

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL**

**CAMPUS ERECHIM**

**CURSO DE GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - BACHARELADO**

**JULIA KAROLINE ALVES**

**ANÁLISE DO EFEITO DE BORDA COM FOCO NA DISTRIBUIÇÃO DA *Araucaria*  
*Angustifolia***

**ERECHIM**

**2024**

**JULIA KAROLINE ALVES**

**ANÁLISE DO EFEITO DE BORDA COM FOCO NA DISTRIBUIÇÃO DA *Araucaria  
Angustifolia***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas - Bacharelado da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador(a): Dr. Paulo Afonso Hartmann

ERECHIM

2024

## **Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Alves, Julia Karoline

ANÁLISE DO EFEITO DE BORDA COM FOCO NA DISTRIBUIÇÃO  
DA Araucaria Angustifolia / Julia Karoline Alves. --  
2024.

32 f.:il.

Orientador: Doutor Paulo Afonso Hartmann

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Bacharelado em Ciências Biológicas, Erechim,RS, 2024.

1. Ecologia. 2. Distribuição diamétrica. 3. Unidades  
de conservação. 4. Floresta Ombrófila Mista. I.  
Hartmann, Paulo Afonso, orient. II. Universidade Federal  
da Fronteira Sul. III. Título.

**JULIA KAROLINE ALVES**

**ANÁLISE DO EFEITO DE BORDA COM FOCO NA DISTRIBUIÇÃO DA *Araucaria*  
*Angustifolia***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Ciências Biológicas - Bacharelado da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 21/06/2024.

---

Prof. Dr. Paulo A. Hartmann - UFFS  
Orientador

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha sincera gratidão a todos que contribuíram para a realização deste trabalho. Sem o apoio e orientação de diversas pessoas, este trabalho não teria sido possível.

Primeiramente, quero agradecer a meus pais por seu amor incondicional, paciência, apoio e participação durante todo o processo de pesquisa. Seu constante incentivo e esforço foi fundamental para que eu persistisse nos momentos mais desafiadores.

À minha rede de amigos, especialmente a Gabriel e Lavinya, que estiveram ao meu lado todos os momentos, me incentivaram e me ajudaram a desenvolver o trabalho. O apoio tornou a trajetória mais leve e gratificante

Expresso também minha sincera gratidão aos meus estimados professores, em particular ao Dr. Pedro Germano Murara e à Dra. Marília Hartmann, que foram essenciais para a concepção do projeto deste trabalho. Agradeço também ao meu orientador Dr Paulo Hartmann, cuja orientação foi essencial para o desenvolvimento deste trabalho, suas críticas construtivas e conselhos moldaram não apenas o conteúdo deste estudo, mas também o meu crescimento acadêmico e profissional.

À gestão da Floresta Nacional de Caçador, em especial a gestora Fabiana e ao servidor Paulo Sérgio Rodrigues, expresso minha gratidão pela disposição em compartilhar informações e recursos, bem como pela receptividade às minhas investigações. Sua colaboração foi fundamental para a realização deste trabalho e para a compreensão mais profunda do tema.

Também gostaria de agradecer aos demais envolvidos na coleta de dados, em especial ao meu irmão Thiago Henrique Alves, ao meu tio Vivaldino José Domingues e ao meu primo Éder Alves. Além disso, um agradecimento especial ao Saimon Dale Laste, pelo apoio, disposição e suporte emocional durante a elaboração deste trabalho.

Por fim, agradeço a todos os demais colegas, professores, técnicos e familiares que de alguma forma contribuíram para este estudo, seja através de feedbacks ou suporte técnico.

Suas contribuições foram de grande valia e enriqueceram significativamente o resultado final deste trabalho.

A todos vocês, meu mais sincero obrigado. Este trabalho não seria possível sem a ajuda e o apoio de cada um de vocês.

## RESUMO

A *Araucaria angustifolia*, também conhecida como araucária ou pinheiro-do-paraná, é uma espécie nativa da região Sul do Brasil, de grande importância ecológica, social e econômica. No entanto, enfrenta ameaças devido à redução drástica de sua área causada pela conversão de florestas para atividades agrícolas e pecuárias, além da exploração madeireira. A preservação da Araucária e da Floresta Ombrófila Mista (FOM) depende de unidades de conservação (UCs), como a Floresta Nacional de Caçador. Este estudo analisa os impactos do efeito de borda na abundância e porte da *Araucaria angustifolia* em uma região de FOM, considerando diferentes tipos de matriz. Os resultados revelam que a temperatura, umidade e matriz do entorno afetam a espécie, que demonstra resistência aos efeitos de borda. Sua presença em áreas de conservação é crucial para a manutenção da biodiversidade e dos ecossistemas, destacando a importância de compreender seu comportamento para desenvolver estratégias eficazes de conservação.

Palavras-chave: Floresta Ombrófila Mista, Ecologia, Unidades de Conservação, Distribuição diamétrica.

## ABSTRACT

The *Araucaria angustifolia*, also known as araucária or Paraná pine, is a native species of the southern region of Brazil, of great ecological, social, and economic importance. However, it faces threats due to the drastic reduction of its area caused by the conversion of forests for agricultural and livestock activities, as well as logging. The preservation of Araucaria and the Mixed Ombrophilous Forest (FOM) depends on conservation units (CUs), such as the Caçador National Forest. This study analyzes the impacts of edge effects on the abundance and size of *Araucaria angustifolia* in an FOM region, considering different types of matrices. The results reveal that temperature, humidity, and the surrounding matrix affect the species, which shows resistance to edge effects. Its presence in conservation areas is crucial for maintaining biodiversity and ecosystems, highlighting the importance of understanding its behavior to develop effective conservation strategies.

Keywords: Mixed Ombrophilous Forest, Ecology, Conservation Units, Diameter distribution.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>10</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>13</b>
2.1 Objetivo geral	13
2.2 Objetivos específicos	13
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	
3.1 Caracterização da área	13
3.2 Coleta de dados	15
3.3 Análise de dados	18
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>19</b>
4.1 Comparação de abundância e DAP de <i>Araucaria angustifolia</i> e da temperatura e umidade entre as áreas com diferentes tipos de matriz (A1, A2, A3 e A4).	19
4.2 Comparação de abundância e DAP de <i>Araucaria angustifolia</i> e da temperatura e umidade entre subparcelas próximas e distantes da borda, dentro da mesma área.	21
4.3 Comparação de abundância e DAP de <i>Araucaria angustifolia</i> e da temperatura e umidade entre subparcelas próximas e distantes da borda, entre áreas com diferentes tipos de matriz (A1, A2, A3 e A4).	22
4.4 Análise de correlação entre abundância e DAP de <i>Araucaria angustifolia</i> em função da distância da borda, para cada área (A1, A2, A3 e A4).	26
<b>5. DISCUSSÃO</b>	<b>28</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>30</b>
<b>7. REFERÊNCIAS</b>	<b>32</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A *Araucaria angustifolia*, conhecida popularmente como araucária ou pinheiro-do-paraná é uma espécie nativa da região Sul do Brasil, característica da Floresta Ombrófila Mista (FOM) do sul do Brasil. Tem grande importância no âmbito ecológico, social e econômico (Aguiar *et al.*, 2012). Por se tratar de uma espécie pioneira, a *Araucaria angustifolia* é essencial na sucessão ecológica, principalmente em campo aberto (Klein *et al.*, 1988), contribuindo na recuperação de áreas florestais após distúrbios naturais, assim como na restauração de áreas degradadas.

