

## ARTIGO ORIGINAL

# Caracterização e modelagem biométrica de *Dicksonia sellowiana* Hook. em floresta ombrófila mista alto-montana

Characterization and biometric modelling of *Dicksonia sellowiana* Hook. in high-mountain araucaria forest

Geórgia Levorse Oliveira<sup>1</sup> , Thiago Floriani Stepka<sup>1\*</sup> , Marcos Felipe Nicoletti<sup>1</sup> , Murilo Rosa Frederico<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, Lages, SC, Brasil

**Como citar:** Oliveira, G. L., Stepka, T. F., Nicoletti, M. F., & Frederico, M. R. (2024). Caracterização e modelagem biométrica de *Dicksonia sellowiana* Hook. em floresta ombrófila mista alto-montana. *Scientia Forestalis*, 52, e3990. <https://doi.org/10.18671/scifor.v52.02>

## Resumo

*Dicksonia sellowiana* Hook, o xaxim, é uma pteridófito de porte arbórescente que tem ocorrência na Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana, uma subdivisão do bioma Mata Atlântica. Trata-se de uma espécie de elevada importância ecológica, visto que além de favorecer a ciclagem de nutrientes, serve como substrato para diversas epífitas. Possui ainda potencial medicinal e, por ter passado por um período intenso de exploração, com o corte de seu cáudice para a produção de vasos decorativos, atualmente encontra-se listada como espécie ameaçada de extinção, além de ter sido estudada de maneira incipiente. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo a caracterização e modelagem biométrica da espécie em um fragmento de floresta de altitude situado em Urupema, município do planalto serrano catarinense. A amostragem foi feita em transectos compostos por unidades amostrais contíguas de 200 m<sup>2</sup>, acompanhando o gradiente de declividade, onde os indivíduos com diâmetro a 1,3m acima do solo (d) igual ou maior a 5 cm foram mensurados, identificados, numerados e espacializados em um sistema cartesiano X, Y. Fez-se ainda a cubagem dos indivíduos em pé e a coleta de amostras não destrutivas do cáudice com a utilização do trado de Pressler, visando obter dados para o desenvolvimento da modelagem da altura, volume e biomassa. A densidade média encontrada para a espécie neste remanescente foi 680 indivíduos.ha<sup>-1</sup>, com diâmetro médio de 27,6 cm, com um coeficiente de variação de 18,8%. As alturas foram estimadas por meio da equação de melhor ajuste dentre as testadas, sendo  $h = 14,8651 + 0,3433d - 3,2721 \ln(d^2)$ , chegando a uma altura média de 2,7 m com coeficiente de variação de 29,2%. Para volume, ajustou-se 10 modelos, sendo selecionada a equação  $v = e^{-7,7638 + (1,4706 \ln d) + (1,0736 \ln h)}$  resultando na estimativa de volume médio individual de 0,1787 m<sup>3</sup>. O fator de forma artificial encontrado foi de 1,024 e a densidade média do cáudice foi de 0,4312 kg.m<sup>-3</sup>, variando  $\pm 0,1840$  kg.m<sup>-3</sup>. Para a estimativa da biomassa do cáudice, fez-se o ajuste de 10 modelos, sendo o de melhor ajuste  $w = 12,7182 + 0,0272(d^2)h$ , apresentando peso médio individual de 72,1 kg e por hectare 55,4 t.ha<sup>-1</sup>. Este tipo de estudo é importante para a geração de conhecimento relacionado ao comportamento e caracterização da espécie, sendo fundamental para a criação de estratégias de manejo e conservação, trata-se de uma espécie com potencial múltiplo de utilização e grande relevância ecológica.

**Palavras-chave:** Xaxim; Mensuração florestal; Floresta de altitude.

## Abstract

*Dicksonia sellowiana* Hook, tree fern, is a tree-sized fern that occurs in the Upper Montana Araucaria Forest, a subdivision of the Atlantic Forest biome. It is a species of high ecological importance, since in addition to favouring nutrient cycling, it serves as a substrate for several epiphytes. It also has medicinal potential and, having gone through an intense period of exploration, with the cutting of its caudex for the production of decorative vases, it is currently listed as an endangered species, in addition to having been studied in an

Fonte de financiamento: Processo FAPESC 829/2023, Nº: 2023TR000262.

