Sakschewski, B., Salgado- Negret, B., Schiatti, J., Simões, M., Sinclair, F.L., Souza, P.F., Souza, F.C., Stropp, J., ter Steege, H., Swenson, N.G., Thonicke, K., Toledo, M., Uriarte, M., van der Hout, P., Walker, P., Zamora, N., & Peña-Claros, M. 2015. Diversity enhances carbon storage in tropical forests. **Global Ecology and Biogeography** 24: 1314–1328.
- Shipley, B., De Bello, F., Cornelissen, J. H. C., Laliberté, E., Laughlin, D. C., & Reich, P. B. Reinforcing loose foundation stones in trait-based plant ecology. **Oecologia**, 180(4), 923-931. 2016.
- Violle, C., et al. (2012) The return of the variance: Intraspecific variability in community ecology. **Trends in Ecology and Evolution** 27:244–252.

CAPITULO 1

Predizendo o crescimento de árvores em Florestas com Araucária a partir de atributos em nível individual e de espécies

Monitoramentos de longo prazo em ecossistemas florestais oferecem uma abordagem valiosa para avaliar como as características das plantas estão interligadas com seu crescimento ao longo do tempo. Embora esses estudos muitas vezes se concentrem em um conjunto limitado de variáveis, eles fornecem informações essenciais para modelar as respostas a longo prazo das comunidades vegetais (ESTIARTE *et al.*, 2016). As comunidades são assembleias de espécies moldadas tanto por fatores bióticos, como competição e facilitação, quanto por fatores abióticos, como temperatura, precipitação e recursos. Considerando isso, é razoável antecipar que haverá variações na composição e abundância de espécies das comunidades, uma vez que as condições ambientais e a disponibilidade de recursos (como as propriedades do solo, os estoques de nutrientes e a disponibilidade de água) variam ao longo tempo e espaço, influenciando diretamente o estabelecimento e desenvolvimento das espécies. Essas variações acabam se refletindo em alterações nos atributos das espécies e processos ecológicos dos ecossistemas (ESTIARTE *et al.*, 2016; MCGILL *et al.*, 2007). No entanto, para aprimorar nossa compreensão sobre a dinâmica e funcionamento dos ecossistemas, é crucial compreender como as características e a fisiologia das plantas se relacionam com a demografia das espécies (FYLLAS *et al.*, 2014; FISHER *et al.*, 2015; FYLLAS *et al.*, 2017), pois essas relações são fundamentais na pesquisa de modelos de vegetação, a fim de buscar padrões que expliquem as variações ambientais e ecológicas.

Espécies abundantes, por exemplo, podem apresentar características que facilitam sua dispersão e a competição por recursos escassos (MCGILL *et al.*, 2007; KLIPEL *et al.*, 2021). Naturalmente, o crescimento das árvores é influenciado não apenas pelas características intrínsecas da espécie, mas também pelas interações do indivíduo em si com o ambiente, incluindo variações de temperatura e precipitação (HARVEY *et al.*, 2019) ou mesmo com variações locais em termos de recursos e vizinhança (URIARTE *et al.*, 2016). A influência do clima sobre o crescimento das árvores é considerada de extrema importância e é um tópico amplamente estudado (FRITTS, 1976; ESQUIVEL-MUELBERT, 2018). Com frequência, estes estudos utilizam informações individuais extraídas de parcelas florestais permanentes, de censos repetidos ao longo do tempo, tais como crescimento, recrutamento e mortalidade (MOONLIGHT *et al.*, 2020), e as relacionam com fatores ambientais locais e estratégias ou atributos funcionais das plantas

(por ex., OLIVEIRA *et al.* 2020, GUILLEMONT *et al.* 2022, COSTA *et al.* 2023). Atributos funcionais de plantas são definidos como características morfológicas, fisiológicas ou fenológicas que afetam o desempenho de indivíduos (VIOLLE *et al.* 2007). Atributos que correspondem às características definidas pela arquitetura do indivíduo arbóreo também podem ser considerados funcionais, como por exemplo altura e tamanho de copa, entretanto amplamente descritos como atributos funcionais são as características foliares, de regeneração (sementes e frutos), caule e madeira. (PEREZ-HARGUINDEGUY *et al.* 2013). Esses atributos impactam o desempenho dos indivíduos e afetam as taxas de crescimento, reprodução e sobrevivência (POORTER 2008, SHIPLEY *et al.* 2016) e, conseqüentemente, atributos funcionais tem efeito sobre a estrutura e organização das comunidades (por ex., dominância das espécies) e sobre o funcionamento dos ecossistemas (por ex., produtividade) (VIOLLE *et al.* 2007).

Os valores ou o estado dos atributos, porém, podem variar conforme as condições abióticas e bióticas, ou seja, em uma comunidade de plantas, há atributos funcionais cujos valores se ajustam às condições locais, exercendo influências diretas e indiretas sobre os padrões de crescimento das espécies e de estrutura das comunidades. Ou seja, há variações intraespecíficas dos atributos que por sua vez desempenham um papel crucial no desempenho individual das plantas e na dinâmica competitiva entre as diferentes espécies (GARNIER *et al.* 2015; D'ÁNDREA & OSTLING, 2016; CADOTTE, 2017, KLIPEL, 2023). Ainda assim, é frequente adotar valores médios para espécies, sem considerar a variação intraespecífica, assumindo que o valor obtido para alguns indivíduos esteja associado ao desempenho da espécie em toda sua distribuição geográfica (SHIPLEY *et al.* 2016). A altura máxima da espécie numa dada região ou estudo, por exemplo, é com frequência adotada com um atributo funcional específico, como indicativo do potencial da espécie em capturar recursos (PEREZ-HARGUINDEGUY *et al.* 2013). Entretanto, atributos estruturais, relacionados à altura total, forma, tamanho e altura das copas, desempenham um papel significativo no crescimento de cada árvore individualmente (ANDERSON-TEIXEIRA, MCGARVEY, *et al.*, 2015), corroborando com o conceito de que o espaço de crescimento individual pode ser delineado pela área de projeção horizontal da copa (ASSMANN, 1970). Assim, considerar as dimensões e formas das copas das árvores e suas variações dentro de espécies ajudam a capturar e descrever a diversidade na arquitetura arbórea em florestas (VERBEECK *et al.*, 2019), bem como compreender suas relações com taxas de crescimento individual. Observa-se maior crescimento conforme a altura e volume da copa, pois o tamanho da copa facilita a interceptação de luz no dossel e a captura de recursos (NUTTO, 2001; POORTER *et al.* 2005 ; KING *et al.* 2005).

Entretanto, há estratégias de características de plantas, associadas a compensação entre custos de investimento e ganhos em crescimento ou sobrevivência (GRUBB, 1977; CORNELISSEN *et al.*, 2003; WRIGHT *et al.* 2004), que podem afetar tais relações, gerando diferentes respostas e variações entre espécies ou ecossistemas. Por exemplo, o custo das estruturas da planta em relação à resistência à herbivoria ou adversidades climáticas pode limitar o crescimento dos indivíduos arbóreos. Estratégias diferentes têm sido descritas como aquisitivas e conservativas, frequentemente associadas a atributos foliares e de madeira (WRIGHT *et al.* 2010). Estratégias aquisitivas representam menor investimento em estrutura de tecidos, como por exemplo folhas maiores e pouco densas facilitam um crescimento acelerado via altas taxas de assimilação fotossintética e baixo investimento em construção foliar, porém mantêm uma menor estabilidade térmica e são mais suscetíveis à herbivoria (SWENSON, ANGLADA-CORDERO, & BARONE, 2011). No outro lado do espectrum, estratégias conservativas são frequentemente representadas por maior investimento em estrutura de tecidos, como maiores valores de conteúdo de matéria seca foliar (*leaf dry matter content*, LDMC) e densidade da madeira (*wood density*, WD), os quais tendem a levar a uma maior sobrevivência dos indivíduos sob condições adversas, entretanto com um crescimento lento e gradual (CHAVE *et al.*, 2009; POORTER *et al.*, 2010).

Na região da Mata Atlântica subtropical, a vegetação florestal é representada pelas Floresta com Araucária, Floresta Atlântica *sensu stricto* e Floresta Estacional (RIBEIRO *et al.*, 2009). A Floresta com Araucária é uma floresta subtropical úmida de altitude estando sob condições de alta precipitação anual, sem sazonalidade de chuvas, mas com considerável sazonalidade de temperatura, com invernos rigorosos, presença de geada e até eventos de neve, que podem limitar o crescimento das árvores (CARVALHO, 2003). Além disso, este tipo florestal tem por característica a heterogeneidade de elementos de floras de origem temperada e tropical (RAMBO, 1956). A conífera endêmica *Araucaria angustifolia* Bertol. (Kuntze) exerce forte dominância em boa parte das comunidades florestais e, com frequência, forma um estrato emergente ou um dossel denso, associado, principalmente, com espécies dos gêneros *Ilex*, *Myrceugenia*, *Ocotea* e *Podocarpus* (RAMBO, 1956, HERTEL, 1980).

Além do frio da região de ocorrência da Floresta com Araucária e da amplitude térmica (KLIPEL *et al.* 2023, BORDIN *et al.* 2021), a disponibilidade de luz é uma variável ambiental chave em florestas de dossel fechado, porque a luz limita o ganho de carbono fotossintético, que por sua vez influencia o crescimento (WRIGHT *et al.* 2010). Estudos dendroecológicos apontam que as baixas temperaturas durante o inverno são o

principal limitante do crescimento da *A. angustifolia*, regulando seus ciclos fenológicos de crescimento e indicando que um aumento na temperatura média anual pode levar a um aumento nas taxas de crescimento (OLIVEIRA *et al.* 2009, OLIVEIRA *et al.* 2010). Porém, fatores como o tamanho do indivíduo e a posição no estrato florestal também podem afetar o crescimento. De acordo com CARVALHO (2003), o crescimento inicial da *A. angustifolia* é lento, mas a partir do terceiro ano, em sítios adequados, apresenta um crescimento anual em altura de 1 m e, a partir do quinto ano, são observadas taxas de crescimento em diâmetro de 1,5 a 2,0 cm. Informações acerca do crescimento de outras espécies da floresta com Araucária ainda são escassas. Considerando a distribuição atual da Floresta com Araucária e as previsões acerca da sua distribuição no passado e do futuro (BERGAMIN *et al.* 2019), acredita-se que o aumento da temperatura possa impactar negativamente a distribuição da floresta em si, dada as limitações de ocorrência e abundância para diversas espécies da Floresta com Araucária (COLOMBO & JOLY, 2010).

Estudos de distribuição e ocorrência das espécies, porém, não consideram o desempenho em crescimento ou recrutamento/mortalidade, que por sua vez pode revelar o potencial de adaptabilidade das espécies diante de mudanças ambientais. Neste contexto, esta dissertação pretende contribuir com avaliações e previsões acerca do desempenho de indivíduos e espécies arbóreas em termos de crescimento, fornecendo bases para compreendermos a assembleia das comunidades e o funcionamento ecossistêmico. Mais especificamente, os objetivos deste trabalho foram (i) quantificar as taxas de crescimento médio anual através de cintas dendrométricas para 17 espécies arbóreas da Floresta com Araucária, (ii) avaliar como atributos funcionais (foliares e de madeira) médios para cada espécie influenciam as taxas de crescimento médio anual (i.e., valores em nível específico), (iii) analisar a relação entre taxas de crescimento médio anual em nível individual e atributos estruturais (copa e altura) mensurados em cada árvore, considerando ainda as diferentes espécies e seus atributos funcionais médios. Como principais hipóteses, esperamos que as árvores tenham uma relação positiva entre o crescimento médio dos indivíduos e o tamanho das copas (ANDERSON-TEIXEIRA, MCGARVEY, *et al.*, 2015) e que o crescimento também seja maior em espécies com atributos funcionais relacionados a estratégias de aquisição de recursos, tais como folhas grandes, com altos valores de SLA (*specific leaf area*) e baixos valores de LDMC, e menor densidade de madeira (POORTER *et al.*, 2008).