Ao longo do século XX houve uma drástica redução da área ocupada pela FOM, que atualmente ocorre em menos de 3% da ocupação original (Guerra *et al.*, 2002). Esta perda de área ocorreu devido à conversão de florestas para o avanço da pecuária e agricultura, associada à exploração da madeira de araucária para comercialização (Marques, 2021). Por esse motivo, hoje, a araucária se encontra na Lista Vermelha de Espécies Ameaçadas da União Internacional para a Conservação da Natureza – IUCN e desde 2014 está catalogada como espécie em perigo, na Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção (Starzynski *et al.*, 2020).

No estado de Santa Catarina a FOM está atualmente distribuída pela paisagem na forma de um mosaico de vegetação em diferentes estágios de sucessão e perturbação devido à transformação do solo pelas atividades agrícolas e florestais (Baptista & Rudel, 2006). A preservação dessas áreas, em muitos casos, só é possível pela presença de unidades de conservação (UCs), que são instituídas pela Lei n.º 9.985, de 18 de julho de 2000. Essas unidades visam garantir a preservação da diversidade biológica, promover o desenvolvimento sustentável a partir dos recursos naturais e proteção das comunidades tradicionais, seus conhecimentos e cultura (Brasil, 2002). Sendo assim, as UCs presentes no estado, bem como áreas de preservação permanente, são de suma importância para a manutenção e conservação da FOM e demais formações florestais.

A severa degradação e fragmentação de habitats para o aumento de áreas agrícolas é um dos principais fatores do desaparecimento de espécies em um ritmo muito maior do que o natural (Jardim *et al.*, 2018), se tornando uma das maiores ameaças à conservação dos

ecossistemas. Uma das consequências desse processo é a exposição dos fragmentos ao chamado efeito de borda. Dentre alterações provocadas pelo efeito de borda, destaca-se o aumento da luminosidade e temperatura na interface de transição entre a área florestal e a matriz não florestal, que ocasionam o aumento evapotranspiração e, por consequência, a redução da disponibilidade de água (Kapos, 1989; Murcia, 1995). O efeito de borda pode ser classificado em 3 tipos: a) abióticos, que envolvem mudança nas condições do ambiente, como na temperatura e umidade; b) efeitos biológicos diretos, que envolvem mudanças na distribuição e abundância de espécies como consequência da proximidade da borda; e c) biológicos indiretos, que envolvem mudanças nas interações das espécies. (Murcia, 1995).

A vegetação arbórea localizada nas áreas de borda de floresta pode sofrer alterações na referentes a abundância e estrutura da comunidade. Segundo estudos de Malchow *et al.* (2006), Oliveira *et al.* (2008), Hentz *et al.* (2017) e Silva *et al.* (2015), foi possível observar que em áreas de borda são encontradas árvores com menores diâmetros comparados ao interior da floresta e dificilmente são identificadas árvores de grande porte. A degradação de fragmentos florestais afeta diretamente os fatores físico-químicos e biológicos dos sistemas florestais (Sampaio, 2011), que podem resultar em mudanças na composição de espécies, na densidade populacional e nas interações entre elas.

A araucária, além de ocorrer no interior de áreas florestadas, é uma espécie pioneira (Bogoni *et al.*, 2020), com potencial de colonizar áreas de campo, naturais ou antropizadas. Portanto, é uma espécie com capacidade de desenvolvimento em uma ampla condição de luminosidade, umidade e temperatura. Estes atributos ecológicos podem influenciar na dinâmica das populações de araucárias em locais com diferentes intensidades de efeito de borda. Desta forma, é possível que a distribuição e o DAP (Diâmetro a Altura do Peito, indicativo do porte dos indivíduos) das árvores da *Araucaria angustifolia* seja influenciada pelo processo de fragmentação de habitats e seu decorrente efeito de borda. Embora estudos apontem alterações na abundância e diâmetros das árvores em função do efeito de borda (Hentz *et al.*, 2017), os efeitos ainda são claros para espécies com maior plasticidade ecológica, como é o caso da araucária.

A Floresta Nacional de Caçador, criada em 1954 e inicialmente chamada Parque Florestal de Caçador, é vital para a conservação da biodiversidade e uso sustentável dos

recursos naturais na região. Vinculada ao Instituto Nacional do Pinho, sua criação foi para proteger ecossistemas florestais remanescentes. A lei municipal nº 9 de 9 de junho de 1952 autorizou a doação de terras municipais para sua criação, evidenciando o reconhecimento da importância da conservação ambiental por parte das autoridades locais. Desde a instituição do Código Florestal em 1965, a FLONA Caçador tem sido fundamental para promover o desenvolvimento socioeconômico sustentável e preservar a biodiversidade local (ICMBio, 1989).

Com base nisto, neste estudo tentamos responder as seguintes questões: a) Diferentes tipos de matriz podem afetar a abundância e o DAP dos indivíduos de araucária? b) A distância da borda pode afetar a abundância e o DAP dos indivíduos de araucária? c) A temperatura e umidade variam em função da distância da borda em diferentes tipos de matriz? Neste sentido, o presente projeto busca analisar os impactos do efeito de borda na abundância e DAP da *Araucaria angustifolia* em uma região de Floresta Ombrófila Mista, sob efeito de diferentes tipos de matriz.

## **2. OBJETIVOS**

### 2.1 Objetivo geral

- Analisar os impactos do efeito de borda na abundância e porte da *Araucaria angustifolia* em uma região de Floresta Ombrófila Mista, sob efeito de diferentes tipos de matriz nas áreas de borda.

### 2.2 Objetivos específicos

- Analisar se abundância e DAP de indivíduos de *Araucaria angustifolia* varia em função de diferentes tipos de matriz na Floresta Nacional de Caçador.
- Estimar se abundância e DAP de indivíduos de *Araucaria angustifolia* varia com a distância da borda na Floresta Nacional de Caçador;
- Analisar se temperatura e umidade variam em função da distância da borda e do tipo de matriz na Floresta Nacional de Caçador.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

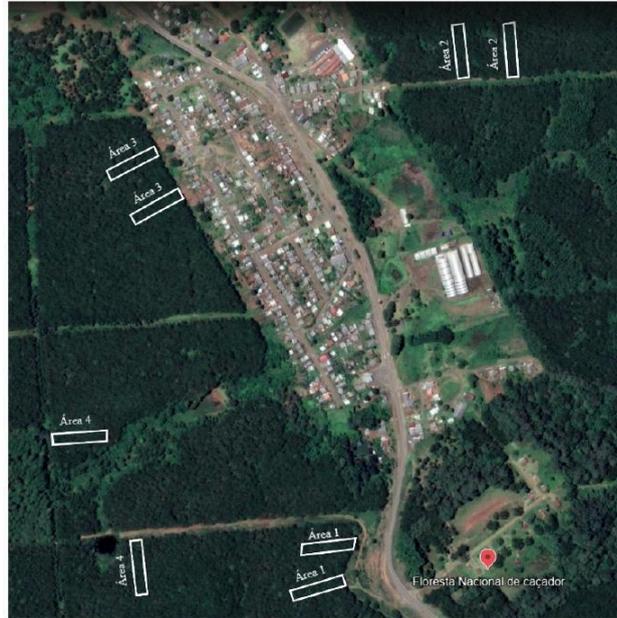
#### 3.1 Caracterização da área

O estudo foi realizado na Floresta Nacional de Caçador (FLONA de Caçador), localizada no distrito de Taquara Verde, a 23 km do centro do município de Caçador, na região oeste do Estado de Santa Catarina. Está situada em uma latitude de 26°45'59" Sul e longitude 51°12'45" Oeste, com altitude de cerca de 1100 m. A FLONA de Caçador é composta por um fragmento de Floresta Ombrófila Mista (FOM), com área total da FLONA de 706,5300 hectares e está inserida em uma matriz heterogênea composta por áreas de cultivo agrícola, perpassada por rodovia e com uma pequena área urbana. A região possui clima Cfb, temperado, sem estação seca e verão fresco. A temperatura média no mês mais frio é de 18°C (mesotérmico), e a temperatura média no mês mais quente é de 22°C (Koppen, 1901). Esta UC por objetivo o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas. Devido à maior quantidade de áreas reflorestadas, o grande potencial desta FLONA é de, para além da conservação da biodiversidade, o desenvolvimento de estudos para exploração de recursos madeireiros (ICMBio, 1989).