Conflito de interesse: Nada a declarar.

Autor correspondente: thiago.stepka@udesc.br

Recebido: 13 fevereiro 2023.

Aceito: 23 dezembro 2023.

Editor: Mauro Valdir Schumacher.



Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o artigo científico seja corretamente citado.

incipient way. Therefore, the present work aimed to characterize and biometric modelling of the species in an altitude forest fragment located in Urupema, a municipality in the highlands of Santa Catarina. Sampling was carried out in transects composed of contiguous sampling units of 200 m<sup>2</sup>, following the slope gradient, where individuals with a diameter at 1.3 m above the ground (d) equal to or greater than 5 cm were measured, identified, numbered and spatialized in an X, Y cartesian system. Also, the cube of the standing individuals and the collection of non-destructive samples of the caudex with the use of the Pressler borer, aiming to obtain data for the development of the modelling of the height, volume and biomass. The average density of individuals of the species found in this stand was 680 individuals/ha, with an average diameter of 27.6 cm, with a coefficient of variation of 18.8%. The heights were estimated through the equation of best fit among those tested, being  $h=14.8651+(0.3433dap)-(3.2721(\ln dap^2))$ , reaching an average height of 2.7 m with coefficient of variation of 29.2%. For volume, 10 models were adjusted, reaching the equation  $v=e^{-7.7638+(1.4706\ln d)+(1.0736\ln h)}$ , resulting in an individual average volume estimate of 0.1787 m<sup>3</sup>. The artificial form factor found was 1.024 and the average density of the caudex was 0.4312 kg.m<sup>-3</sup>, this varying  $\pm 0.1840$  kg.m<sup>-3</sup>. In order to estimate the caudex biomass, 10 models were adjusted, with the best fit being  $w=12.7182+0.0272(d^2h)$ , with an average individual weight of 72.1 kg and per hectare 55.4 t.ha<sup>-1</sup>. This study is important for the generation of knowledge related to the behaviour and characterization of the species, being fundamental for the creation of management and conservation strategies, it is a species with multiple potential for use and great ecological relevance.

**Keywords:** Tree fern; Modelling; Highland forest.

## INTRODUÇÃO

O processo histórico de ocupação do Bioma Mata Atlântica, resultou na fragmentação dos ecossistemas florestais e em mudanças florísticas e estruturais da vegetação original, ocasionados principalmente pela exploração irracional das espécies de valor econômico, sendo elas, madeiráveis ou não. A Floresta Ombrófila Mista (FOM), destaca-se como uma das mais ameaçadas, possuindo originalmente 45% da área do estado de Santa Catarina e atualmente sendo reduzida à 22% (Fockink et al., 2020). A FOM Alto-Montana é caracterizada principalmente em função de sua altitude, que é superior aos 1.000 m, no estado catarinense é encontrada em áreas descontínuas, o que a torna ainda mais vulnerável (Higuchi et al., 2013).

Conhecida popularmente como xaxim, *Dicksonia sellowiana* Hook é uma pteridófito de porte arborescente pertencente à família botânica Dicksoniaceae, nativa da Mata Atlântica, com elevado valor de conservação na Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana. Tem como condições mais favoráveis ao seu desenvolvimento ambientes de regiões frias e úmidas (Mantovani, 2004).

Segundo Senna (1996), trata-se de uma espécie de elevada importância ecológica, devido à grande quantidade de matéria orgânica deixada no solo e por ser abrigo de diversas espécies de epífitas (Fraga et al., 2008). Além do potencial ecológico do xaxim, destaca-se também o medicinal, com a utilização de suas folhas (frondes) para a produção de um medicamento indicado ao tratamento de doenças como as cardiovasculares, neurodegenerativas e no combate ao envelhecimento (Oliveira et al., 2015).

De acordo com Montagna et al. (2012), a espécie passou por um processo de exploração intensa, pois seu cáudice era empregado na produção de vasos e substratos para o cultivo de plantas ornamentais. Devido a utilização excessiva, foi listada como uma espécie ameaçada de extinção conforme a Portaria n°37-N do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente, 1992).