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em áreas de Floresta com Araucária, no Rio Grande do Sul, Brasil. São florestas subtropicais úmidas, consideradas mistas pois apresentam coníferas (*A. angustifolia* e *Podocarpus lambertii*) e espécies latifoliadas (ampla maioria), que fazem parte do domínio florístico da Mata Atlântica na América do Sul (OLIVEIRA-FILHO e FONTES 2000). São encontradas em habitats montanhosos, cobrindo a maior parte do planalto da Serra Geral, a porção sul da Serra do Mar e outros planaltos circundantes, nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, no Brasil, na província de Misiones, na Argentina, e no Paraguai. Além disso, também ocorrem em manchas menores e espaçadas em latitudes tropicais, no sudeste do Brasil (São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (SOUZA, 2021)). As baixas temperaturas, considerando médias das mínimas anuais igual ou menor que 10°C, acompanhadas de geadas frequentes no inverno (cerca de 3 meses consecutivos), clima úmido classificado como Cfb (segundo Köppen), sem estação seca e com mais que 1250 mm de precipitação anual, são condições ambientais associadas à distribuição da Floresta com Araucária (SOUZA, 2021).

As áreas de estudo contemplam três unidades de conservação, situadas na borda leste do Planalto do Rio Grande do Sul, com altitudes entre 850 m e 950 m: a Reserva Particular do Patrimônio Natural Pró-Mata (PRM), localizada no município de São Francisco de Paula, a Estação Ecológica Estadual de Aratinga (EEA), também localizada no município de São Francisco de Paula; e o Parque Nacional Aparados da Serra (PNA), localizado no município de Cambará do Sul. Em cada uma das unidades de conservação citadas acima, foram utilizados dados de três parcelas permanentes de 1ha mantidas pelo Laboratório de Ecologia Vegetal da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LEVEG/UFRGS), do projeto LERSAF (*Long-term Ecological Research in Subtropical Atlantic Forests*), totalizando nove sítios (Figura 1).

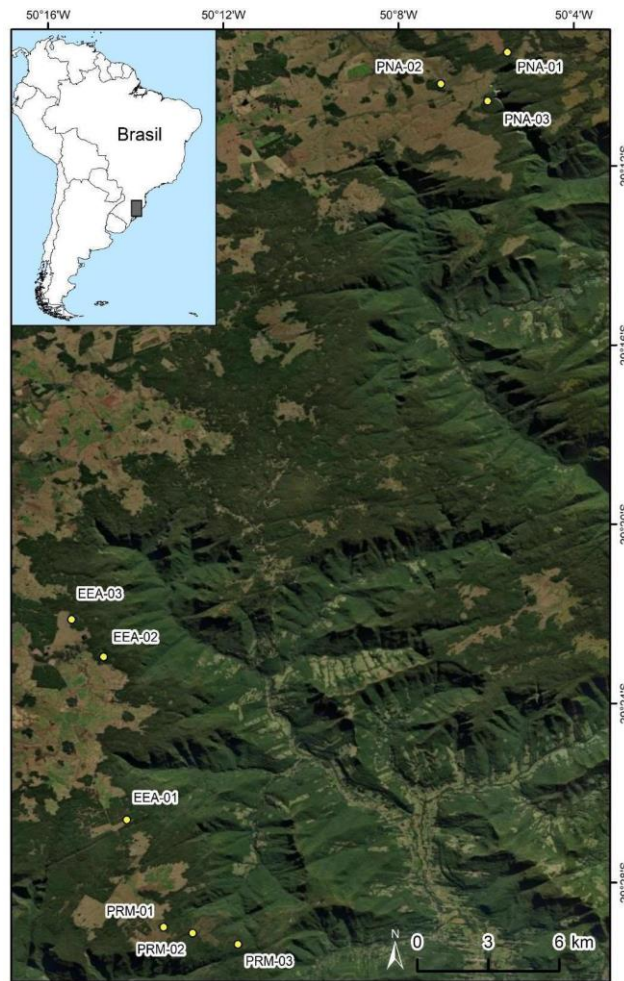


FIGURA 1: Localização das três Unidades de Conservação (PRO - Reserva Particular do Patrimônio Natural Pró-Mata, EEA - Estação Ecológica Estadual de Aratinga, PNA - Parque Nacional dos Aparados da Serra), com nove áreas de estudo (pontos), onde foi monitorado o crescimento do caule de indivíduos de diferentes espécies arbóreas da Floresta com Araucária, no Rio Grande do Sul, Brasil. .

Dados de crescimento

Foram colocadas cintas dendrométricas em 365 indivíduos de 17 espécies distribuídas em 10 famílias botânicas (Tabela 1). A seleção das espécies levou em consideração a abundância nos sítios, bem como a abrangência de elementos de origem tropical e temperada, e de espécies com estratégias mais aquisitivas ou mais conservativas. A seleção dos indivíduos para colocação das cintas nos sítios foi aleatória, conforme a abundância das espécies. A média do tamanho das árvores monitoradas em diâmetro foi 22,36 cm (variando entre 3,63 cm e 79,58 cm). Para garantir a precisão e avaliação dos dados de crescimento, descartamos os casos em que (i) foram danificadas as cintas dendrométricas ou caíram; (ii) a árvore morreu durante o período de estudo; ou (iii) dados que estavam com informações incompletas. No total, incluímos 300 árvores.

TABELA 1 – Lista de espécies com indivíduos sendo monitorados com as cintas dendrométricas de março de 2018 a novembro de 2022. N. = Número de indivíduos.

Família	Espécie	N. indivíduos
Aquifoliaceae	<i>Ilex microdonta</i> Reissek	23
Aquifoliaceae	<i>Ilex paraguariensis</i> A.St.-Hil.	12
Araucariaceae	<i>Araucaria angustifolia</i> (Bertol.) Kuntze	53
Euphorbiaceae	<i>Sapium glandulosum</i> (L.) Morong	17
Lauraceae	<i>Nectandra grandiflora</i> Nees & Mart	5
Lauraceae	<i>Ocotea bicolor</i> Vattimo-Gil	17
Lauraceae	<i>Ocotea elegans</i> (Schott) Mez	9
Lauraceae	<i>Ocotea porosa</i> (Nees & Mart.) Barroso	21
Lauraceae	<i>Ocotea pulchella</i> (Nees & Mart.) Mez	11
Myrtaceae	<i>Myrceugenia myrcioides</i> (Cambess.) O.Berg	24
Myrtaceae	<i>Myrcia retorta</i> Cambess.	20
Myrtaceae	<i>Siphoneugena reitzii</i> D.Legrand	22
Podocarpaceae	<i>Podocarpus lambertii</i> Klotzsch ex Endl.	20
Primulaceae	<i>Myrsine parvula</i> (Mez) Otegui	10
Salicaceae	<i>Casearia decandra</i> Jacq.	18
Theaceae	<i>Laplacea acutifolia</i> (Schrad.) Kobuski	10
Winteraceae	<i>Drimys angustifolia</i> Miers	8
Total de indivíduos		300

Em cada indivíduo, foram instaladas cintas dendrométricas de aço inoxidável, seguindo um protocolo padronizado (MULLER-LANDAU & DONG, 2008). As cintas utilizadas têm escalas graduadas, com uma resolução de 0,2 mm. O registro do crescimento ocorreu através de fotografias de cada indivíduo durante as visitas em campo. Para cada indivíduo, também foram coletadas medidas de copa (altura, dois diâmetros perpendiculares – norte-sul, leste-oeste), altura total e circunferência inicial do caule à altura do peito (i.e., 1,30 m da superfície do solo). O período de monitoramento das cintas compreendeu 5 anos, de março de 2018 a novembro de 2022 (Apêndice 1). A frequência do monitoramento variou, pois não foi possível manter a regularidade planejada durante a pandemia do COVID-19 e no ano seguinte.

As leituras de cada dendrômetro são baseadas nas duas escalas de medição: a fixa

e o nônio (Figura 2). A leitura deve ser iniciada verificando-se a posição do zero do nônio em relação às marcas grandes da escala fixa. Esta leitura resulta em um valor inteiro, que deve ser multiplicado por 10 (1 cm = 10 mm). A segunda leitura deve ser contada a partir da posição do nônio em relação às marcas pequenas da escala fixa. Esta leitura resultará em um valor inteiro, multiplicando-se a contagem por 2 (1 unidade = 2 mm). A posição de alinhamento do nônio com uma das marcas da escala principal resultará em uma medida decimal.

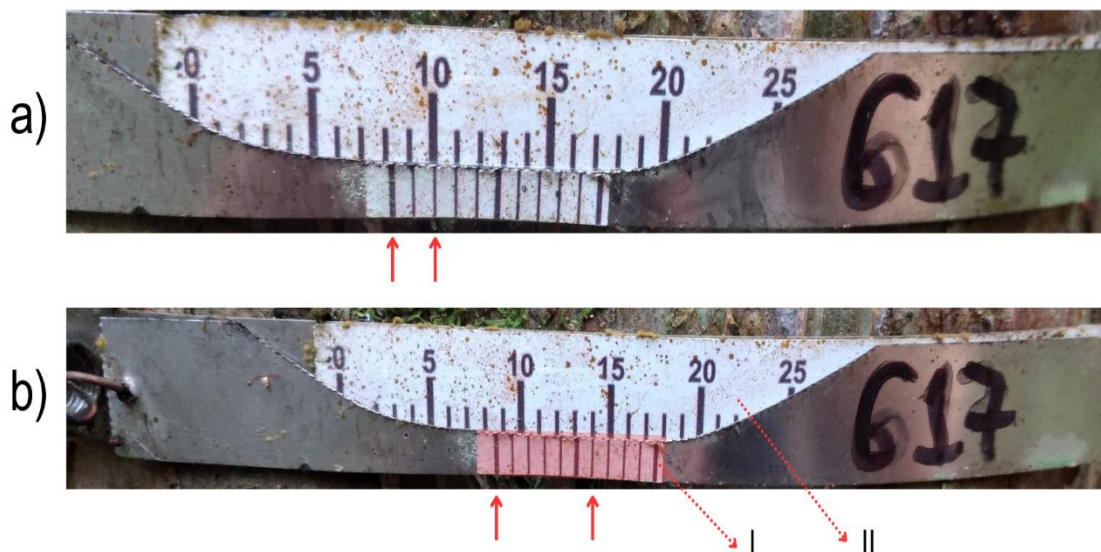


Figura 2. Exemplos de leituras de fitas dendrométricas, com detalhes na escala móvel de nônio (I) e escala graduada fixa (II). a) Leitura = $(1 * 10) + (3 * 2) + (2 * 0,2) = 16,4$ mm. b) Leitura = $(1 * 10) + (3 * 2) + (6 * 0.2) = 17,2$ mm.

A taxa de crescimento foi obtida para cada indivíduo (objetivo 1) e também para a espécie (objetivo 2). O cálculo da taxa de crescimento considerou o tamanho inicial da árvore em termos de área basal do caule e o crescimento em circunferência no intervalo do monitoramento. Assim, acrescentamos à área basal inicial do indivíduo, o crescimento observado após um período de estabilização da cinta de três meses (i.e., iniciamos o cômputo no T2= maio/2018) e o crescimento no período final do monitoramento (T11 = outubro ou novembro/2023). A diferença entre estes dois tempos dividida pelo tempo de monitoramento (4,5 anos) constituiu a medida de crescimento anual dos indivíduos ($\text{cm}^2 \text{y}^{-1}$). A taxa em nível de espécie foi a média observada dentre todos os indivíduos de cada espécie.

Atributos funcionais em nível das espécies

Foram considerados atributos funcionais médios da espécie associados às folhas e ao caule (LAUGHLIN, 2014) das espécies arbóreas. Os atributos foliares utilizados foram área foliar (*leaf area* - LA), área foliar específica (*Specific Leaf Area* - SLA) e conteúdo de matéria seca foliar (*Leaf Dry Matter Content* – LDMC, (Apêndice 3 para valores de atributos funcionais em nível das espécies). Com relação ao atributo de caule, foi considerada a densidade de madeira (*wood density* – WD). Esses atributos são considerados potenciais preditores do crescimento das árvores (PÉREZ-HARGUINDEGUY *et al.* 2013, Tabela 2), além de serem relevantes para o entendimento das respostas da vegetação a inúmeros fatores ambientais (WEIHER *et al.* 1999).

TABELA 2 – Relações entre atributos foliares e de caule usados em nível da espécie, sua descrição associada aos estados (valores baixos/altos) e ao desempenho esperado das plantas considerando crescimento de árvores.