Para as amostragens foram selecionadas quatro áreas em função do tipo de matriz de entorno, denominadas Área 1 (A1), Área 2 (A2), Área 3 (A3) e Área (A4). A Área 1 é caracterizada por uma matriz de Rodovia pavimentada e de pista simples, distante cerca de 60 metros da borda do fragmento florestal. A área 2 é caracterizada pela presença de uma matriz de estrada não pavimentada, que é utilizada para deslocamento para as áreas de cultivo agrícola. A área 3 se caracteriza pela presença de uma matriz de pequena área urbana. A área 4 se caracteriza por estar localizada no interior da FLONA, com pouco ou nenhum efeito de borda (Figura 1).

Em cada uma destas áreas, com diferentes matrizes, foram estabelecidas duas parcelas perpendiculares à borda, com a extensão de 100 m para o interior da floresta e a largura de 20 m, totalizando oito parcelas (duas por área amostral). As parcelas foram subdivididas em 10 subparcelas de 10 x 20 m.

Figura 1: Localização de áreas amostrais (duas parcelas por área) na Floresta Nacional de Caçador, município de Caçador, Santa Catarina.



AMÉRICA DO SUL



BRASIL



SANTA CATARINA

### 3.2 Coleta de dados

Em cada subparcela, foram registrados a abundância (número indivíduos) e medidos o CAP (Circunferência a Altura do Peito) de todos os indivíduos adultos da espécie *Araucaria angustifolia* (Figura 2). Para tal foram considerados os indivíduos com circunferência maior ou igual a 15 cm a 1,30 m do solo (Oliveira, 2015).

Os dados coletados referentes ao CAP foram submetidos a cálculo de diâmetro, para que se obtivesse o DAP (Diâmetro à Altura do Peito).

$$DAP = \frac{CAP}{\pi}$$

Figura 2: Aferição da circunferência de um exemplar de *Araucaria angustifolia* na Floresta Nacional de Caçador. Março de 2024, município de Caçador, Santa Catarina.



Para análise das variáveis abióticas foram registradas a temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e a umidade (% de umidade do ar) do centro de cada subparcela, por meio de sensores termo-higrométricos (Figura 3). Os dados de temperatura e umidade foram coletados de forma contínua com um intervalo de tempo inferior a 15 minutos. O local de coleta foi o centro de cada subparcela. A primeira coleta foi realizada na subparcela 10, seguida pelas subparcelas

subsequentes até a 1. Posteriormente dados de temperatura e umidade foram distribuídos em planilhas de acordo com cada subparcela e submetidos os dados a função logarítmica  $\log_{10}$ .

O estudo foi autorizado pelo SISBIO, sob licença número 93684-1. O SISBIO é regulamentado pela Portaria 748/2022.

Figura 3: Registro de umidade e temperatura a partir de um sensor termo-higrométrico na Floresta Nacional de Caçador. Março de 2024, município de Caçador, Santa Catarina.



### 3.3 Análise de dados

As seguintes análises foram feitas para atender às perguntas do estudo:

- Comparação de abundância e DAP de *Araucaria angustifolia*, e da temperatura e umidade entre as áreas com diferentes tipos de matriz (A1, A2, A3 e A4).
- Comparação de abundância e DAP de *Araucaria angustifolia*, e da temperatura e umidade entre subparcelas próximas e distantes da borda, dentro da mesma área.

- Comparação de abundância e DAP de *Araucaria angustifolia*, e da temperatura e umidade entre subparcelas próximas e distantes da borda, entre áreas com diferentes tipos de matriz (A1, A2, A3 e A4).

- Análise de correlação entre abundância e DAP de *Araucaria angustifolia* em função da distância da borda, para cada área (A1, A2, A3 e A4).

Para as comparações entre áreas próximas e distantes da borda foram utilizados o número de indivíduos e o DAP das subparcelas 1-4 (0 a 40 metros da borda) e comparado com as subparcelas de 7-10 (60 a 100 metros da borda) de cada área, sendo excluídos os dados das subparcelas 5 e 6 (40 - 60 metros da borda).

A normalidade dos dados foi avaliada por meio do teste Shapiro-Wilk e a homogeneidade pelo teste de Levene. Comparações de abundância, DAP, temperatura e umidade entre parcelas da mesma área e entre as áreas com diferentes tipos de matriz no entorno foram realizadas por meio do teste de Kruskal-Wallis e teste post hoc *Dunn*. Para as análises de correlação foi utilizado análise de correlação linear  $r$  (Pearson). As análises foram rodadas no programa PAST 4.06 - Paleontological Statistics (HAMMER *et al.*, 2001).

#### 4. RESULTADOS

4.1 Comparação de abundância e DAP de *Araucaria angustifolia* e da temperatura e umidade entre as áreas com diferentes tipos de matriz (A1, A2, A3 e A4).

Houve diferença na abundância e no DAP de *A. angustifolia* entre as áreas de diferentes tipos de matriz. A área 1 mostrou maior abundância que todas as outras. A área 3 mostrou DAP médio maior que todas as outras (Tabela 1; Figura 4).