Pelo fato do seu habitat ser intensamente explorado no passado, estudos de distribuição espacial e avaliação dendrométrica da espécie são escassos. Destacam-se ultimamente os trabalhos de Lerner et al. (2021) com a ecologia e a modelagem biométrica de *D. sellowiana* e outras samambaias de porte arborescente em Floresta Ombrófila Mista no estado do Paraná; Ziemmer et al. (2016), os quais quantificaram a biomassa e teores de carbono da espécie em um fragmento de FOM no Paraná; Oliveira et al. (2015) e Malucelli et al. (2018), os quais avaliaram o potencial medicinal de extrato obtido das frondes da espécie.

A ocorrência relativamente restrita do xaxim e a caracterização de risco da espécie reforçam a importância da conservação de seus remanescentes, entretanto, para isso, faz-se necessário informações adicionais relativas ao crescimento dos indivíduos da espécie, bem como outros aspectos, de modo a fundamentar as estratégias de conservação e manejo das formações florestais (Mantovani, 2004; Biondi et al., 2009). Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo a caracterização biométrica de *Dicksonia sellowiana* Hook, quantificação da biomassa por

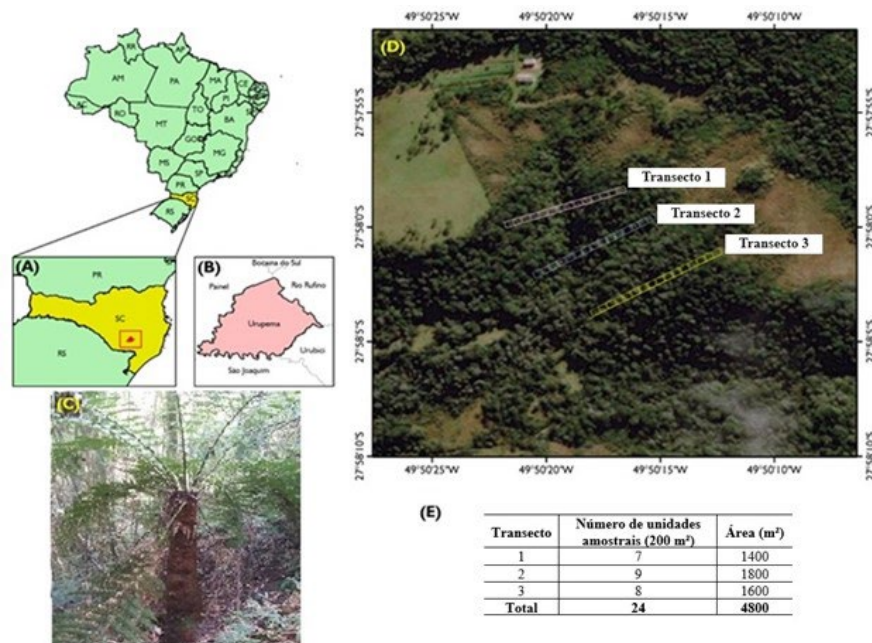
meio de métodos não destrutivos, modelagem hipsométrica, volumétrica e de biomassa em remanescente de Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana onde a espécie é a que possui maior Valor de Importância, de maneira a gerar subsídios para embasar planos de manejo da espécie.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Área de estudo

O estudo foi conduzido em uma propriedade particular situada no município de Urupema, no estado de Santa Catarina. O clima da região é do tipo Cfb, segundo a classificação climática de Köppen, tendo temperatura média anual de 13 °C, com chuvas bem distribuídas durante o ano, precipitação média anual de 1.789 mm e presença de geadas no inverno (Alvares et al., 2013).

No ano de 2012 foram instalados transectos na área de estudo, os quais foram divididos em unidades amostrais contíguas de 10 x 20 m, acompanhando o gradiente de altitude de 1.411 a 1.490 m. Ao total, foram instaladas 24 unidades amostrais e uma área amostral total de 4.800m<sup>2</sup>, como observa-se Figura 1.