Atributo	Descrição	Relações com o crescimento
SLA (área foliar específica) e LA (área foliar)	Atributo associado ao espectro econômico foliar (Wright <i>et al.</i> 2004). Valores elevados indicam folhas finas, geralmente ricas em Nitrogênio, com alta rotatividade (pouco longevas) e altas taxas de assimilação de luz e nutrientes em relação à massa produzida. Plantas com valores altos são consideradas aquisitivas.	Representam o investimento na aquisição de nutrientes, em relação ao custo de construção do aparato fotossintético (Wright <i>et al.</i> 2010). Espera-se relações positivas entre LA, SLA, aquisição de recursos e crescimento. A área foliar representa importante compensação entre área destinada à captura de luz e a estabilidade na temperatura foliar (Swenson <i>et al.</i> 2011). Regiões frias tendem a ter plantas com folhas menores.
LDMC (conteúdo de matéria seca foliar)	Atributo associado ao espectro econômico foliar (Wright <i>et al.</i> 2004). Valores elevados indicam folhas espessas, de vida longa, Nitrogênio conservadoras, com baixas taxas de assimilação em relação à massa. Plantas com valores altos são consideradas conservadoras.	Representa o investimento na aquisição de nutrientes, em relação ao custo de construção do aparato fotossintético (Wright <i>et al.</i> 2010). Espera-se relações negativas entre LDMC, aquisição de recursos e crescimento.

WD (densidade da madeira)	Atributo associado ao espectro econômico da madeira (Chave <i>et al.</i> 2009). Valores elevados conferem maior suporte mecânico, longevidade, maior tolerância à seca e ao frio (Muscarella <i>et al.</i> 2016). Florestas em estágios iniciais de sucessão tendem a ter valores elevados em regiões secas e valores baixos em florestas úmidas (Poorter <i>et al.</i> 2019).	Representa o investimento em estrutura e longevidade de árvores, bem como afeta a condução d'água e os estoques de carboidratos, nutrientes, compostos secundários, lipídios e água (Chave <i>et al.</i> 2009). Em geral, tem relação positiva com os estoques de biomassa acima do solo, mas negativa com crescimento.
---------------------------	--	---

Os dados dos atributos funcionais para as espécies (LA, SLA, LDMC) foram obtidos a partir de coletas realizadas por outros projetos nesta mesma região e estão disponíveis no banco de dados global do TRY (KATTGE *et al.*, 2020) sob solicitação ao Laboratório de Ecologia Vegetal da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LEVEG-UFRGS). As medições e procedimentos para obter os atributos foliares das espécies seguiram protocolos padrões e coletas em pelo menos cinco indivíduos (PÉREZ-HARGUINDEGUY *et al.*, 2013). As informações de densidade da madeira das espécies foram obtidas em bancos de dados regionais (MISSIO *et al.*, 2017; OLIVEIRA *et al.* 2019) e, quando não disponíveis, no banco de dados mundial de densidade de madeira (CHAVE *et al.* 2009).

Atributos funcionais em nível individual

Aqui, foram considerados atributos estruturais de copa das árvores (veja valores para cada indivíduo no Apêndice 4), altura total e diâmetro do caule à altura do peito (DAP) de cada indivíduo monitorado. Foram tomadas medidas do diâmetro da copa no sentido norte-sul (D1) e no sentido leste-oeste (D2), e da altura da copa. As medidas de diâmetro e altura da copa foram feitas usando trena laser, seguindo os protocolos descritos em Iida *et al.* (2012). Para calcular a altura da copa, considerou-se o início da ramificação da copa (fuste) e a altura total do indivíduo. Com estas medidas, foram estimadas a área e o volume da copa de cada indivíduo. Para calcular a área de projeção da copa foi considerada a fórmula de uma elipse:

$$\text{Área de copa} = \pi [(D1 + D2) / 2]^2$$

onde D1 e D2 são as duas medidas de diâmetro da copa (acima descritos).

Para obter o volume da copa, a estimativa da área de projeção da copa foi multiplicada pela altura da copa (HC). As medidas de diâmetro (DAP, cm) e altura total do indivíduo (HT, m) obtidas no início do monitoramento foram consideradas como atributos de diâmetro e altura, respectivamente, dos indivíduos. (Figura 3).

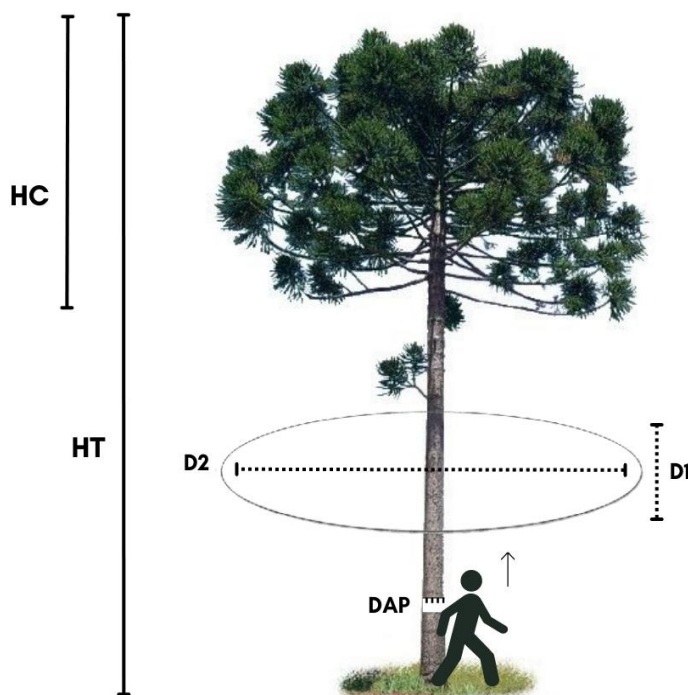


Figura 3. Representação esquemática da coleta de dados para um indivíduo de *Araucaria angustifolia*: Diâmetro a altura do peito (DAP), altura total (HT), altura de copa (HC) e diâmetros de copa a partir da projeção da copa obedecendo à orientação norte-sul (D1) e leste-oeste (D2).

Análise de dados

Para responder à primeira questão, descrevemos as espécies de acordo com as taxas de crescimento anual observadas para todos os seus indivíduos. Para a segunda questão deste estudo, utilizamos modelos lineares (LM), onde consideramos a média das taxas de crescimento anual dos indivíduos para cada espécie como variável resposta (i.e., crescimento médio da espécie) e atributos funcionais foliares e de madeira como variáveis preditoras (área foliar (LA, cm²), área foliar específica (SLA, cm².g⁻¹), conteúdo de matéria seca foliar (LDMC, mg.g⁻¹) e densidade de madeira (WD, cm³). As variáveis preditoras foram testadas quanto à normalidade e transformadas em escala logarítmica ou raiz quadrada quando necessário. Foi gerado um LM para cada atributo preditor e realizada a seleção de modelos com base no critério de AIC < 2, a fim de indicarmos qual atributo específico tem maior poder de explicação do crescimento médio

anual da espécie.

Para responder a terceira questão deste estudo, utilizamos modelos lineares mistos (LMMs) para avaliar o efeito de atributos funcionais mensurados em nível dos indivíduos (altura total (AT, m), área de copa (AC, m²), volume de copa (CV, m³), diâmetro a altura do peito inicial (DAP, cm)) sobre a taxa de crescimento anual dos indivíduos. Além disso utilizamos um atributo em nível de espécie, área foliar (LA, cm²), nos LMMs, repetindo o valor para todos os indivíduos. A identidade das espécies foi considerada como efeito aleatório nos modelos LMMs para controlar a potencial variação entre os indivíduos proveniente de fatores associados à história de vida das espécies. Além disso, para reduzir efeitos de colinearidade analisamos a correlação entre as variáveis preditoras e consideramos variáveis correlacionadas quando $|r| \geq 0.7$ (DORMANN *et al.* 2013). Atributos colineares (Apêndice 5) não foram utilizados no mesmo modelo, como por exemplo, área e volume de copa. Oito modelos candidatos foram testados, sendo selecionados com base no AIC. Os atributos estruturais foram testados quanto à normalidade e logaritimizados quando necessário. Todas as análises foram realizadas no ambiente estatístico R 4.2.2. Para análises de seleção de modelos usamos o pacote 'MuMIn' (BARTON, 2018) e para a análise dos modelos utilizamos o pacote 'lme4' (BATES, 2014).

RESULTADOS

Dentre os 300 indivíduos avaliados, de 17 espécies, as famílias botânicas com maior número de espécies foram: Lauraceae (5) e Myrtaceae (3) e Aquifoliaceae (2). As espécies que obtiveram maior crescimento anual médio foram *Araucaria angustifolia*, *Podocarpus lambertii* e *Myrcia retorta* (Apêndice 2; Figura 4). O crescimento médio considerando todas as espécies foi de 5,44 cm²/ano, equivalente ao crescimento médio em diâmetro de 0,11 cm/ano. O maior crescimento e a maior média registrados foram de 72,01 cm²/ano e 14,93 cm²/ano, respectivamente, para *A. angustifolia*, enquanto a menor média de crescimento foi de 0,36 cm²/ano para *Nectandra grandiflora*. Entretanto houveram alguns indivíduos que não tiveram crescimento aparente durante o monitoramento.

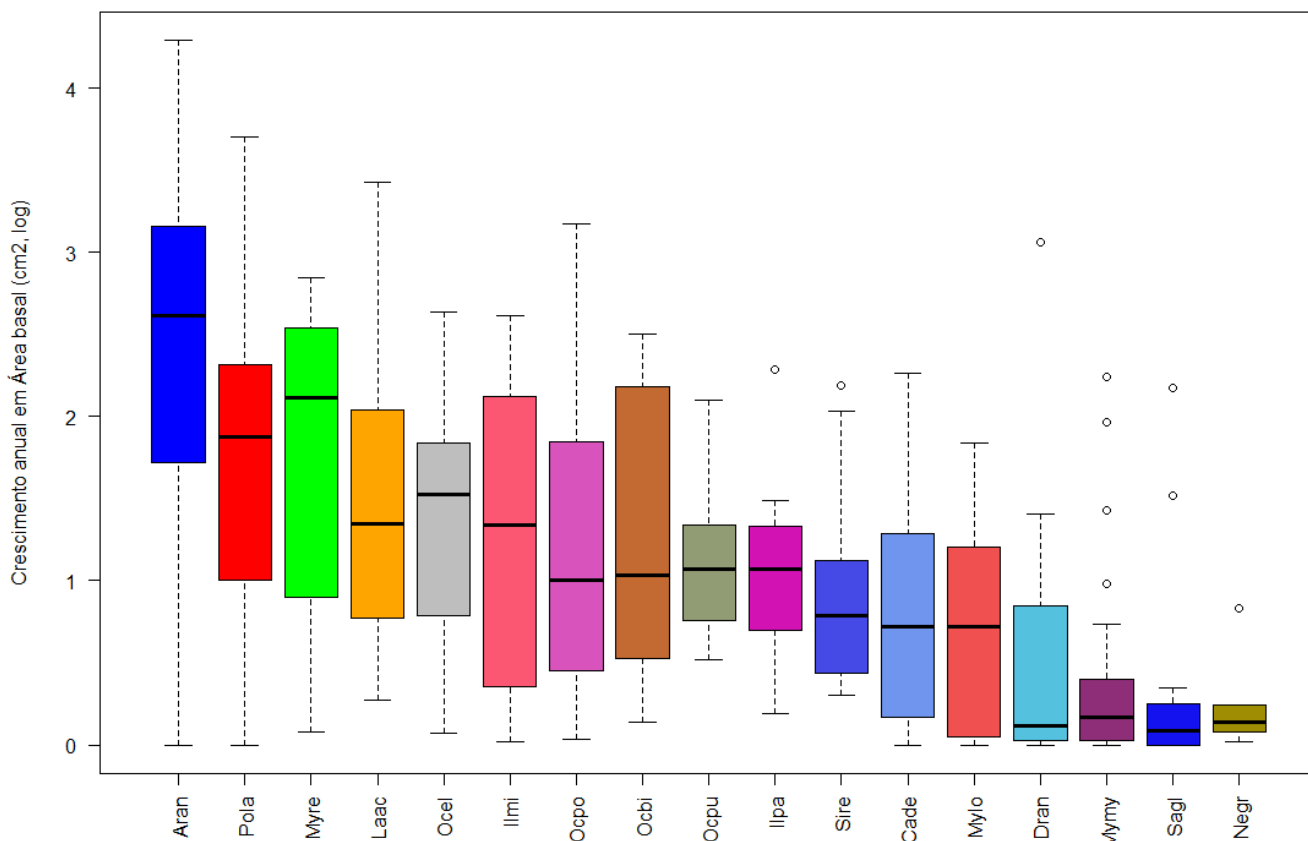


Figura 4. Boxplot do crescimento anual de incremento em área basal por espécie (log de cm²/ano + 1), demonstrando as médias e amplitudes observadas entre os indivíduos de cada espécie (período entre maio de 2018 a novembro de 2022). As espécies estão ordenadas da maior para a menor média em crescimento. Seus respectivos acrônimos estão no Apêndice 2.