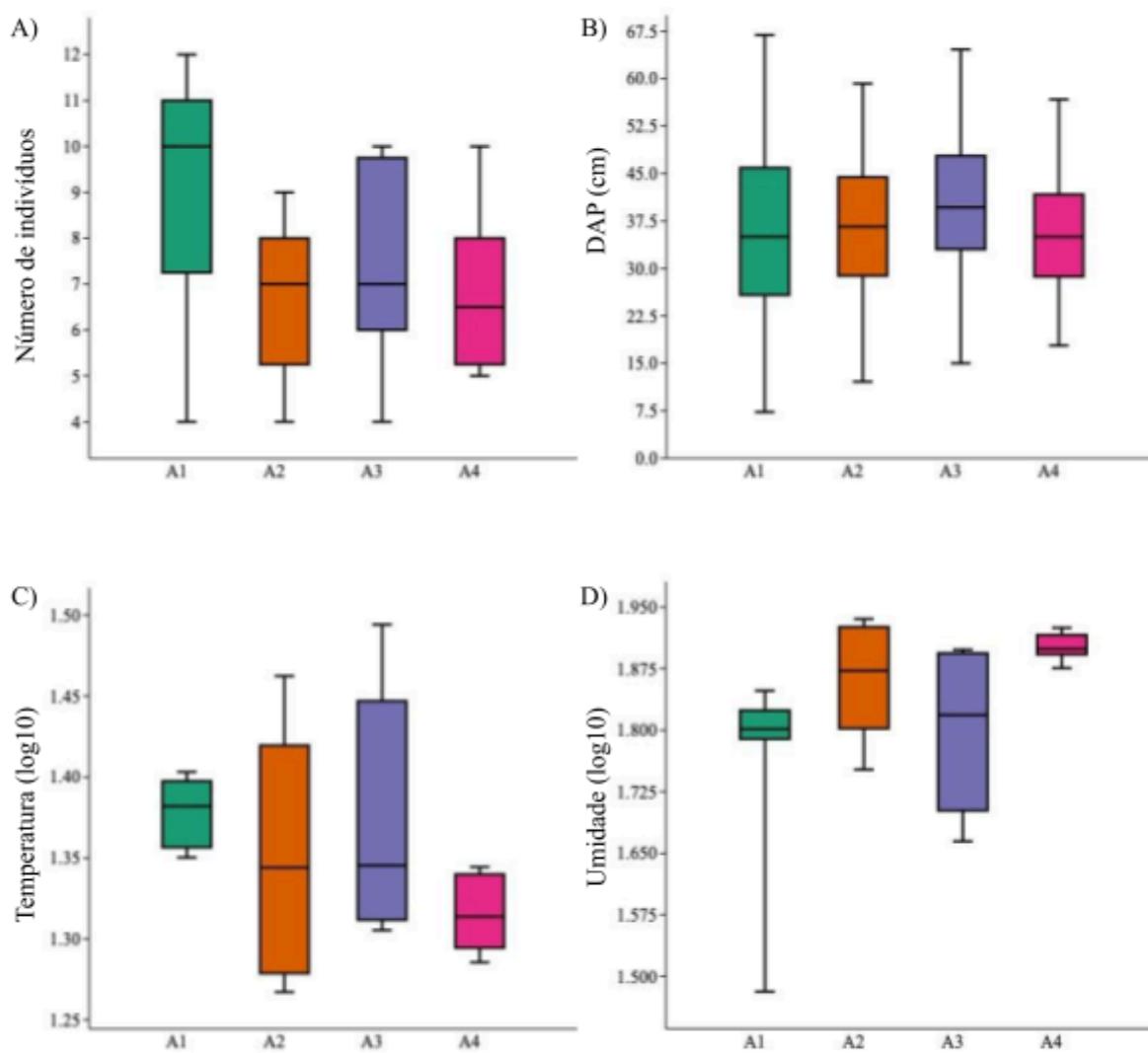
Houve diferença na temperatura entre as áreas de diferentes tipos de matriz. A área 1 mostrou temperatura maior que todas as outras áreas, com diferença significativa para as áreas 2 e 4. A área 4 mostrou temperatura menor que as outras áreas, com diferença significativa para as áreas 1 e 4 (Tabela 1; Figura 4).

A umidade também mostrou diferença entre as áreas de diferentes tipos de matriz. A área 1 mostrou menor umidade que as outras áreas, com diferença significativa para as áreas 2 e 4. A maior umidade foi na área 4, com diferenças significativas para as áreas 1 e 3 (Tabela 1; Figura 4).

Tabela 1. Comparação de abundância e DAP de *Araucaria angustifolia* e da temperatura e umidade, entre as áreas com diferentes tipos de matriz na Floresta Nacional de Caçador. Município de Caçador, Santa Catarina. Área 1 (A1), Área 2 (A2), Área 3 (A3) e Área (A4).

Variável	Todas	A1xA2	A1xA3	A1xA4	A2XA3	A2XA4	A3XA4
Abundância	H=12,16; $p<0,05$	$p<0,05$	$p<0,05$	$p<0,05$	-	-	-
DAP	H=19,01; $p<0,05$	-	$p<0,05$	-	$p<0,05$		$p<0,05$
Temperatura	H=17,88; $p<0,05$	-	$p<0,05$	$p<0,05$	-	-	$p<0,05$
Umidade	H=26,84; $p<0,05$	$p<0,05$	-	$p<0,05$	$p<0,05$	-	$p<0,05$

Figura 4. Comparação de abundância (A) e DAP (B) de *Araucaria angustifolia* e da temperatura (C) e umidade (D), entre as áreas com diferentes tipos de matriz na Floresta Nacional de Caçador. Município de Caçador, Santa Catarina. Área 1 (A1), Área 2 (A2), Área 3 (A3) e Área (A4). Traço central e horizontal (média), caixas (média  $\pm$  desvio padrão), traços verticais (média  $\pm$  Intervalo de confiança).



4.2 Comparação de abundância e DAP de *Araucaria angustifolia* e da temperatura e umidade entre subparcelas próximas e distantes da borda, dentro da mesma área.

De forma geral as subparcelas próximas e distantes da borda, dentro de cada área, não mostraram diferença na abundância e DAP de *Araucaria angustifolia*, e na temperatura e umidade. As únicas diferenças encontradas foram as seguintes: na área 4 as subparcelas próximas da borda mostraram DAP maior que as distantes e na área 3 as subparcelas próximas da borda mostraram temperatura maior que as distantes (Tabela 2).

Tabela 2. Comparação de abundância e DAP de *Araucaria angustifolia* e da temperatura e umidade entre subparcelas próximas e distantes da borda, dentro da mesma área, na Floresta Nacional de Caçador. Município de Caçador, Santa Catarina. Área 1 (A1), Área 2 (A2), Área 3 (A3) e Área (A4). Em negrito são destacadas as diferenças significativas.

Variável	A1	A2	A3	A4
Abundância	H=0,02; p=0,87	H=1,59, p=0,19	H=0,01; p=0,95	H=0,39; p=0,52
DAP	H=1,65, p=0,19	H=0,22; p=0,63	H=0,66; p=0,41	<b>H=3,96; p=0,04</b>
Temperatura	H=0,89; p=0,34	H=2,82; p=0,09	<b>H=11,29; p&lt;0,01</b>	H=0,22; p=0,63
Umidade	H=0,17; p=0,67	H=0,17; p=0,67	H=1,86; p=0,17	H=0,46; p=0,49