**Figura 1.** Mapa de localização da área de estudo indicando o estado de Santa Catarina (A); Município de Urupema (B), imagem de um indivíduo de *Dicksonia sellowiana* (C), transectos localizados em propriedade privada (D) e área amostrada em cada transecto (E).

### Mensuração florestal e análise de dados

As unidades amostrais foram demarcadas em campo com canos de PVC de 1 m de altura, nas extremidades e no centro de cada uma delas. Na primeira medição, em 2012, os indivíduos arbóreos e arborescentes presentes em cada unidade amostral foram identificados em nível de espécie, numerados e especializados em um sistema cartesiano (X, Y) (Péllico Netto et al., 2012). Nesta ocasião, foi medido o diâmetro à 1,30 m do solo (d) e altura total dos indivíduos que atendiam ao critério de inclusão de “d” maior ou igual a 5 cm.

No ano de 2017 houve a remedição das variáveis dendrométricas, além da exclusão dos indivíduos mortos e inclusão dos indivíduos ingressos, ou seja, que atingiram o diâmetro mínimo (5 cm) para todas as espécies arbóreas e arborescentes presentes nas parcelas permanentes. O período de tempo entre medições de 5 anos (Oliveira et al., 2005) é justificado pelo baixo crescimento das árvores, uma vez que em intervalos menores dificultaria a possibilidade da mensuração da dinâmica florestal.

### Cubagem

A partir da constatação de que *Dicksonia sellowiana* ser a espécie de maior valor de importância pela análise fitossociológica no fragmento, realizou-se distribuição das frequências diamétricas, de modo a agrupar os dados em classes pelo método de Sturges. Com base nas proporções das frequências das classes de distribuição diamétrica, em 2019 foi mensurado em 64 indivíduos, o “d” com suta e a altura total dos cáudices, com régua telescópica. Realizou-se, ainda, a cubagem rigorosa pelo método de Smalian (1) e para obter o volume da última seção de cada xaxim foi utilizado a fórmula de tronco de cone (2), conforme indicado por Lerner (2016).

$$v = \left[ \frac{(gn+gp)}{2} \right] L \tag{1}$$

$$vp = \frac{gn+gp+(\sqrt{gn \cdot gp})}{3} L \tag{2}$$

Sendo: v = volume da seção (m<sup>3</sup>); L = comprimento da seção (m); gn = área transversal da seção inferior (m<sup>2</sup>); gp = área transversal da seção superior (m<sup>2</sup>); vp = volume da ponta (m<sup>3</sup>);

Por tratar-se de uma espécie listada com risco de extinção e tendo seu corte proibido, a etapa da cubagem foi conduzida de maneira não destrutiva. Desta forma, o trabalho foi realizado com o indivíduo em pé, com escada e suta. Assim, o volume individual foi obtido com base na soma das seções, mensuradas de 0,5 m em 0,5 m do cáudice.

### Biomassa

No ano de 2021, fez-se a coleta de amostras não destrutivas dos cáudices de 16 indivíduos de *D. sellowiana*, os quais foram selecionados seguindo a distribuição hipsométrica, conforme recomendado por Ziemmer et al. (2016) e Lerner et al. (2021), obtida pelo método de Sturges, de modo a garantir a representatividade em cada uma das classes. Esta etapa foi realizada com trado de incremento (trado de Pressler).

A tradagem dos indivíduos foi feita em três partes dos cáudices, a 0,30 m no nível do solo, a 1,3m acima do solo (d) e na metade da altura total. Porém, naqueles indivíduos cuja metade da altura se encontrava próximo ou no “d”, foram obtidas amostras na base e no “d”.

Com número do indivíduo e porção do fuste coletada, foi feita a determinação da densidade com base na NBR 11941/2003 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003), onde as amostras (rolo extraído do trado de incremento) foram submetidas a saturação durante um dia (Ziemmer et al., 2016), e então pesadas na balança de precisão dentro de um Becker preenchido com água.

Após a obtenção dos pesos úmidos, as amostras foram secas em estufa a 70 °C um período de 24 horas, o período necessário para atingir o peso constante. A partir de seu peso úmido e o peso seco, calculou-se a densidade básica média por classe hipsométrica. Após a determinação das densidades médias, os volumes dos 64 indivíduos que foram submetidos a cubagem rigorosa, foram convertidos em biomassa por meio da técnica volumétrica que consiste na multiplicação do volume pela densidade média. Neste caso, utilizou-se densidades médias distintas para cada classe de altura.