A análise de modelos para avaliar a influência dos atributos funcionais em nível de espécie no crescimento médio das espécies arbóreas desse estudo revelou apenas uma variável significativa, a área foliar (Tabela 3). A área foliar média da espécie demonstrou uma influência negativa ($r^2_{\text{adj}} = 0,32$; $P = 0,009$) sobre o crescimento médio anual em área basal de caules de espécies arbóreas em Floresta com Araucária.

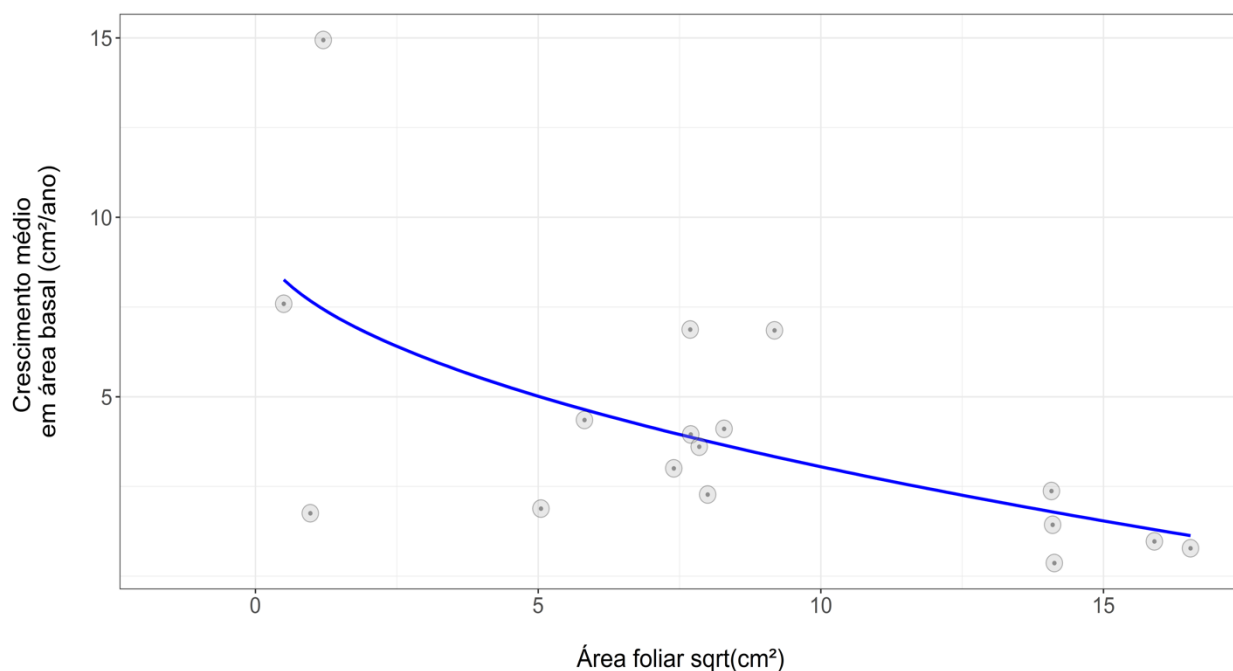


Figura 5. Relação entre o crescimento médio anual de espécies arbóreas da Floresta com Araucária e a área foliar da espécie (cm^2), conforme indicado pelo melhor modelo (Tabela 3).

TABELA 3 : Relação de modelos candidatos sobre o efeito de atributos funcionais foliares (LA, SLA, LDMC) e de caule (WD, densidade da madeira) avaliados em nível de espécies sobre o crescimento médio anual em área basal de 17 espécies arbóreas da Floresta com Araucária.

Modelos candidatos	AIC Delta	Weight
Crescimento ~ sqrt(LA)	0	0.81
Crescimento ~ log(SLA)	4.48	0.09
Crescimento ~ 1	4.86	0.07
Crescimento ~ WD	7.75	0.02
Crescimento ~ LDMC	7.83	0.02

Após uma seleção testando todas as combinações possíveis, as análises de modelos múltiplos para avaliar a influência dos atributos estruturais no crescimento individual arbóreo revelaram que o melhor modelo para explicar o crescimento médio anual dos indivíduos incluiu efeitos positivos da área da copa e do diâmetro inicial dos indivíduos e negativo da área foliar média da espécie (Tabela 4, Figura 6). Considerando apenas os efeitos fixos do modelo, o R^2_m explicou 53% da variação dos dados, enquanto que ao considerar os efeitos fixos e aleatório (identidade da espécie), o R^2_c foi de 56%. O efeito da identidade das espécies foi relativamente baixo, demonstrando padrões semelhantes de resposta do crescimento às variáveis utilizadas. As relações considerando o efeito da identidade das espécies (efeito aleatório) podem ser observadas no Apêndice 6.

TABELA 4 : Relação de modelos candidatos, ordenados do menor ao maior valor de AIC, avaliando o efeito de atributos funcionais quantificados no nível de indivíduos (AC, área da copa; DAP diâmetro a altura do peito inicial; AT, altura total inicial) e da média da área foliar (LA) por espécie sobre o crescimento médio anual em área basal de indivíduos de 17 espécies arbóreas da Floresta com Araucária. A identidade das espécies (sp) foi considerada como fator aleatório nos modelos.

Modelos candidatos	AIC delta	Weight
Crescimento ~ AC + DAP + LA +(1 sp)	0.00	0.820
Crescimento ~ AC + DAP + (1 sp)	3.05	0.179
Crescimento ~ DAP + LA + (1 sp)	13.54	0.001
Crescimento ~ DAP + (1 sp)	16.94	0.000
Crescimento ~ AC + AT + LA + (1 sp)	45.89	0.000
Crescimento ~ AC + AT + (1 sp)	50.11	0.000
Crescimento ~ AC + LA + (1 sp)	59.95	0.000
Crescimento ~ AC + (1 sp)	63.01	0.000

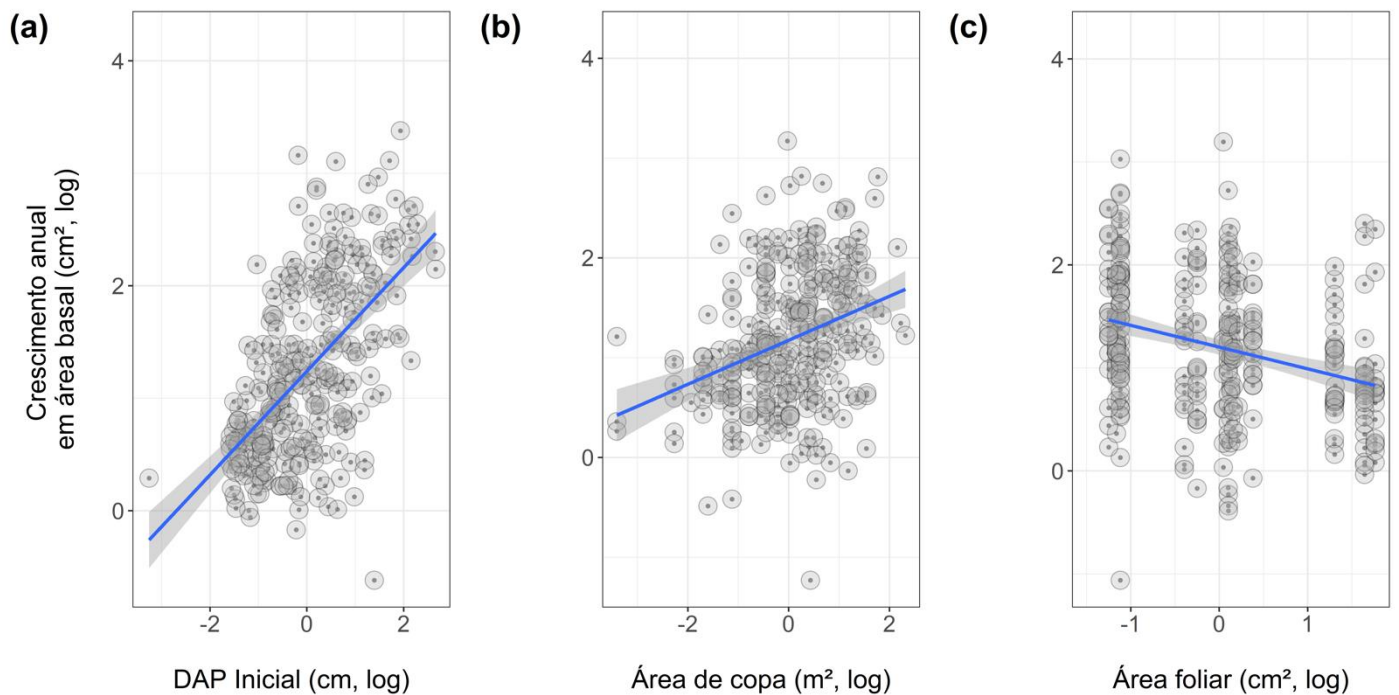


Figura 6. Relações entre o crescimento anual de indivíduos arbóreos e atributos funcionais (DAP inicial, cm; Área de copa, m²; Área foliar média da espécie, cm², respectivamente, figuras a, b, c) como variáveis preditoras, significativas, indicadas pelo melhor modelo múltiplo (Tabela 4).

DISCUSSÃO

O crescimento em área basal de caules de diferentes espécies arbóreas da Floresta com Araucária no sul do Brasil mostrou-se consideravelmente variável. A espécie com maior crescimento registrou uma média com magnitude 14 vezes maior que a de menor crescimento médio anual. Embora as diferenças entre espécies tenha sido considerável, a identidade das espécies teve um efeito muito baixo sobre o modelo global de determinação do crescimento médio anual dos indivíduos arbóreos. Evidenciamos que as hierarquias nos valores de atributos funcionais específicos e atributos estruturais dos indivíduos impulsionaram as diferenças em termos de crescimento, uma característica importante e indicadora do desempenho e competição entre as plantas (URIARTE *et al.*, 2016). Nossos resultados notavelmente demonstram que o tamanho inicial dos indivíduos e a hierarquia em termos de área de copa afetaram positivamente o crescimento das árvores no ambiente floresta. Árvores maiores e com copas maiores demonstraram uma vantagem competitiva

sobre as menores, alinhando-se com resultados de estudos anteriores que identificaram hierarquias competitivas na altura durante a competição entre plantas (por ex., KING *et al.*, 2005; KRAFT *et al.*, 2014; KUNSTLER *et al.*, 2012). Árvores com maior diâmetro também são mais altas no nosso estudo ($r= 0,68$), porém o diâmetro em si demonstrou ser mais plausível junto ao modelo selecionado do que simplesmente a altura total. Esses resultados sustentam que árvores de maior porte, potencialmente mais velhas, e com copas maiores tendem a ter maior vantagem competitiva, revertendo a energia capturada em crescimento caulinar.

Além das características estruturais dos próprios indivíduos, a área foliar média da espécie, foi um atributo funcional determinando o crescimento tanto em nível de espécies quanto de indivíduos. Encontramos uma relação negativa do crescimento com a área foliar, demonstrando que esta estratégia, frequentemente associada com conservação de recursos das espécies (WRIGHT *et al.* 2010) foi determinante para um maior crescimento e desempenho em espécies arbóreas da Floresta com Araucária. Na Mata Atlântica subtropical, em áreas mais elevadas, onde predomina a Floresta com Araucária, as comunidades arbóreas têm valores de área foliar (LA) mais baixos, sendo estes determinados pelas condições de baixa temperatura e frequentes geadas (KLIPEL *et al.* 2023). Com isso, os fatores abióticos preponderantes nestas florestas favorecem a seleção de espécies com folhas menores onde, diante de baixas temperaturas e episódios de geada, especialmente durante o inverno, alta nebulosidade e elevada radiação em dias abertos, essa adaptação tende a manter uma estabilidade térmica e hídrica nas folhas (SWENSON *et al.* 2011). Em ambientes mais restritivos e com recursos limitantes para as plantas, indivíduos e espécies com menor área foliar podem estar sendo favorecidos, tendo maiores oportunidades de colonização e estabelecimento (CORNELISSEN *et al.*, 2003) e, de acordo com os dados obtidos, de crescimento. Assim, ao contrário da nossa expectativa inicial de espécies com atributos mais aquisitivos demonstrarem maior desempenho em termos de crescimento, vimos que árvores com folhas menores crescem mais.