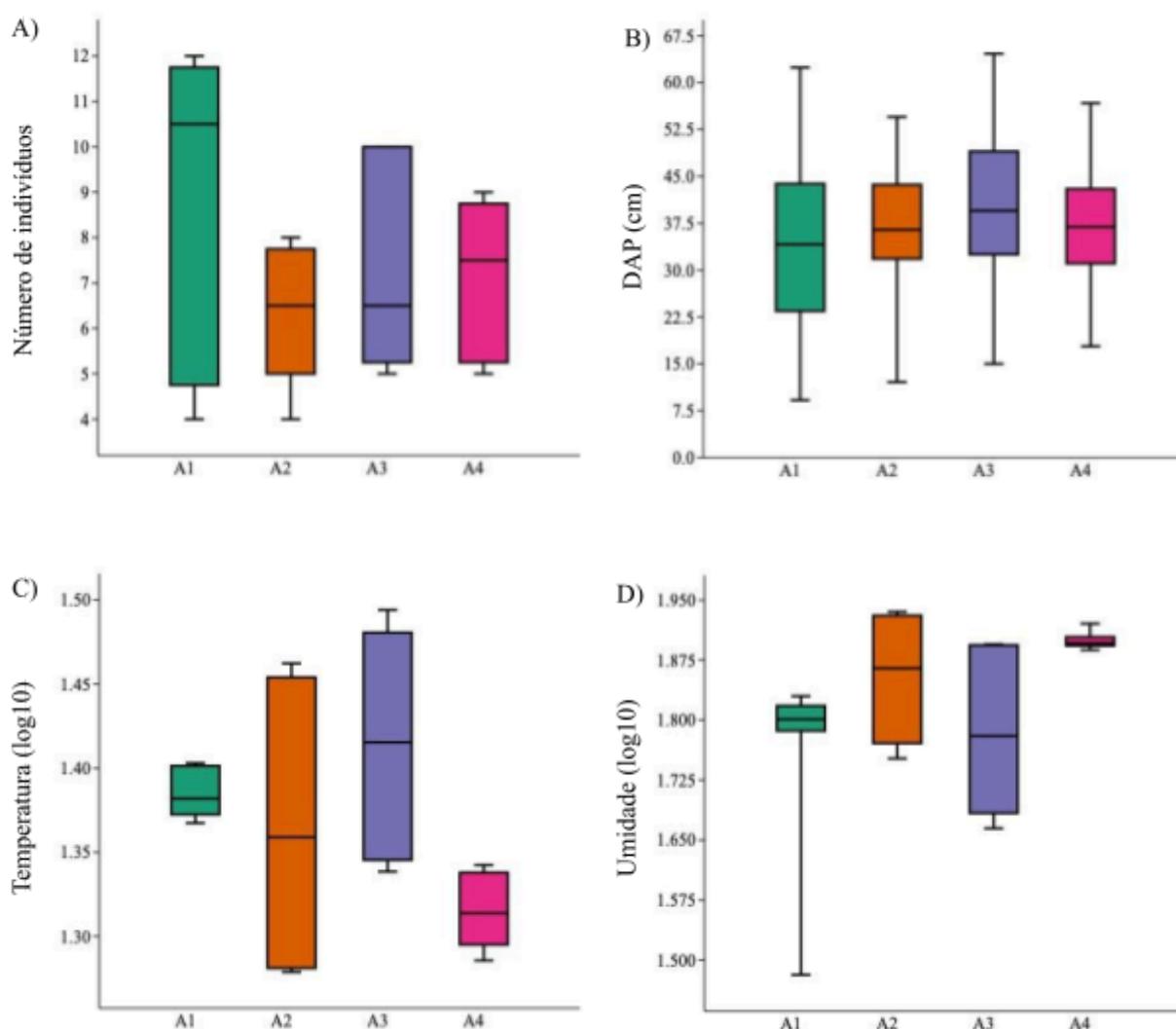
4.3 Comparação de abundância e DAP de *Araucaria angustifolia* e da temperatura e umidade entre subparcelas próximas e distantes da borda, entre áreas com diferentes tipos de matriz (A1, A2, A3 e A4).

Embora a abundância entre as subparcelas próximas da borda, entre as áreas com diferentes tipos de matriz, tenha sido maior na área 1, esta diferença não foi significativa (Tabela 3; Figura 5). O DAP foi maior na A3 que nas outras áreas, com diferença significativa para a área 1. A temperatura foi menor na área 4, com diferença significativa para as áreas 1 e 3. A umidade foi maior na área 4 com diferença significativa para as áreas 1 e 3 (Tabela 3; Figura 5).

Tabela 3. Comparação de abundância e DAP de *Araucaria angustifolia* e da temperatura e umidade das áreas, entre subparcelas próximas da borda, entre áreas com diferentes tipos de matriz na Floresta Nacional de Caçador. Município de Caçador, Santa Catarina. Área 1 (A1), Área 2 (A2), Área 3 (A3) e Área (A4).

<b>Variável</b>	<b>Todas</b>	<b>A1XA2</b>	<b>A1xA3</b>	<b>A1xA4</b>	<b>A2XA3</b>	<b>A2XA4</b>	<b>A3XA4</b>
Abundância	H=03,41; $p<0,05$	-	-	-	-	-	-
DAP	H=09,91; $p<0,05$	-	$p<0,05$	-	-	-	-
Temperatura	H=10,44; $p<0,05$	-	-	$p<0,05$	-	-	$p<0,05$
Umidade	H=10,59; $p<0,05$	-	-	$p<0,05$	-	-	$p<0,05$

Figura 5. Comparação de abundância (A) e DAP (B) de *Araucaria angustifolia*, e da temperatura (C) e umidade (D) das áreas, entre subparcelas próximas da borda, entre áreas com diferentes tipos de matriz na Floresta Nacional de Caçador. Município de Caçador, Santa Catarina. Área 1 (A1), Área 2 (A2), Área 3 (A3) e Área (A4). Traço central e horizontal (média), caixas (média  $\pm$  desvio padrão), traços verticais (média  $\pm$  Intervalo de confiança).

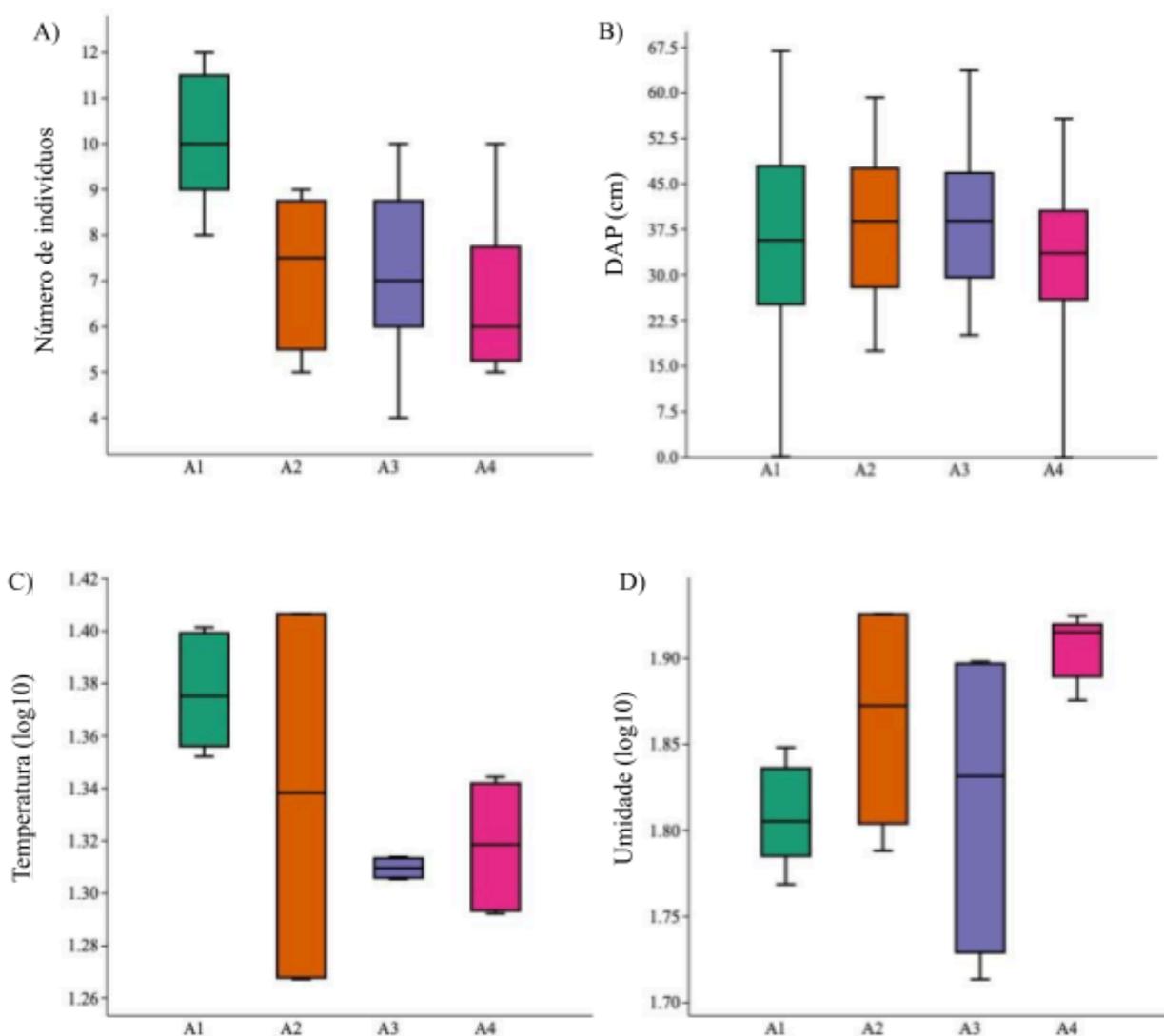


A abundância entre as subparcelas distantes da borda entre as áreas com diferentes tipos de matriz foi maior na área 1 que nas outras áreas (Tabela 4; Figura 6). O DAP foi maior na área 3, porém sem mostrar diferença significativa entre as áreas. A temperatura foi menor na área 4, com diferença significativa para as áreas 1 e 3. A umidade foi maior na área 4, com diferença significativa para as áreas 1 e 3. Além disto a umidade foi maior 2 que na área 1 (Tabela 4; Figura 6).