### Modelagem

Com dados coletados na cubagem rigorosa, nas medições das parcelas permanentes e na determinação da biomassa, realizou-se a estimativa das alturas, volumes e biomassa, além de calcular o fator de forma artificial (Fórmula 4) médio para a espécie. Testou-se modelos, com a utilização do software Microsoft Excel®, sendo 6 hipsométricos, 10 volumétricos e 10 de biomassa (Tabela 1).

$$f = \frac{\text{volume cubado}}{\text{volume do cilindro}} \tag{3}$$

Em que: f= fator de forma artificial; volume cubado e volume do cilindro (m<sup>3</sup>).

**Tabela 1.** Modelos hipsométricos, volumétrico e de biomassa testados.

Tipo	Número	Modelo
Hipsométrico	1	$\sqrt{h} = \beta_0 + \beta_1 d$
	2	$\sqrt{h} = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 \ln(d^2)$
	3	$h = \beta_0 + \beta_1 d$
	4	$h = \beta_1 d^2$
	5	$h = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 \ln(d^2)$
	6	$h = \beta_0 + \beta_1 \ln(d^2)$
Volumétrico e Biomassa	1	$y = \beta_0 + \beta_1 dh$
	2	$y = \beta_0 + \beta_1 dh + \beta_2 (1/h)$
	3	$y = \beta_0 + \beta_1 dh + \beta_2 (1/h) + \beta_3 (dh)^2$
	4	$y = \beta_0 + \beta_1 dh + \beta_2 d^2 + \beta_3 (dh) + \beta_4 (d^2 h) + \beta_5 h$
	5	$y = \beta_0 + \beta_1 dh + \beta_2 d^2 + \beta_3 (dh) + \beta_4 (d^2 h)$
	6	$y = \beta_0 + \beta_1 d$
	7	$y = \beta_0 + \beta_1 (d^2 h)$
	8	$y = \beta_0 + \beta_1 d + \beta_2 d^2$
	9	$y = \beta_0 d^{\beta_1}$
	10	$y = \beta_0 d^{\beta_1} h^{\beta_2}$

Sendo: h= altura total (m); d= diâmetro à 1,3m do solo (cm); ln= logaritmo neperiano; y= volume individual total (m<sup>3</sup>) ou biomassa total (kg);  $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ =coeficientes do modelo.

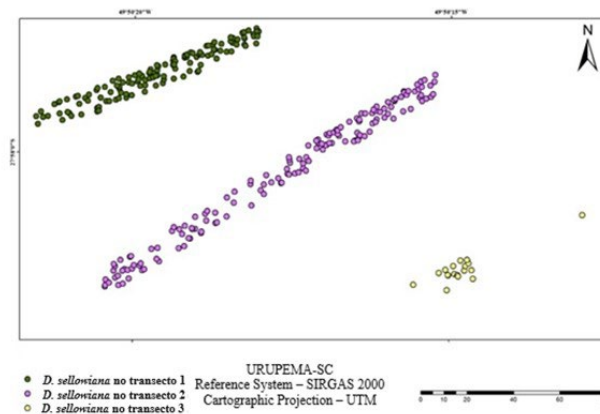
Para comparar os modelos e definir o de melhor ajuste para cada tipo de variável, os parâmetros utilizados foram o menor erro padrão em porcentagem (Syx%) e maior IA ajustado (Índice de Schlaegel) ou coeficiente de determinação ajustado (R<sup>2</sup>). Também foi observado observando a homogeneidade dos resíduos por meio da análise da sua distribuição gráfica, além de verificar a sua normalidade pelo teste de Shapiro-Wilks a 95% de probabilidade, além disso, foi feito um teste t a 95% de probabilidade para verificar a significância dos coeficientes.

A análise gráfica de resíduos é decisiva, pois permite detectar se há ou não tendenciosidade na estimativa da variável dependente ao longo de toda linha de regressão, verificar se os resíduos são independentes, e se há homogeneidade de variância (Miguel et al., 2010).