Além da área foliar, que foi determinante em diferenciar o desempenho entre espécies arbóreas, características estruturais dos indivíduos arbóreas ampliaram consideravelmente a explicação da variação observada nas taxas de crescimento anual. Esta abordagem destacou a importância de medir atributos o mais localmente possível e sob condições consistentes com o objetivo do estudo para determinar a influência no desempenho da espécie em comunidades sob diferentes ambientes. Embora espécies e indivíduos com menor área foliar tenham demonstrado melhor desempenho em

crescimento, a área da copa foi significativamente relevante. Ou seja, folhas pequenas associadas a copas grandes foram determinantes, demonstrando que a variação fenotípica dentro da espécie e não apenas as características funcionais médias, isoladas, afetam o desempenho das árvores. Tamanhos de copa maiores estão associados ao aumento do crescimento das árvores, uma vez que possibilitam uma maior captação de luz (POORTER *et al.*, 2005). Portanto, modelos que se baseiam no comportamento individual das árvores podem ser muito úteis para uma compreensão mais aprofundada sobre o funcionamento dos ecossistemas e como respondem a mudanças nas condições ambientais (FYLLAS *et al.*, 2014). Aqui demonstramos que atributos estruturais associados ao porte e tamanho dos indivíduos são fortes determinantes das taxas de crescimento de árvores em florestas subtropicais de altitude (~ 900 m a.s.l.).

Além disso, identificamos que atributos funcionais comumente quantificados e avaliados em relação ao desempenho de plantas, como LDMC e WD, não tiveram relação com as taxas de crescimento caulinar (IIDA *et al.* 2012, 2014). A expectativa era de que árvores com maior LDMC e WD tivessem menor crescimento, dada sua estratégia de conservação de recursos em detrimento de aquisição e, conseqüentemente, crescimento (CHAVE *et al.*, 2009; POORTER *et al.*, 2010). No entanto, observamos que LDMC e WD não demonstraram qualquer relação com a variação observada no crescimento dos indivíduos avaliados. Apenas as diferenças interespecíficas em área foliar foram significativas. A menor área foliar foi positivamente associada ao crescimento dos indivíduos arbóreos, demonstrando que na região de estudo, estratégias conservativas amplificaram o desempenho médio anual das árvores. Sob baixas temperaturas e geadas frequentes, é coerente manter uma área foliar reduzida para garantir a estabilidade térmica. Estas espécies, porém possuem copas mais extensas, o que amplia a superfície de captação de luz disponível do indivíduo como um todo (KING *et al.* 2006).

A arquitetura das árvores, incluindo seu porte em termos de tamanho de caule e sua altura, desempenha um papel fundamental nas taxas de crescimento e mortalidade das árvores, uma vez que afeta a capacidade de captura de luz e estabilidade mecânica (IIDA *et al.*, 2011; IIDA *et al.*, 2012; POORTER *et al.*, 2006). Pensando nisso, destacamos a importância de incorporar informações individuais, como características de copa, além de atributos foliares médios, pois podem revelar mudanças nas estratégias de árvores entre estratos florestais (IIDA *et al.* 2023, que afetam o desempenho das espécies e a assembleia de espécies em comunidades. A diversidade de desempenho entre indivíduos está intimamente ligada ao contexto ambiental local, bem como às características das espécies e suas interações (URIARTE *et al.*, 2016). A variação ambiental local a qual cada

indivíduo está submetida engloba tanto elementos abióticos, como os nutrientes do solo (CONDIT *et al.*, 2013) e a disponibilidade de água (COMITA & ENGELBRECHT, 2009), quanto fatores bióticos, como competição com a vizinhança próxima (URIARTE *et al.*, 2004).

Considerações finais

De modo geral, nosso estudo destaca a importância de considerar atributos funcionais em nível específico integrados a informações estruturais em nível individual para compreender o desempenho das espécies e as assembleias de árvores em comunidades florestais. Dada a variação das características individuais e das taxas demográficas dentro das espécies em resposta ao ambiente abiótico e biótico, análises de modelagem demográfica que se baseiam apenas nos valores médios das características das espécies deixam de capturar uma informações determinantes acerca do desempenho individual e, por conseguinte, da estrutura das comunidades. Argumentamos que, à luz desses resultados, informações detalhadas em nível individual enriquecem substancialmente nossa compreensão sobre as relações entre características funcionais, de desempenho e de dinâmica das comunidades. Atributos em nível específico, porém, representam diferenças maiores, muitas vezes associadas a própria identidade das espécies. De modo integrativo, revelamos que, muito além da identidade taxonômica, o tamanho da área foliar das espécies presentes na Floresta com Araucária, juntamente com o porte e o tamanho de copa dos indivíduos, predizem o desempenho em crescimento basal das árvores estabelecidas em florestas maduras.

REFERÊNCIAS

- Anderson-Teixeira, K.J., McGarvey, J.C., Muller-Landau, H.C., Park, J.Y., Gonzalez-Akre, E.B., Herrmann, V., Bennett, A.C., So, C.V., Bourg, N.A., Thompson, J.R., McMahon, S.M. and McShea, W.J. (2015), Size-related scaling of tree form and function in a mixed-age forest. **Function Ecology**, 29: 1587-1602. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.12470>
- Assmann, E. The principles of forest yield study: studies in the organic production, structure, increment and yield of forest stands. **Oxford: Pergamon**, 1970.
- Bates D, Machler M, Bolker BM, Walker SC. Fitting linear mixed-effects models using lme4. **Journal of Statistical Software** 67: 1–48, 2015.
- Bergamin, R. S., Debastiani, V., Joner, D. C., Lemes, P., Guimarães, T., Loyola, R. D., & Mueller, S. C. Loss of suitable climatic areas for Araucaria forests over time. **Plant Ecology & Diversity**, 12(2), 115-126, 2019.
- Bordin K.M, *et al.* Climate and large-sized trees, but not diversity, drive above-ground biomass in subtropical forests, **Forest Ecology and Management**, Volume 490, 2021, 119126, ISSN 0378-1127, <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119126>.
- Bordin, K.M. Dinâmica da biomassa em uma floresta subtropical: efeito de componentes bióticos e abióticos. **Dissertação**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2018
- Cadotte M. Functional traits explain ecosystem function through opposing mechanisms. **Ecology Letters** 20:989-996, 2017.
- Carvalho, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. Colombo: **Embrapa Florestas**. 1040p. 2003.
- Chave, J., Coomes, D., Jansen, S., Lewis, S.L., Swenson, N.G. & Zanne, A.E. Towards a worldwide wood economics spectrum. **Ecology Letters**, 12, 351– 366. 2009.
- Comita, Liza S. and Engelbrecht, Bettina M. J. 2009. Seasonal and spatial variation in water availability drive habitat associations in a tropical forest. **Ecology**. 90 (10):2755–2765. <https://doi.org/10.1890/08-1482.1>
- Colombo, A.F. & Joly, C.A. Brazilian Atlantic Forest lato sensu: the most ancient Brazilian forest, and a biodiversity hotspot, is highly threatened by climate change. **Braz. J. Biol.** 70(3):697-708. 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842010000400002>
- Cornelissen, J. H. C., Lavorel, S., Garnier, E., Diaz, S., Buchmann, N., Gurvich, D. E., ... Pooter, H. Handbook of protocols for standardised and easy measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, 51(4), 335–380. 2003. <https://doi.org/10.1071/BT02124>.

- Costa F.R.C, Lang C, Sousa T.R, Emilio T, Esquivel-Muelbert A and Schietti J (2023) Fine-grained water availability drives divergent trait selection in Amazonian trees. *Front. For. Glob. Change* 6:1112560. doi: 10.3389/ffgc.2023.1112560
- D'Andrea, R. & Ostling, A. Challenges in linking trait patterns to niche differentiation. *Oikos*, 10, 1369–1385. 2016
- Dormann, C.F., Elith, J., Bacher, S., Buchmann, C., Carl, G., Carré, G. et al. (2013) Collinearity: a review of methods to deal with it and a simulation study evaluating their performance. *Ecography*, 36, 27–46. Available from: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2012.07348.x>
- Esquivel-Muelbert, A., Baker *et al.* Compositional response of Amazon forests to climate change, *Glob. Change Biol.*, 25, 39–56, <https://doi.org/10.1111/gcb.14413>, 2019.
- Estiarte M, *et al.* Few multiyear precipitation-reduction experiments find a shift in the productivity–precipitation relationship. *Global Change Biology* 22: 2570–2581, 2016.
- Fischer R.A, *et al.* Taking off the training wheels: the properties of a dynamic vegetation model without climate envelopes, CLM4.5(ED). *Geoscientific Model Development* 8: 3593–3619, 2015.
- Fritts HC. Tree rings and climate. New York: **Academic Press**; 1976.
- Fyllas NM, *et al.* Solar radiation and functional traits explain the decline of forest primary productivity along a tropical elevation gradient. *Ecology Letters* 20: 730–740, 2017.
- Fyllas NM, *et al.* Analysing Amazonian forest productivity using a new individual and trait-based model (TFS vol 1). *Geoscientific Model Development* 7: 1251–1269, 2014.
- Garnier, E., Navas, M.-L., & Grigulis, K. 2015. **Plant Functional Diversity**.
- Grime, J. P. (1998). Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate, filter and founder effects. *Journal of Ecology*, 86(6), 902-910.
- Grubb, P.J. Control of forest growth and distribution on wet tropical mountains with special reference to mineral nutrition. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 8:83-107. 1977.
- Guillemot, J., Martin-StPaul, N. K., Bulascoschi, L., Poorter, L., Morin, X., Pinho, B. X., le Maire, G., Bittencourt, P. R. L., Oliveira, R. S., Bongers, F., Brouwer, R., Pereira, L., Gonzalez Melo, G. A., Boonman, C. C. F., Brown, K. A., Cerabolini, B. E. L., Niinemets, Ü., Onoda, Y., Schneider, J. V., ... Brancalion, P. H. S. (2022). Small and slow is safe: On the drought tolerance of tropical tree species. *Global Change Biology*, 28, 2622–2638. <https://doi.org/10.1111/gcb.16082>
- Harvey, JE, Smiljanić, M, Scharnweber, T, et al. Tree growth influenced by warming winter climate and summer moisture availability in northern temperate forests. *Glob Change Biol.* 2020; 26: 2505–2518. <https://doi.org/10.1111/gcb.14966>

- Hertel, R.J.G. Interpretação morfológica de *Araucaria angustifolia*. Curitiba. **Tese**, Universidade Federal do Paraná. 1980.
- Kattge, J *et al.* TRY plant trait database – enhanced coverage and open access. **Global Change Biology**, v. 26, n. 1, p. 119-188, 2020. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/198159>>.
- King, D.A., Davies, S.J., Supardi, M.N.N. and Tan, S. Tree growth is related to light interception and wood density in two mixed dipterocarp forests of Malaysia. **Functional Ecology**, 19: 445-453. 2005. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2005.00982.x>
- Klipel, J., Bergamin, R.S., Seger, G.D.D.S., Carlucci, M.B. and Müller, S.C. (2021), Plant functional traits explain species abundance patterns and strategies shifts among saplings and adult trees in *Araucaria* forests. *Austral Ecology*, 46: 1084-1096. <https://doi.org/10.1111/aec.13044>
- Klipel, J., Bergamin, R. S., Cianciaruso, M. V., da Silva, A. C., Jurinitz, C. F., Jarenkow, J. A., Bordin, K. M., Molz, M., Higuchi, P., Picolotto, R. C., Debastiani, V. J., & Müller, S. C. (2023). How do distinct facets of tree diversity and community assembly respond to environmental variables in the subtropical Atlantic Forest? *Ecology and Evolution*, 13, e10321. <https://doi.org/10.1002/ece3.10321>
- Klipel, J., Müller, S.C., Gliesch, M., Duarte, L.S., Carlucci, M., Bergamin, R.S. (2023). Variability in leaf traits reveals contrasting strategies between forest and grassland woody communities across southern Brazil. *Flora*. 305. 152340. [10.1016/j.flora.2023.152340](https://doi.org/10.1016/j.flora.2023.152340).
- Kraft, N. J. B., Crutsinger, G. M., Forrestel, E. J., & Emery, N. C. (2014). Functional trait differences and the outcome of community assembly: An experimental test with vernal pool annual plants. **Oikos**, 123, 1391–1399. <https://doi.org/10.1111/oik.01311>
- Kunstler, G., Lavergne, S., Courbaud, B., Thuiller, W., Vieilledent, G., Zimmermann, N. E., Coomes, D. A. (2012). Competitive interactions between forest trees are driven by species' trait hierarchy, not phylogenetic or functional similarity: Implications for forest community assembly. **Ecology Letters**, 15, 831–840. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2012.01803.x>
- Laughlin, D.C. (2014), The intrinsic dimensionality of plant traits and its relevance to community assembly. **J Ecol**, 102: 186-193. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.12187>
- Iida, Y., Kohyama, T. S., Kubo, T., Kassim, A. R., Poorter, L., Sterck, F. J., & Potts, M. D. (2011). Tree architecture and life history strategies across 200 co-occurring tropical tree species. **Functional Ecology**, 25, 1260–1268.
- Iida, Y., Poorter, L., Sterck, F. J., Kassim, A. R., Kubo, T., Potts, M. D., & Kohyama, T. S. (2012). Wood density explains architectural differentiation across 145 co-occurring