Tabela 4. Comparação de abundância e DAP de *Araucaria angustifolia*, e da temperatura e umidade das áreas, entre subparcelas distantes da borda, entre áreas com diferentes tipos de matriz na Floresta Nacional de Caçador. Município de Caçador, Santa Catarina. Área 1 (A1), Área 2 (A2), Área 3 (A3) e Área (A4).

Variável	Todas	A1XA2	A1xA3	A1xA4	A2XA3	A2XA4	A3XA4
Abundância	H=12,35; $p<0,05$	$p<0,05$	$p<0,05$	$p<0,05$	-	-	-
DAP	H=06,34; $p<0,05$	-	-	-	-	$p<0,05$	$p<0,05$
Temperatura	H=08,75; $p<0,05$	-	$p<0,05$	$p<0,05$	-	-	-
Umidade	H=11,13; $p<0,05$	$p<0,05$	-	$p<0,05$	-	-	$p<0,05$

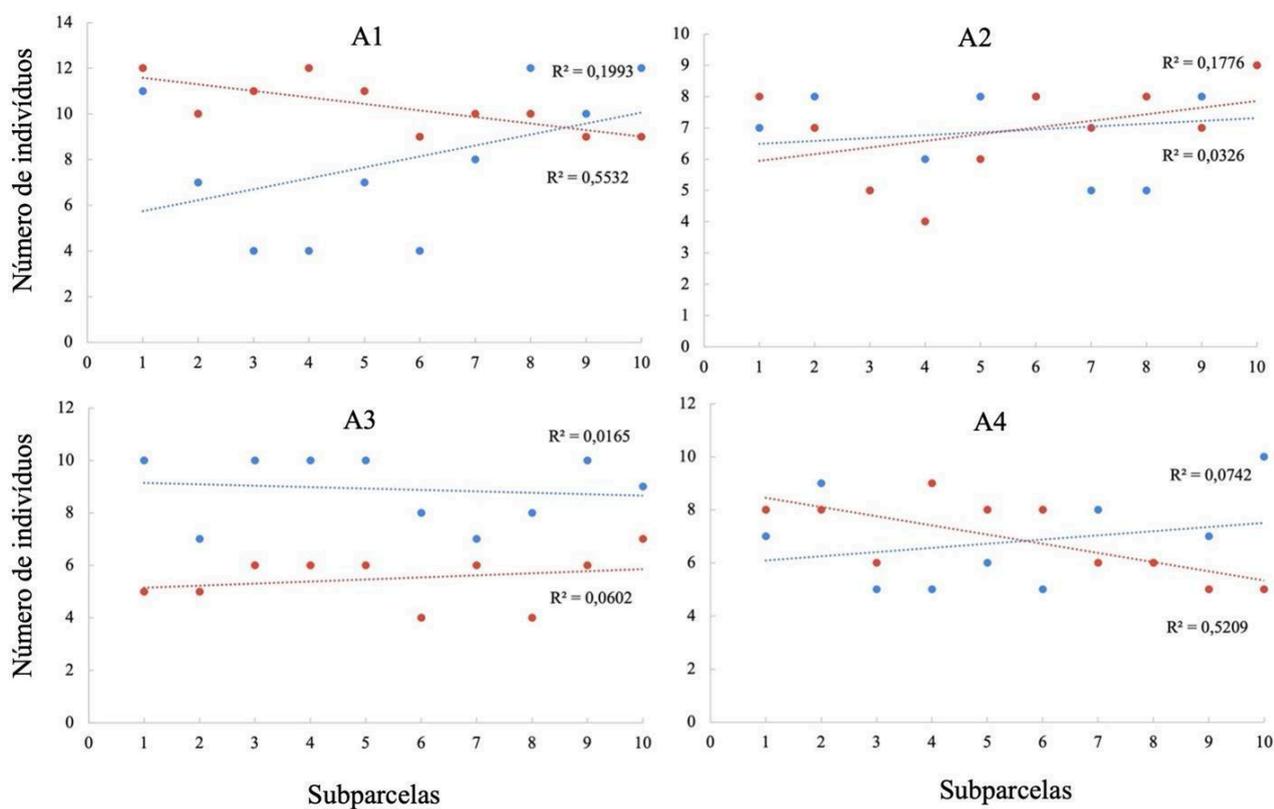
Figura 6. Comparação de abundância (A) e DAP (B) de *Araucaria angustifolia*, e da temperatura (C) e umidade (D) das áreas, entre subparcelas distantes da borda, entre áreas com diferentes tipos de matriz na Floresta Nacional de Caçador. Município de Caçador, Santa Catarina. Área 1 (A1), Área 2 (A2), Área 3 (A3) e Área (A4). Traço central e horizontal (média), caixas (média  $\pm$  desvio padrão), traços verticais (média  $\pm$  Intervalo de confiança).



4.4 Análise de correlação entre abundância e DAP de *Araucaria angustifolia* em função da distância da borda, para cada área (A1, A2, A3 e A4).