## RESULTADOS

### Densidade da espécie na floresta

Com base na amostragem realizada no fragmento florestal, estimou-se uma média de 680 indivíduos por hectare, os quais podem ser observados distribuídos espacialmente na área dos transectos avaliados (Figura 2).



**Figura 2.** Distribuição espacial de *D. sellowiana* dentro da área amostrada, onde cada círculo representa um indivíduo

É possível observar o maior número de indivíduos de *D. sellowiana* nos transectos 1 e 2, o que pode ser explicado pela presença de cursos d'água nos mesmos, o que não ocorre no transecto 3. De acordo com Mantovani (2004), a espécie é facilmente encontrada em calhas de rios, onde as condições de sombreamento e umidade favorecem o seu desenvolvimento.

### Caracterização dendrométrica

O diâmetro médio ( $\bar{d}$ ) neste fragmento foi 27,6 cm, variando de 18,6 a 43,9 cm. Almeida (2015) encontrou  $\bar{d}$  de 26,0 cm, com amplitude de 48 cm entre o menor e o maior diâmetro encontrado. No inventário de *D. sellowiana* no estado de Santa Catarina, Gasper et al. (2011) encontraram indivíduos com "d" variando entre 10,0 cm e 77,0 cm, com média de 67,5 cm.

A altura média estimada encontrada para os indivíduos da espécie no fragmento foi de 2,7 m, com coeficiente de variação (CV) de 29,2%. A altura média estimada por meio da equação escolhida foi de 2,8 m com CV de 19,9%, sendo o valor de mediana encontrado igual ao da média.

O volume médio dos indivíduos cubados neste fragmento foi de 0,1935 m<sup>3</sup>, variando entre 0,0547 m<sup>3</sup> a 0,6711 m<sup>3</sup>.

A dispersão dos diâmetros, alturas, volumes e pesos podem ser visualizados na Figura 3, conforme os boxplots das variáveis.

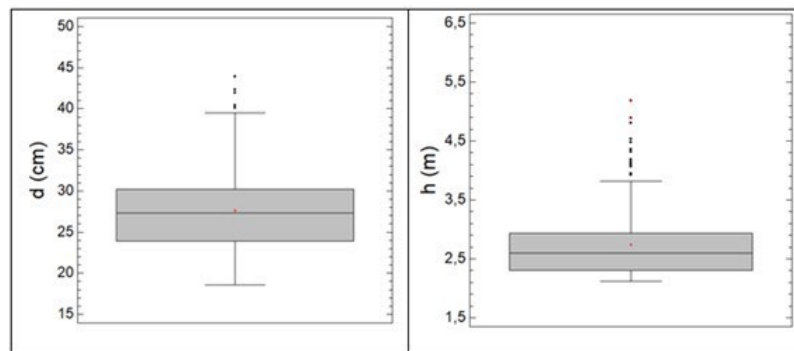


Figura 3. Diagrama de caixa (Boxplot) dos diâmetros e alturas totais dos indivíduos de *D. sellowiana*.

### Determinação da densidade básica

A densidade média básica da espécie foi definida com base nas classes hipsométricas, sendo disposta na Tabela 2.

Tabela 2. Densidade média do cáudice de *D. sellowiana* obtidas por classe de altura.

Classe de altura	Limite inferior (m)	Média (m)	Limite superior (m)	Frequência percentual	Densidade média (g.cm <sup>-3</sup> )
1	1,4	1,7	2,0	18,2%	0,5703
2	2,1	2,3	2,5	33%	0,4528
3	2,6	2,8	3,1	24%	0,3363
4	3,2	3,4	3,7	9%	0,4767
5	3,8	4,0	4,3	9%	0,3650
6	4,4	4,5	4,8	6%	0,3863

A densidade básica média encontrada foi de 0,4312 g.cm<sup>-3</sup> com coeficiente de variação de 20,7%, este valor é semelhante ao de espécies lenhosas comerciais. Ziemmer (2014), em seu estudo com *D. sellowiana* utilizando a mesma metodologia do presente estudo, encontrou o valor de densidade básica média individual de 0,1690 g.cm<sup>-3</sup> em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista no estado do Paraná.