- tropical tree species. **Functional Ecology**, 26, 274–282.
- Iida, Y., Niiyama, K., Aiba, S.-i., Kurokawa, H., Kondo, S., Mukai, M., Mori, A. S., Saito, S., Sun, Y., & Umeki, K. (2023). The trait-mediated trade-off between growth and survival depends on tree sizes and environmental conditions. *Journal of Ecology*, 111, 1777–1793. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.14146>
- Mcgill, B.J *et al.* Species abundance distributions: Moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework. **Ecology Letters**. 2007, 10, 995–1015.
- Missio, F. D. F *et al.* Functional traits of tree species in a fragment of Araucaria forest in Lages, Santa Catarina state. **Ciência Florestal**, 27, 215–224, 2017.
- Moonlight PW, Banda-R K, Phillips OL, et al. Expanding tropical forest monitoring into Dry Forests: The DRYFLOR protocol for permanent plots. **Plants, People, Planet**. 2021;3:295–300. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10112>.
- Muller-Landau HC, Dong SX. 2008. Metal band dendrometer protocol. 2008. https://forestgeo.si.edu/sites/default/files/metal_band_dendrometer_protocol_done_1.pdf.
- Muscarella, R., *et al.* Variation of tropical forest assembly processes across regional environmental gradients. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, 23, 52–62. 2016.
- Nutto, L. Manejo do crescimento diamétrico de Araucaria angustifolia (Bert.) O. Ktze. baseado na árvore individual. **Ciência Florestal**, v.11, p.9-25, 2001.
- Oliveira, J.M.; Roig, F.A. & Pillar, V.D. 2010. Climatic signals in tree-rings of Araucaria angustifolia on southern Brazilian highlands. **Austral Ecology** 35: 134–147.
- Oliveira, J.M.; Santarosa, E.; Pillar, V.D. & Roig, F.A.. Seasonal cambium activity in the subtropical rain forest tree Araucaria angustifolia. **Trees – Structure and Function** 23: 107-115, 2009.
- Oliveira-Filho AT (2009) Classificação das fitofisionomias da América do Sul extra-Andina: proposta de um novo sistema - prático e flexível - ou uma injeção a mais de caos? **Rodriguésia** 60 : 237–58
- Oliveira-Filho AT. & Fontes, M.A.L. Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil and the influence of climate. **Biotropica** 32:793-810. 2000.
- Oliveira, LZ.; Felipe Uller, H.; Renata Klitzke, A.; Roberto Eleotério, J.; Christian Vibrans, A. Towards the Fulfillment of a Knowledge Gap: Wood Densities for Species of the Subtropical Atlantic Forest. **MDPI**. 2019, 4, 104. <https://doi.org/10.3390/data4030104>
- Oliveira, R.S., Eller, C.B., Barros, F.d.V., Hirota, M., Brum, M. and Bittencourt, P. (2021), Linking plant hydraulics and the fast–slow continuum to understand resilience to drought in tropical ecosystems. *New Phytol*, 230: 904-923. <https://doi.org/10.1111/nph.17266>

- Pérez-Harguindeguy, N., Díaz, S., Garnier, E., Lavorel, S., Poorter, H., Jaureguiberry, P., Bret-Harte, M. S., Cornwell, W. K., Craine, J. M., Gurvich, D. E., Urcelay, C., Veneklaas, E. J., Reich, P. B., Poorter, L., Wright, I. J., Ray, P., Enrico, L., Pausas, J. G., de Vos, A. C., Cornelissen, J. H. C. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. **Australian Journal of Botany**, 61(3), 167. 2013.
- Poorter, L., Wright, S. J., Paz, H., Ackerly, D. D., Condit, R., Ibarra-Manríquez, G., & Wright, I.J. Are functional traits good predictors of demographic rates? Evidence from five neotropical forests. **Ecology**, 89(7), 1908-1920, 2008.
- Rambo BSJ (1956) A Fisionomia do Rio Grande do Sul – **Ensaio de Monografia Natural**.
- Ribeiro, M. C., Metzger, J. P. W., Martensen, A. C., Ponzoni, F. J., & Hirota, M. M. The Brazilian Atlantic forest:: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, 142, 2009.
doi:10.1016/j.biocon.2009.02.021
- Shipley, B., De Bello, F., Cornelissen, J. H. C., Laliberté, E., Laughlin, D. C., & Reich, P. B. Reinforcing loose foundation stones in trait-based plant ecology. **Oecologia**, 180(4), 923-931. 2016.
- Souza A.F. A review of the structure and dynamics of araucaria mixed forests in southern Brazil and northern Argentina, **New Zealand Journal of Botany**, 59:1, 2-54. 2021.
- Swenson, N. G., Anglada-Cordero, P., & Barone, J. A.. Deterministic tropical tree community turnover: evidence from patterns of functional beta diversity along an elevational gradient. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, 278(1707), 2011, 877–884. <https://doi.org/10.1098/rspb.2010.1369>.
- Uriarte, M., Condit, R., Canham, C. D., & Hubbell, S. P. (2004). A spatially explicit model of sapling growth in a tropical forest: does the identity of neighbours matter? **Journal of Ecology**, 92(2), 348-360.
- Uriarte, M., Schwartz, N., Powers, J. S., Marín-Spiotta, E., Liao, W., & Werden, L. K. (2016). Impacts of climate variability on tree demography in second growth tropical forests: the importance of regional context for predicting successional trajectories. **Biotropica**, 48(6), 780-797. <https://doi.org/10.1111/btp.12380>.
- Verbeeck, H., M. Bauters, T. Jackson, A. Shenkin, M. Disney, and K. Calders. Time for a plant structural economics spectrum. **Frontiers in Forests and Global Change** 2: 43. 2019.
- Violle C, Navas ML, Vile D, Kazakou E, Fortunel C (2007) Let the concept of trait be functional, **Oikos** 116: 882-892.
- Weiher, E., van der Werf, A., Thompson, K., Roderick, M., Garnier, E. and Eriksson, O.

Challenging Theophrastus: A common core list of plant traits for functional ecology. **Journal of Vegetation Science**, 10: 609-620. 1999.

Wright IJ, Reich PB, Westoby M, Ackerly DD, Baruch Z, Bongers F, Cavender-Bares J, Chapin T, Cornelissen JHC, Diemer M et al. 2004. The worldwide leaf economics spectrum. **Nature** 428: 821–827.

Wright SJ, Kitajima K, Kraft NJB, Reich PB, Wright IJ, Bunker DE, Condit R, Dalling JW, Davies SJ, Diaz S et al. Functional traits and the growth-mortality trade-off in tropical trees. **Ecology** 91: 3664–3674. 2010.

MATERIAL SUPLEMENTAR

Apêndice 1- Relação das 11 campanhas de coleta de dados das cintas, subdivididas por ano (2018 a 2022), nos sítios de amostragem em florestas com Araucária na borda leste do Planalto do Rio Grande do Sul: Reserva Particular do Patrimônio Natural Pró-Mata (PRM), Estação Ecológica Estadual de Aratinga (EEA) e Parque Nacional Aparados da Serra (PNA).

ANO	CAMPANHA	PRM	EEA	PNA
2018	T1	mar/18	mar/18	mar/18
2018	T2	mai/18	mai/18	mai/18
2018	T3	ago/18	ago/18	ago/18
2018	T4	dez/18	dez/18	dez/18
2019	T5	mar/19	mar/19	jun/19
2019	T6	nov/19	nov/19	nov/19
2020	T7	ago/20	ago/20	ago/20
2020	T8	nov/20	nov/20	nov/20
2021	T9	mai/21	mai/21	jul/21
2021	T10	nov/21	out/21	out/21
2022	T11	out/22	nov/22	nov/22

Apêndice 2: Valores médios e desvio padrão do crescimento anual por espécie.

Espécie	Crescimento médio em área basal (cm²/ano)	DP	Crescimento médio em diâmetro (cm/ano)	DP
<i>Araucaria angustifolia</i>	14.939	13.291	0.249	0.185
<i>Casearia decandra</i>	1.883	2.362	0.062	0.068
<i>Drimys angustifolia</i>	3.002	7.070	0.094	0.230
<i>Ilex microdonta</i>	3.948	3.739	0.103	0.092
<i>Ilex paraguariensis</i>	2.372	2.283	0.075	0.057
<i>Laplacea acutifolia</i>	6.871	9.691	0.169	0.176
<i>Myrceugenia myrcioides</i>	0.968	2.092	0.042	0.087
<i>Myrcia retorta</i>	6.847	5.307	0.120	0.074
<i>Myrsine parvula</i>	1.432	1.657	0.072	0.078
<i>Nectandra grandiflora</i>	0.364	0.531	0.020	0.028
<i>Ocotea bicolor</i>	3.606	3.795	0.097	0.093
<i>Ocotea elegans</i>	4.105	4.054	0.100	0.072
<i>Ocotea porosa</i>	4.351	6.106	0.103	0.110
<i>Ocotea pulchella</i>	2.275	1.859	0.075	0.053
<i>Podocarpus lambertii</i>	7.589	8.795	0.176	0.134
<i>Sapium glandulosum</i>	0.774	2.000	0.026	0.061
<i>Siphoneugena reitzii</i>	1.751	1.913	0.059	0.043
Total	5.440	8.435	0.117	0.136

Apêndice 3: Lista de espécies arbóreas da Floresta com Araucária no sul do Brasil com crescimento monitorado por cintas dendrométricas. São fornecidas suas respectivas famílias botânicas, acrônimo (Ac) e os valores considerados para cada espécie para os atributos específicos (média de indivíduos medidos na região): SLA (área foliar específica, cm².g⁻¹), LDMC (teor de matéria seca foliar, mg.g⁻¹), LA (área foliar, cm²) e WD (wood density, g/cm³).

Família	Espécie	Ac	SLA	LDMC	LA	WD
Aquifoliaceae	<i>Ilex microdonta</i>	Ilmi	59	415.48	7.70	0.56
Aquifoliaceae	<i>Ilex paraguariensis</i>	Ilpa	64.79	432.38	14.1	0.5
Araucariaceae	<i>Araucaria angustifolia</i>	Aran	53.03	368.5	1.20	0.48
Euphorbiaceae	<i>Sapium glandulosum</i>	Sagl	87.64	301.05	16.5	0.35
Lauraceae	<i>Ocotea bicolor</i>	Ocbi	66.69	483.89	7.85	0.59
Lauraceae	<i>Nectandra grandiflora</i>	Negr	56	468.07	14.1	0.4
Lauraceae	<i>Ocotea porosa</i>	Ocpo	80.75	493.46	5.82	0.57
Lauraceae	<i>Ocotea elegans</i>	Ocel	71.37	479.78	8.29	0.54
Lauraceae	<i>Ocotea pulchella</i>	Ocpu	86.4	472.45	8.00	0.65
Myrtaceae	<i>Myrceugenia myrcioides</i>	Mymy	82.04	319.25	15.9	0.51
Myrtaceae	<i>Myrcia retorta</i>	Myre	39.35	477.03	9.18	0.81
Myrtaceae	<i>Siphoneugena reitzii</i>	Sire	80.51	465.11	0.97	0.79
Podocarpaceae	<i>Podocarpus lambertii</i>	Pola	67.28	439.19	0.50	0.45
Primulaceae	<i>Myrsine parvula</i>	Mypa	70.03	375.06	14.1	0.41
Salicaceae	<i>Casearia decandra</i>	Cade	164.1	339.38	5.05	0.68
Theaceae	<i>Laplacea acutifolia</i>	Laac	80.64	342.19	7.69	0.57
Winteraceae	<i>Drimys angustifolia</i>	Dran	97.72	313.23	7.40	0.38

Apêndice 4: Dados de atributos funcionais estruturais de indivíduos arbóreos monitorados em três localidades de florestas com Araucária no sul do Brasil, conforme suas respectivas espécies e os valores considerados para cada indivíduo neste estrato para os caracteres: altura total (m), área de copa, (m²), volume de copa (m³), diâmetro a altura do peito (DAP) inicial (cm), crescimento médio anual em área basal(cm²) em todo o período de monitoramento (2018-2022).