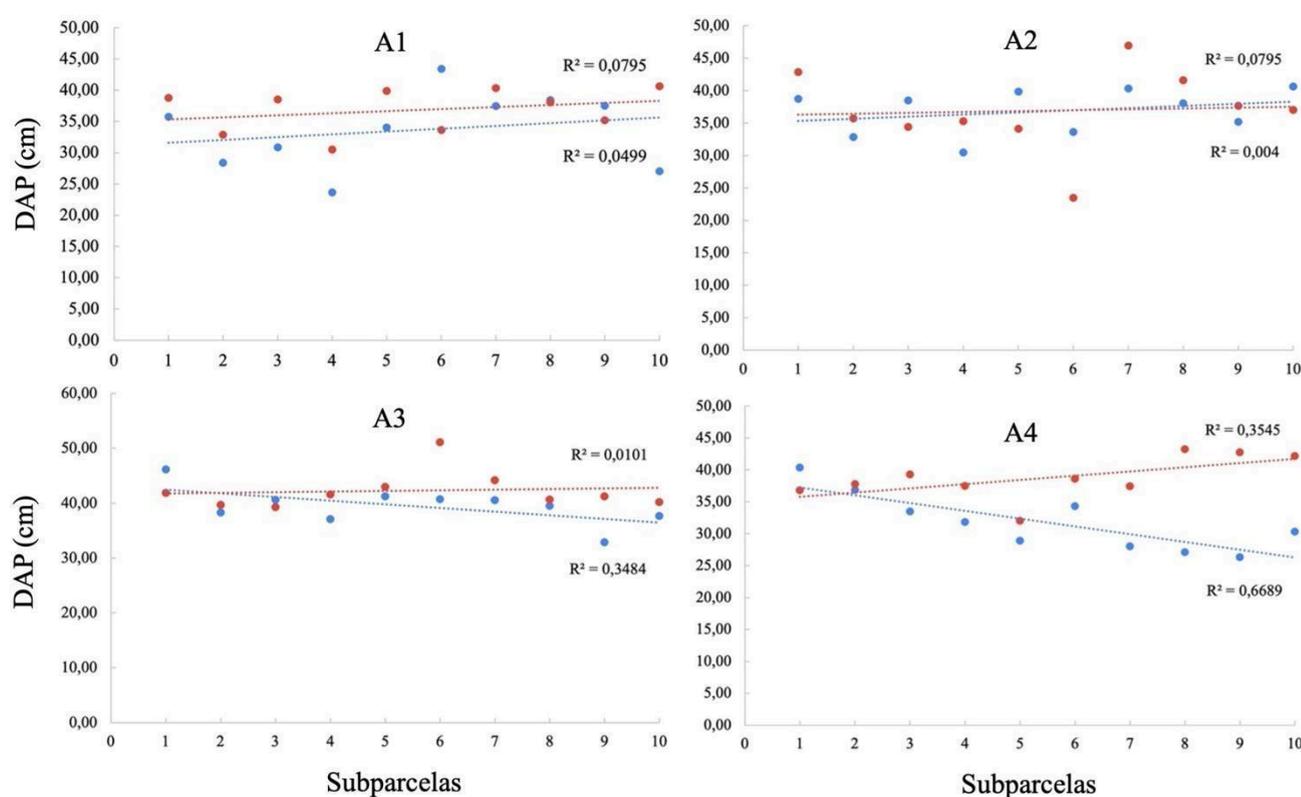
Na maioria das áreas não houve correlação forte entre abundância com a distância da borda. Apenas uma parcela da área 1 e uma da área 4 apresentaram  $R^2 > 0,5$  (Figura 7).

Figura 7. Análise de correlação entre abundância de *Araucaria angustifolia* e distância da borda por parcela em cada área amostral na Floresta Nacional de Caçador. Município de Caçador, Santa Catarina. Área 1 (A1), Área 2 (A2), Área 3 (A3) e Área (A4).



Não houve correlação forte entre o DAP e a distância da borda na maioria das áreas (Figura 8). Apenas uma parcela da área 4 apresentou um  $R^2 < 0,5$ .

Figura 8. Análise de correlação entre abundância de *Araucaria angustifolia* e distância da borda na Floresta Nacional de Caçador. Município de Caçador, Santa Catarina. Área 1 (A1), Área 2 (A2), Área 3 (A3) e Área (A4).



## 5. DISCUSSÃO

A partir dos resultados apresentados é possível observar algumas características e comportamentos da espécie estudada quanto os efeitos dos diferentes tipos de matriz no entorno e dos fatores abióticos aqui analisados (temperatura e umidade). As quatro áreas analisadas mostraram algumas diferenças na abundância e DAP da *A. angustifolia*. A maior abundância na área 1 pode estar associada com a maior temperatura registrada nesta área. A maior temperatura pode favorecer o desenvolvimento mais rápido e maior sobrevivência dos indivíduos do estrato regenerante. Também nesta área o DAP foi um dos menores registrados.

A maior abundância acarreta maior competição por nutrientes, resultando em DAPS proporcionalmente menores.

A área 3, por outro lado, se distingue das demais, exibindo um Diâmetro à Altura do Peito (DAP) maior que as outras. Esta área, pela proximidade com a matriz urbana, é de fácil acesso aos moradores da região. O potencial de uso da semente da *A. angustifolia* (pinhão) como fonte de alimento promove o extrativismo pela população do entorno, seja para consumo direto ou para comércio do pinhão (Vieira-da-Silva, 2009). A coleta do pinhão pode resultar em uma menor taxa de recrutamento de novos indivíduos, favorecendo o desenvolvimento de indivíduos adultos (Santos, 2014), promovendo maiores DAPs.

Para além disto, o efeito da matriz do entorno parece se manifestar na diferença encontrada entre as áreas. As áreas mais próximas da matriz antrópica tiveram maior temperatura (notadamente a A1) e menor umidade. A A4 que está mais distante de uma matriz antrópica teve menor temperatura e manteve mais umidade. Diferenças na temperatura e umidade são fatores que influenciam diretamente o desenvolvimento de espécies vegetais (Jatobá & Silva, 2020).

Para três das quatro áreas não houve diferenças entre as áreas próximas e distantes da borda de cada área para abundância e DAP de *A. angustifolia*. Apenas na área 4 o DAP foi maior na área mais próxima da borda. Da mesma forma, não houve diferença para a temperatura e umidade, com exceção de temperatura maior na área 3 nas parcelas mais próximas da borda. *Araucaria angustifolia* é uma espécie pioneira e longeva, com potencial de ocorrer em áreas abertas. Pode avançar sobre campos, naturais ou antrópicos, e formar novas manchas de florestas (Imaguire, 1979). É uma espécie heliófila, com pequeno potencial de regeneração em áreas de interior de floresta devido a baixa disponibilidade de luz nestes ambientes, embora tolere sombreamento na fase juvenil (Reitz & Klein, 1966; Carvalho, 2003).

Os atributos ecológicos de *A. angustifolia* e os dados encontrados indicam que ao longo 100 metros analisados o efeito de borda não promoveu alterações na abundância e DAP de *A. angustifolia*. Os resultados de correlação mostram que a abundância e o DAP não mostram padrão de distribuição nas áreas próximas e distantes. Estes dados corroboram a

proposta que, mesmo quando dominante na paisagem, *A. angustifolia* apresenta densidade e distribuição variável (Carvalho, 2003).

Ou seja, é possível que os 100 metros de cada parcela estejam integralmente sob efeito de borda na região do estudo. Considerando os atributos ecológicos da *A. angustifolia* é provável que em áreas com pouco ou nenhum efeito de borda, para além dos 100 metros aqui analisados, a abundância diminua e o DAP seja maior, pela presença poucos indivíduos adultos, porém de maior porte e emergentes no dossel da floresta. Por outro lado, áreas sob efeito de borda podem promover maior abundância de indivíduos de *A. angustifolia*, em função de sua capacidade de se estabelecer em áreas abertas, com alta incidência solar.

É importante ressaltar que na área de estudo houve plantio e manejo de *A. angustifolia* e que estas ações também influenciaram nos resultados encontrados. O plantio ocorreu na década de 1954. Nessa década o plantio se manteve focado na araucária. O manejo foi realizado até o ano de 1967, quando a floresta passou a ser responsabilidade do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. Nesse momento o sistema de manejo adotado foi o manejo de alto fuste, que prioriza a produção de madeira de menores diâmetros, sendo usado para maximizar a produção por unidade de área (Sixel, 2008). Portanto os resultados representam os possíveis efeitos de borda e da matriz do entorno a partir destes períodos

*Araucaria angustifolia* apresenta grande plasticidade ecológica. Ou seja, mostra grande capacidade de responder a diferentes condições ambientais (Lima & Langaro, 2014). A resistência da *A. araucaria* aos efeitos de borda, especialmente dentro dos primeiros 100 metros do fragmento, destaca sua capacidade de adaptação a diferentes condições ambientais.