A anatomia do fuste do xaxim não é uniforme, tanto no sentido transversal quanto longitudinal, possuindo um interior com textura mais rígida envolto por uma massa esponjosa de raízes adventícias, com textura diferente da parte interior. Devido a essa parte exterior do cáudice de *D. sellowiana* ser frágil e muitas vezes se diluir em água, neste estudo não foi utilizado para o cálculo da densidade, justificando o valor resultante elevado quando comparado a outro estudo com a mesma espécie.

### Modelagem

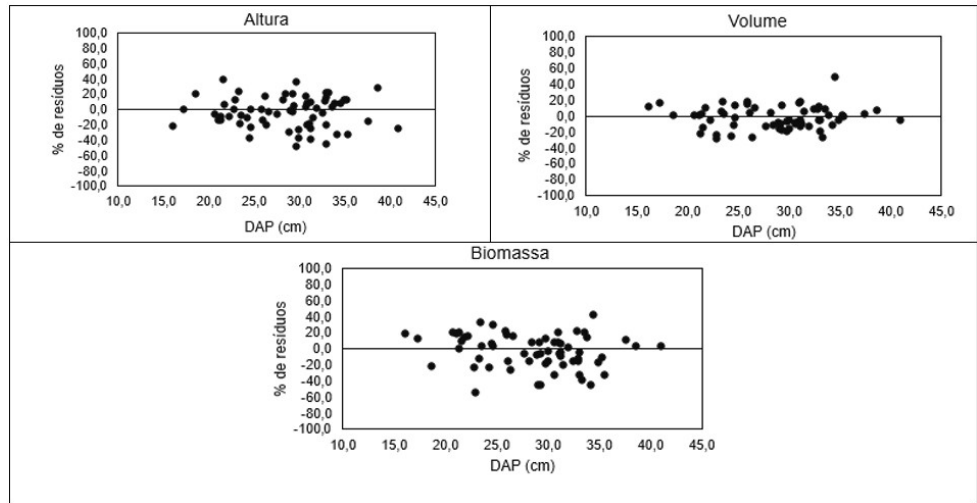
A estimativa das alturas, volumes e biomassa (peso) foi feita por meio de modelagem, na Tabela 3 estão dispostas a estatísticas utilizadas para a comparação dos modelos, bem como os respectivos coeficientes.

**Tabela 3.** Índice de Schlaegel ajustado (IA), erro padrão da estimativa absoluto e em porcentagem e coeficientes estimados ( $\beta$ ) para os modelos hipsométricos (altura total), volumétricos e de biomassa ajustados.