Tag.No	Sítio	Espécie	Altura total (m)	Área de copa (m ²)	Volume de copa (m ³)	DAP inicial (cm)	Crescimento médio anual (cm ² /ano)
38	CPM	Aran	10	3.140	3.140	10.791	0.241
46	CPM	Aran	13	19.630	19.630	25.624	9.707
120	CPM	Aran	16	28.270	70.690	36.033	18.208
131	CPM	Aran	16	50.270	150.800	51.725	33.937
403	CPM	Aran	10	2.360	4.710	20.913	14.934
407	CPM	Aran	8	3.140	3.140	13.687	4.235
425	CPM	Aran	14	23.560	94.250	27.184	17.211
433	CPM	Aran	15	19.630	39.270	24.510	15.105
448	CPM	Aran	14	28.270	113.100	34.155	16.566
463	CPM	Aran	8	3.140	3.140	13.624	6.537
473	CPM	Aran	13	12.570	50.270	27.025	4.300
489	CPM	Aran	15	50.270	150.800	44.914	23.227
605	PAS	Aran	16	32.990	98.960	44.723	20.361
616	PAS	Aran	14	50.270	201.060	31.481	14.126
631	PAS	Aran	16	28.270	84.820	44.532	4.567
646	PAS	Aran	15	7.070	14.140	30.685	2.395
662	PAS	Aran	12	1.770	1.770	17.698	0.000
678	PAS	Aran	19	63.620	190.850	59.397	32.214
688	PAS	Aran	9	19.630	39.270	46.219	12.949
707	PAS	Aran	15	50.270	251.330	35.810	21.581
717	PAS	Aran	16	49.480	197.920	41.062	8.918
744	PAS	Aran	15.5	7.070	14.140	29.221	2.674
765	PAS	Aran	11.5	0.790	0.790	22.950	1.639
771	PAS	Aran	9.5	3.140	3.140	14.356	3.028
786	PAS	Aran	15.5	50.270	100.530	60.988	23.520
864	PAS	Aran	12	37.700	75.400	24.987	6.079
904	PAS	Aran	20	20.420	81.680	41.062	0.000
931	PAS	Aran	8.5	3.140	3.140	16.138	0.648
968	PAS	Aran	19	163.360	653.450	62.803	39.775

983	PAS	Aran	12	7.070	10.600	35.842	8.845
1038	PAS	Aran	13	23.560	47.120	32.149	24.884
1048	PAS	Aran	18.5	78.540	314.160	59.556	29.052
1089	PAS	Aran	18	78.540	314.160	60.956	8.017
A1	PAS	Aran	19.5	113.100	452.390	79.195	24.427
A2	PAS	Aran	22	176.710	883.570	79.577	22.571
2023	EEA	Aran	13.5	12.570	25.130	16.584	12.683
2034	EEA	Aran	15	95.030	285.100	42.335	14.658
2077	EEA	Aran	20	95.030	285.100	52.744	10.793
2088	EEA	Aran	16	16.490	49.480	27.120	38.775
2197	EEA	Aran	19	78.540	235.620	49.338	23.562
2212	EEA	Aran	16	197.920	791.680	46.441	11.962
2267	EEA	Aran	17.5	63.620	190.850	42.781	30.449
2286	EEA	Aran	12.5	21.990	65.970	22.759	11.147
2609	EEA	Aran	14	47.170	212.270	29.444	29.514
2626	EEA	Aran	17	102.100	561.560	54.431	72.010
2646	EEA	Aran	14	41.230	123.700	39.407	5.988
2669	EEA	Aran	17	27.490	109.960	26.897	17.227
2741	EEA	Aran	9.5	4.910	4.910	15.565	3.170
2790	EEA	Aran	11.5	9.620	19.240	12.637	1.278
2791	EEA	Aran	11.5	49.480	148.440	33.741	7.951
2801	EEA	Aran	10	7.070	14.140	9.263	0.561
2827	EEA	Aran	15	86.590	259.770	38.770	9.212
2846	EEA	Aran	17.5	38.480	76.970	37.879	14.341
10	CPM	Cade	13	11.780	82.470	17.316	3.005
59	CPM	Cade	11	19.630	39.270	13.305	1.375
63	CPM	Cade	12	18.850	56.550	18.939	4.323
123	CPM	Cade	12	1.570	6.280	13.783	0.092
124	CPM	Cade	15	3.530	17.670	14.228	1.147
331	CPM	Cade	6	0.200	0.100	10.536	0.877
613	PAS	Cade	6	18.850	56.550	9.199	0.102
697	PAS	Cade	8	27.490	54.980	31.831	0.637
705	PAS	Cade	8	23.560	117.810	28.552	0.381
788	PAS	Cade	13	63.620	381.700	25.974	8.638
810	PAS	Cade	12	11.780	58.900	32.372	1.875
944	PAS	Cade	14	5.890	17.670	14.324	1.317
1033	PAS	Cade	10.5	19.630	39.270	10.632	0.000
1042	PAS	Cade	10	21.990	43.980	11.968	0.187
1062	PAS	Cade	13	15.710	62.830	16.934	2.630
1078	PAS	Cade	7.5	3.140	3.140	14.929	0.968
1082	PAS	Cade	13	7.070	21.210	17.666	6.214
1094	PAS	Cade	8	18.850	37.700	18.589	0.124
192	CPM	Dran	8.5	4.710	4.710	12.923	0.000

220	CPM	Dran	8	19.630	39.270	18.239	0.000
283	CPM	Dran	9	0.790	0.790	9.899	0.088
313	CPM	Dran	12	6.280	12.570	24.383	0.325
342	CPM	Dran	11	19.630	78.540	32.181	3.088
388	CPM	Dran	9	7.070	14.140	12.573	0.056
446	CPM	Dran	6	1.770	3.530	8.658	0.154
495	CPM	Dran	11	11.780	47.120	18.080	20.306
1	CPM	Ilmi	14	18.850	75.400	20.690	7.538
18	CPM	Ilmi	14	32.990	164.930	25.051	0.223
34	CPM	Ilmi	11	23.560	47.120	26.579	12.653
55	CPM	Ilmi	15	3.140	3.140	12.382	2.361
103	CPM	Ilmi	14	32.990	98.960	32.563	10.492
119	CPM	Ilmi	11.5	4.710	14.140	10.090	0.816
222	CPM	Ilmi	13	23.560	94.250	27.629	0.123
344	CPM	Ilmi	12	15.710	62.830	31.863	3.486
363	CPM	Ilmi	14	14.140	42.410	23.587	4.346
366	CPM	Ilmi	10	4.710	14.140	10.186	0.409
583	CPM	Ilmi	10	9.420	28.270	16.743	0.373
30a	CPM	Ilmi	10.5	11.780	35.340	16.488	5.655
610	PAS	Ilmi	10.5	49.480	296.880	30.844	1.856
685	PAS	Ilmi	13	1.770	3.530	24.987	4.379
722	PAS	Ilmi	8	37.700	188.500	29.189	2.802
752	PAS	Ilmi	7.5	2.360	2.360	9.263	0.021
808	PAS	Ilmi	13	12.570	50.270	12.223	0.300
816	PAS	Ilmi	12	50.270	402.120	33.136	0.442
920	PAS	Ilmi	11	6.280	25.130	20.181	1.896
964	PAS	Ilmi	10.5	12.570	25.130	26.579	8.164
988	PAS	Ilmi	8.5	7.070	14.140	16.902	7.231
1012	PAS	Ilmi	10	15.710	31.420	40.362	7.493
1032	PAS	Ilmi	13	50.270	251.330	27.279	7.750
17	CPM	Ilpa	13	19.630	117.810	21.613	0.674
172	CPM	Ilpa	12	43.980	219.910	23.205	3.436
194	CPM	Ilpa	13	23.560	117.810	24.192	1.782
219	CPM	Ilpa	10	11.780	35.340	15.661	0.209
226	CPM	Ilpa	12	9.420	37.700	12.541	0.364
233	CPM	Ilpa	10	12.570	50.270	14.451	1.558
329	CPM	Ilpa	12	15.710	62.830	18.239	2.499
792	PAS	Ilpa	13.5	23.560	117.810	25.433	8.869
806	PAS	Ilpa	12	6.280	18.850	16.711	1.421
819	PAS	Ilpa	12	7.070	14.140	13.401	2.893
1009	PAS	Ilpa	12	19.630	78.540	14.770	2.062
1041	PAS	Ilpa	11	75.400	376.990	26.834	2.698
7	CPM	Laac	13	28.270	113.100	25.210	4.756

24	CPM	Laac	11	12.570	62.830	17.412	0.310
57	CPM	Laac	16	95.030	285.100	42.876	29.818
427	CPM	Laac	10	9.420	18.850	18.271	2.586
449	CPM	Laac	7	9.420	14.140	16.297	6.709
541	CPM	Laac	13	12.570	25.130	22.059	18.456
793	PAS	Laac	13	9.420	37.700	35.269	1.492
869	PAS	Laac	7.5	12.570	25.130	11.523	3.093
892	PAS	Laac	8	3.140	3.140	37.083	0.330
893	PAS	Laac	6.5	6.280	18.850	9.486	1.159
240	CPM	Mypa	8.5	3.140	3.140	11.077	0.049
436	CPM	Mypa	7	1.180	1.180	12.446	0.028
475	CPM	Mypa	11	9.420	23.560	14.897	0.000
2022	EEA	Mypa	9	17.280	60.480	11.236	2.726
2732	EEA	Mypa	9.5	7.070	28.270	12.191	0.353
2797	EEA	Mypa	11.5	7.070	42.410	13.560	2.331
2808	EEA	Mypa	10	15.710	47.120	13.592	5.274
2809	EEA	Mypa	9	0.790	0.790	15.661	0.839
2830	EEA	Mypa	9.5	17.720	88.590	21.581	1.300
2868	EEA	Mypa	9	19.630	58.900	9.040	1.418
185	CPM	Mymy	7	32.990	65.970	17.189	0.038
256	CPM	Mymy	11	11.780	47.120	13.114	0.000
336	CPM	Mymy	8	4.710	4.710	9.549	0.064
354	CPM	Mymy	9.5	7.070	14.140	12.191	0.081
369	CPM	Mymy	7	1.960	3.930	9.008	0.000
378	CPM	Mymy	9	7.070	28.270	18.144	8.390
379	CPM	Mymy	9	7.070	14.140	14.101	3.172
659	PAS	Mymy	10	3.140	12.570	20.054	0.000
665	PAS	Mymy	7.5	7.070	21.210	8.722	0.214
666	PAS	Mymy	11	32.990	230.910	14.929	0.033
676	PAS	Mymy	9	9.420	18.850	21.454	0.095
960	PAS	Mymy	9.5	3.140	6.280	13.083	0.204
989	PAS	Mymy	5	0.200	0.100	26.197	0.350
2017	EEA	Mymy	10	23.560	106.030	10.504	0.506
2057	EEA	Mymy	9	28.270	141.370	9.295	0.291
2195	EEA	Mymy	8	9.820	49.090	11.205	0.225
2223	EEA	Mymy	6.5	18.850	56.550	10.090	0.022
2266	EEA	Mymy	6.5	27.270	163.610	11.586	6.154
2289	EEA	Mymy	7	7.070	21.210	9.135	0.163
2314	EEA	Mymy	6	19.630	78.540	12.446	0.472
2588	EEA	Mymy	6.3	9.420	28.270	9.708	0.000
2656	EEA	Mymy	8	7.070	35.340	13.051	0.000
2743	EEA	Mymy	7.5	15.710	78.540	14.674	1.084
2863	EEA	Mymy	5.2	9.420	37.700	14.579	1.671