Além disso, sua capacidade ocorrer em áreas sob efeitos de borda aumenta a possibilidade da *A. angustifolia* nas bordas e entorno das florestas úmidas da sua região de ocorrência. Em nível fisiológico, *A. angustifolia* desenvolveu mecanismos eficientes de uso de água e nutrientes, como a capacidade de fechar os estômatos em condições de estresse hídrico, minimizando a perda de água por transpiração (Mastroberti & Mariath 2003). Essas adaptações combinadas conferem à Araucária uma notável capacidade de colonizar e prosperar em uma variedade de ambientes, tornando-a uma espécie fundamental na sua área de distribuição.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presença da *Araucaria angustifolia* em áreas de conservação desempenha um papel fundamental na manutenção da biodiversidade e na preservação dos ecossistemas. Como uma espécie nativa de grande importância ecológica, a espécie não apenas fornece habitat e alimento para uma variedade de animais, mas também desempenha um papel crucial na regulação do clima, na proteção do solo e na conservação dos recursos hídricos. Além disso, sua presença ajuda a promover a conectividade ecológica entre diferentes habitats, contribuindo para a resiliência dos ecossistemas em face das mudanças ambientais. Ao compreender o comportamento da Araucária frente aos efeitos de borda, podemos desenvolver estratégias de conservação que promovam sua sobrevivência e a integridade dos ecossistemas em que ela está presente.

## 7. REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. V.; DENIZ, L. D.; SARAIVA, A. D. A.; DE SOUSA, V. A.; FREITAS, M. L. M.; SEBBENN, A. M.; LARISSA DELARAZI DENIZ, E. F. Variação genética em banco de germoplasma in vivo de *Araucaria angustifolia* em Itapeva, SP. **Congresso brasileiro de recursos genéticos**, 2012.
- BAPTISTA, S. R.; RUDEL, T. K. A re-emerging Atlantic forest? Urbanization, industrialization and the forest transition in Santa Catarina, southern Brazil. **Environmental Conservation**, v. 33, n. 3, p. 195–202, 2006.
- BOGONI, J. A.; MUNIZ-TAGLIARI, M.; PERONI, N.; PERES, C. A. Testing the keystone plant resource role of a flagship subtropical tree species (*Araucaria angustifolia*) in the Brazilian Atlantic Forest. **Ecological Indicators**, v. 118, p. 106778, 2020.
- BRASIL. Decreto-Lei nº 4.519. Dispõe sobre o serviço voluntário em unidades de conservação federais, e dá outras providências. Brasília, DF, 13 de dezembro de 2002.
- GUERRA, M. P.; SILVEIRA, V.; REIS, M. D.; SCHNEIDER, L. Exploração, manejo e conservação da araucária (*Araucaria angustifolia*). **Sustentável Mata Atlântica: a exploração de seus recursos florestais**, v. 1, p. 85-101, 2002.
- HAMMER, D. Past: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1, p. 178, 2001.
- HENTZ, M. K.; DALLA CORTE, A. P.; SANQUETTA, C. R.; BLUM, C. T.; NETTO, S. P. Efeito de borda sobre distribuição diamétrica em fragmento de Floresta Ombrófila Mista. **Brazilian Journal of Biometrics**, v. 35, n. 4, p. 732-752, 2017.
- ICMBio. Plano de Gestão da Floresta Nacional de Caçador, 1989. **Instituto Brasileiro do meio ambiente e recursos renováveis**, Santa Maria, Rio Grande do Sul, 1989.
- IMAGUIRE, N. Condições ambientais para a *Araucaria angustifolia* Bert. O. Ktze. **Curitiba: Dusenya**, v. 11, 1979. 121-127 p. ISBN 3.
- JARDIM, M. A. G.; MARTINS, M. B. **Reflexões em biologia da conservação**. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, v. 2, 2018.

JATOBÁ, L.; SILVA, A. F. O clima e as plantas. **Tópicos especiais de climatologia**, ed. Itacaiunas, p. 96-112, 2020.

KAPOS, V. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. **Journal of tropical ecology**, v. 5, n. 2, p. 173-185, 1989.

KLEIN, M. R.; REIS, A.; REITZ, R. **Projeto madeira do Rio Grande do Sul**. Itajaí: Editora Sudesul, 1988.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. Versuch einer Klassifikation der Klimate, vorzugweise nachihren Beziehungen zur Pflanzenwelt. – **Meteorol.** v. 18, 106–120, 1901.

MALCHOW, E.; KOEHLER, A. B.; NETTO, S. P. Efeito de borda em um trecho da floresta ombrófila mista, em fazenda Rio Grande, PR. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 4, n. 2, p. 85-94, 2006.

MARQUES, M. C.; TRINDADE, W.; BOHN, A.; GRELE, C. E. **The Atlantic Forest: an introduction to the megadiverse forest of South America**. The Atlantic Forest: History, biodiversity, threats and opportunities of the mega-diverse Forest, 3-23, 2021.

MASTROBERTI, A. A.; MARIATH, J. E. A. Leaf anatomy of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze (Araucariaceae). **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, n. 3, 2003.

MENEZES SILVA, M. A.; MENDES ALENCAR, P. G. A.; FEITOSA GUERRA, T. N.; MELO, A. L.; BORGES LINS-E-SILVA, A. C.; NOGUEIRA RODAL, M. J. Edge effects on the structure and dynamics of an Atlantic Forest fragment in northeastern Brazil. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences/Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 4, 2015.

MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 10, n. 2, p. 58–62, 1995.

OLIVEIRA, L. S. C. D.; MARANGON, L. C.; FELICIANO, A. L. P.; LIMA, A. S. D.; CARDOSO, M. S. D. O.; SANTOS, W. B. D. Efeito de borda em remanescentes de floresta atlântica na bacia do Rio Tapacurá, Pernambuco. **CERNE**, v. 21, n. 2, p. 169–174, 2015.

OLIVEIRA, M. A.; SANTOS, A. M. M.; TABARELLI, M. Profound impoverishment of the large-tree stand in a hyper-fragmented landscape of the Atlantic forest. **Forest Ecology and Management**, v. 256, n. 11, p. 1910-1917, 2008.

REITZ, R.; KLEIN, R.M. Flora Ilustrada Catarinense: Araucariáceas. **Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues**, 1966. 62p.

CARVALHO, P. E. R. Espécies arbóreas brasileiras. V. 1. Brasília, DF: **Embrapa Informações Tecnológicas**; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003. 1039 p.

SAMPAIO, R. C. N. Efeito de borda em um fragmento de floresta estacional semidecidual no interior do estado de São Paulo. **Anais V Congresso de ensino, pesquisa e extensão da UEG**. 2011.

MENEZES SILVA, M. A.; MENDES ALENCAR, P. G. A.; FEITOSA GUERRA, T. N.; MELO, A. L.; BORGES LINS-E-SILVA, A. C.; NOGUEIRA RODAL, M. J. Edge effects on the structure and dynamics of an Atlantic Forest fragment in northeastern Brazil. **Agrária**, v. 10, n. 4, p. 538–543, 2015.

SIXEL R. M. M. Sistema de Manejo Florestal. **Instituto de Pesquisa e Estudo Florestal**, 2008.

SANTOS, F.A.M. Ecologia de Populações de Plantas. **Unicamp**, 2014

STARZYNSKI, R.; NALON, M. A.; FRIZO, C. G. A.; DE SOUZA, P. M. Estratégias para a preservação da *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em Cunha-SP, Brasil: aspectos ambientais, socioeconômicos e jurídicos. **Revista do Instituto Florestal**, v. 32, n. 2, p. 187-201, 2020.

VIEIRA-DA-SILVA, C.; REIS, M. S. Produção de pinhão na região de Caçador, SC: aspectos da obtenção e sua importância para comunidades locais. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 4, p. 363-374, 30 dez. 2009.