15	CPM	Myre	12.5	16.490	82.470	24.160	0.376
36	CPM	Myre	10	9.420	28.270	11.618	0.155
196	CPM	Myre	10	4.710	4.710	13.592	1.097
291	CPM	Myre	13	37.700	226.190	50.739	14.319
346	CPM	Myre	11.5	2.360	7.070	17.571	1.930
355	CPM	Myre	11.5	6.280	18.850	16.425	1.360
365	CPM	Myre	14	78.540	235.620	61.752	13.100
372	CPM	Myre	14	56.550	339.290	40.394	5.680
426	CPM	Myre	10	4.710	9.420	25.083	8.231
565	CPM	Myre	7	1.770	2.650	9.422	0.084
2024	EEA	Myre	11	49.480	247.400	31.990	13.173
2031	EEA	Myre	12.5	49.480	247.400	38.038	11.021
2194	EEA	Myre	13.5	30.630	183.780	15.502	1.564
2268	EEA	Myre	8	18.850	94.250	23.587	8.076
2288	EEA	Myre	16	49.480	296.880	65.445	16.230
2303	EEA	Myre	16	70.040	420.250	52.298	8.731
2608	EEA	Myre	15	56.550	339.290	49.083	12.305
2745	EEA	Myre	10.5	42.410	169.650	39.375	8.554
2769	EEA	Myre	11	28.080	140.390	26.229	6.557
2840	EEA	Myre	11	67.150	335.760	18.717	4.398
83	CPM	Negr	8	12.570	37.700	11.777	1.299
227	CPM	Negr	6.5	5.890	17.670	8.722	0.019
358	CPM	Negr	10	6.280	12.570	12.319	0.274
374	CPM	Negr	9	3.140	9.420	12.510	0.083
442	CPM	Negr	9	1.570	6.280	9.295	0.145
4	CPM	Ocbi	9	4.710	9.420	10.472	0.187
8	CPM	Ocbi	11	19.630	58.900	14.929	1.710
22	CPM	Ocbi	15	37.700	188.500	32.945	7.840
74	CPM	Ocbi	13	6.280	12.570	15.088	2.347
100	CPM	Ocbi	14	4.710	9.420	25.306	11.176
114	CPM	Ocbi	14	28.270	84.820	26.897	4.462
115	CPM	Ocbi	10	3.140	3.140	10.600	0.189
182	CPM	Ocbi	12	38.480	76.970	23.619	9.517
208	CPM	Ocbi	13	18.850	113.100	17.889	8.234
218	CPM	Ocbi	12	3.140	3.140	19.321	0.387
266	CPM	Ocbi	14	18.850	75.400	40.712	8.108
340	CPM	Ocbi	12	2.360	4.710	13.846	0.804
359	CPM	Ocbi	12	3.140	6.280	11.395	0.152
367	CPM	Ocbi	11	1.570	3.140	14.165	0.696
371	CPM	Ocbi	13	6.280	18.850	20.881	2.622
333a	CPM	Ocbi	14	62.830	157.080	30.208	1.818
333c	CPM	Ocbi	14	62.830	157.080	12.064	1.056
828	PAS	Ocel	12	37.700	150.800	52.044	12.923

1005	PAS	Ocel	15	18.850	75.400	22.409	6.955
1008	PAS	Ocel	13	7.070	10.600	18.207	5.295
1051	PAS	Ocel	12	7.850	15.710	17.316	1.942
1060	PAS	Ocel	13.5	3.140	6.280	21.199	4.635
1063	PAS	Ocel	8	0.790	0.790	17.030	0.076
1066	PAS	Ocel	15	12.570	50.270	16.329	0.327
1073	PAS	Ocel	11	18.850	75.400	19.990	3.599
Oc3a	PAS	Ocel	14	78.540	392.700	21.486	1.198
53	CPM	Ocpo	14	14.140	70.690	30.239	5.353
335	CPM	Ocpo	12	31.420	157.080	16.584	1.112
60a	CPM	Ocpo	11	9.420	18.850	16.075	2.315
60b	CPM	Ocpo	11	9.420	18.850	11.555	0.568
72a	CPM	Ocpo	12	7.070	14.140	16.743	4.606
72b	CPM	Ocpo	12	7.070	14.140	14.069	4.085
817	PAS	Ocpo	11	27.490	137.440	25.146	2.868
842	PAS	Ocpo	9.5	1.570	2.360	9.390	0.251
851	PAS	Ocpo	8	3.140	6.280	11.905	0.079
1000	PAS	Ocpo	14	65.970	395.840	39.725	18.485
1045	PAS	Ocpo	7	6.280	12.570	9.072	0.040
Oc1	PAS	Ocpo	12	7.070	14.140	23.905	5.492
Oc2	PAS	Ocpo	9.5	18.850	75.400	17.412	7.441
Oc4	PAS	Ocpo	11	2.360	2.360	12.669	0.367
Oc5	PAS	Ocpo	13	3.930	3.930	15.534	0.035
Oc6	PAS	Ocpo	15	18.850	56.550	27.215	10.300
Oc7	PAS	Ocpo	14	47.120	235.620	38.356	22.817
Oc8	PAS	Ocpo	12	12.570	37.700	21.168	0.754
2275	EEA	Ocpo	15	77.750	544.280	36.924	1.060
2596	EEA	Ocpo	13	23.560	235.620	27.534	1.719
2815	EEA	Ocpo	11	23.560	94.250	29.285	1.631
734	PAS	Ocpu	7.5	18.850	18.850	12.096	1.916
923	PAS	Ocpu	8	7.070	7.070	11.141	0.674
2020	EEA	Ocpu	14	18.850	75.400	27.088	1.146
2021	EEA	Ocpu	13	9.420	28.270	21.359	7.180
2193	EEA	Ocpu	13	34.730	138.920	22.250	2.992
2262	EEA	Ocpu	13	9.420	28.270	13.369	1.230
2594	EEA	Ocpu	10	19.630	78.540	11.268	1.115
2657	EEA	Ocpu	14.5	27.490	178.680	34.218	3.283
2747	EEA	Ocpu	11.5	23.560	70.690	30.812	2.129
2834	EEA	Ocpu	14.5	69.120	414.690	3.629	0.718
2854	EEA	Ocpu	10.5	4.710	7.070	54.049	2.644
2061	EEA	Pola	12.5	7.070	21.210	16.329	4.799
2199	EEA	Pola	14	12.570	62.830	22.473	0.650
2201	EEA	Pola	12	9.420	18.850	21.327	14.081

2234	EEA	Pola	12.5	49.480	296.880	23.969	5.561
2243	EEA	Pola	5.5	3.140	4.710	8.817	0.395
2259	EEA	Pola	11	15.710	15.710	13.846	7.724
2320	EEA	Pola	14	40.530	243.160	28.807	7.127
2584	EEA	Pola	8.5	12.570	37.700	9.581	1.369
2586	EEA	Pola	8.5	0.790	0.790	10.377	1.361
2619	EEA	Pola	7.5	0.200	0.100	8.881	0.000
2665	EEA	Pola	14	28.270	169.650	33.041	8.988
2734	EEA	Pola	11.5	27.490	109.960	26.165	7.079
2740	EEA	Pola	10	49.480	222.660	32.372	9.324
2793	EEA	Pola	11	44.770	223.840	28.075	2.129
2795	EEA	Pola	13.5	7.070	35.340	30.017	14.180
2802	EEA	Pola	11	61.260	306.310	40.043	4.377
2819	EEA	Pola	12	15.710	47.120	27.661	3.402
2822	EEA	Pola	9	6.280	18.850	14.388	5.502
2831	EEA	Pola	12	38.480	153.940	48.415	39.644
2841	EEA	Pola	12	43.980	241.900	29.953	14.081
235	CPM	Sagl	14	12.570	12.570	18.303	0.000
243	CPM	Sagl	8	1.570	3.140	18.621	0.373
248	CPM	Sagl	12	3.140	3.140	11.459	0.000
315	CPM	Sagl	11	3.140	6.280	17.189	0.115
316	CPM	Sagl	12	4.710	9.420	9.868	0.000
318	CPM	Sagl	15	3.140	3.140	14.006	0.093
320	CPM	Sagl	9	3.140	4.710	14.228	0.285
323	CPM	Sagl	14	7.070	14.140	15.884	0.000
485	CPM	Sagl	9	1.570	1.570	9.517	0.000
601	PAS	Sagl	7	5.500	13.740	14.961	3.569
907	PAS	Sagl	10	3.960	5.940	14.961	0.420
925	PAS	Sagl	8	7.070	7.070	17.666	0.039
936	PAS	Sagl	7.5	1.570	1.570	11.236	0.000
972	PAS	Sagl	10	0.790	0.790	18.876	0.210
1071	PAS	Sagl	13.5	6.280	6.280	22.982	0.204
2641	EEA	Sagl	14	3.140	6.280	22.027	7.808
2859	EEA	Sagl	8	4.710	9.420	18.939	0.042
224	CPM	Sire	11.5	23.560	70.690	21.963	1.867
373	CPM	Sire	10.5	14.140	42.410	22.536	1.307
412a	CPM	Sire	8.5	9.420	18.850	18.526	1.034
597	PAS	Sire	7.5	4.710	14.140	9.549	1.079
612	PAS	Sire	11	21.990	87.960	27.566	6.635
617	PAS	Sire	12.5	28.270	141.370	29.285	7.911
627	PAS	Sire	9	12.570	37.700	12.382	2.390
640	PAS	Sire	7	15.710	31.420	10.186	1.103
655	PAS	Sire	11	11.780	47.120	21.168	2.083

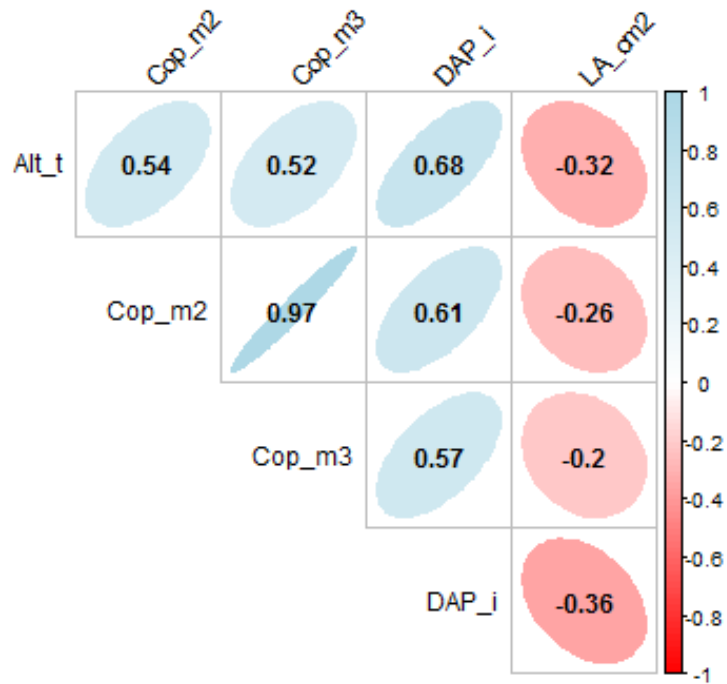
667	PAS	Sire	9	12.570	37.700	22.823	1.527
689	PAS	Sire	6.5	7.070	10.600	12.223	0.491
700	PAS	Sire	7	9.420	28.270	13.496	1.303
737	PAS	Sire	9.5	12.570	37.700	24.414	2.181
2085	EEA	Sire	11	1.570	6.280	16.297	0.581
2215	EEA	Sire	7.5	11.000	32.990	12.096	0.758
2217	EEA	Sire	10.5	27.490	109.960	20.881	2.244
2230	EEA	Sire	8	19.630	68.720	11.236	0.351
2261	EEA	Sire	12	21.990	109.960	22.855	0.458
2272	EEA	Sire	4.5	7.070	17.670	8.722	0.548
2323	EEA	Sire	8	12.570	56.550	18.303	0.489
2722	EEA	Sire	8	2.360	4.710	15.024	0.469
2762	EEA	Sire	7.5	7.070	14.140	10.250	1.724

Tag.No	plot1	sp	Alt_t	Cop_m2	Cop_m3	DAP_i	BA
--------	-------	----	-------	--------	--------	-------	----

Apêndice 5:

Correlações da comunidade entre os atributos funcionais.

Cores azuis indicam forte correlação positiva e cores vermelhas indicam correlações negativas.



Apêndice 6:

Modelos de crescimento anual em área basal, usando atributos funcionais (DAP inicial cm, área de copa m² e área foliar da sp. cm², respectivamente a,b,c) como variáveis preditoras e a dispersão dos indivíduos por espécie.