Tipo	Modelo	IA aj.	Syx%	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\beta_4$	$\beta_5$	P-valor
Hipsométrico	1	0,43	22,0	0,8290*	0,0295*	-	-	-	-	0,3467
	2	0,45	21,7	4,5127*	0,0891*	-0,8079 <sup>ns</sup>	-	-	-	0,5693
	3	0,42	22,2	-0,055 <sup>ns</sup>	0,1019*	-	-	-	-	0,5555
	4	0,44	21,7	1,2893*	0,0019*	-	-	-	-	0,1252
	<b>5</b>	<b>0,45</b>	<b>21,7</b>	<b>14,865*</b>	<b>0,3433*</b>	<b>-3,2721*</b>	-	-	-	<b>0,6484</b>
	6	0,39	22,9	-5,9062*	1,3139*	-	-	-	-	0,6001
Volumétrico	1	0,84	24,6	-0,0522*	0,003*	-	-	-	-	0,5087
	2	0,84	24,2	-0,1935*	0,0035*	0,2438 <sup>ns</sup>	-	-	-	0,0002
	3	0,84	24,4	-0,1668 <sup>ns</sup>	0,0033*	0,2133 <sup>ns</sup>	9,9E-07 <sup>ns</sup>	-	-	0,4244
	4	0,83	23,9	0,0618 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>	-0,0001 <sup>ns</sup>	0,0017 <sup>ns</sup>	0,0001 <sup>ns</sup>	-0,037 <sup>ns</sup>	0,1329
	5	0,83	23,7	0,0327 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>	-4,3E-05 <sup>ns</sup>	-0,0001 <sup>ns</sup>	8,2E-05*	-	0,1625
	6	0,61	38,1	-0,3089*	0,0177*	-	-	-	-	0,0012
	7	0,85	23,5	0,013 <sup>ns</sup>	7,2E-05*	-	-	-	-	0,1008
	8	0,68	34,9	0,3669 <sup>ns</sup>	-0,0324*	0,0009*	-	-	-	0,0363
	9	0,65	36,4	-9,9279*	2,4451*	-	-	-	-	0,0804
	<b>10</b>	<b>0,85</b>	<b>24,0</b>	<b>-7,7638*</b>	<b>1,4706*</b>	<b>1,0736*</b>	-	-	-	<b>0,1629</b>
Biomassa	1	0,79	21,2	-10,931 <sup>ns</sup>	1,0984*	-	-	-	-	0,3351
	2	0,81	24,9	-107,62*	1,5092*	166,861*	-	-	-	0,1277
	3	0,80	25,1	-113,38*	1,5692*	173,409*	-0,0002 <sup>ns</sup>	-	-	0,1032
	4	0,80	24,3	46,078 <sup>ns</sup>	0,0000 <sup>ns</sup>	-0,0317 <sup>ns</sup>	-0,3351 <sup>ns</sup>	0,0446 <sup>ns</sup>	-8,0897 <sup>ns</sup>	0,4843
	5	0,80	24,1	39,744*	0,0000 <sup>ns</sup>	-0,0249 <sup>ns</sup>	-0,7404 <sup>ns</sup>	0,0491*	-	0,2162
	6	0,59	36,1	-110,09*	6,7519*	-	-	-	-	0,4213
	<b>7</b>	<b>0,82</b>	<b>19,8</b>	<b>12,7182*</b>	<b>0,0272*</b>	-	-	-	-	<b>0,3142</b>
	8	0,68	32,0	194,018*	-15,803*	0,4029*	-	-	-	0,1310
	9	0,62	34,9	-2,6891*	2,0928*	-	-	-	-	0,1013
	10	0,78	26,5	-1,0994*	1,3771*	0,7885*	-	-	-	0,5634

Em que: IA aj = Índice de Schlaegel ajustado; Syx% = Erro padrão da estimativa em porcentagem;  $\beta_n$  = Coeficientes dos modelos; \* = coeficiente significativo pelo teste t a 95% de probabilidade; <sup>ns</sup> = Coeficiente não significativo; p-valor = Valor p do teste de Shapiro-Wilks para avaliar a normalidade dos resíduos dos ajustes; negrito = corresponde ao modelo selecionado para cada variável.

Além das estatísticas, utilizou-se a distribuição dos resíduos (Figura 4) como comparativo e para a definição dos modelos de melhor ajuste.



**Figura 4.** Dispersão Distribuição dos resíduos dos melhores modelos hipsométrico, volumétrico e de biomassa ajustados.

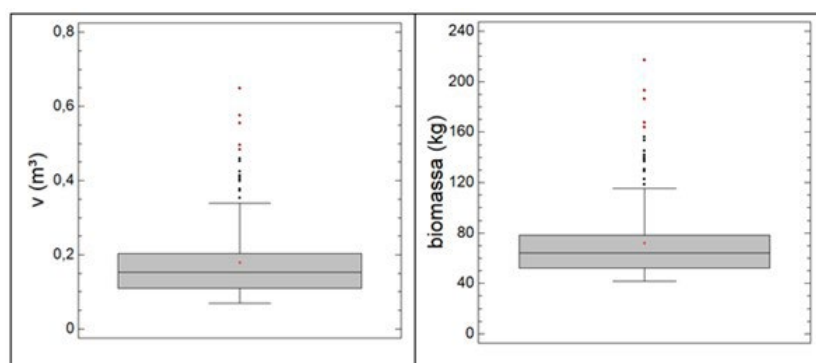
De acordo com os resultados obtidos, escolheu-se o modelo 5 para a estimativa das alturas dos indivíduos, por apresentar maior valor de IA ajustado, menor Syx%, homogeneidade dos resíduos, com os pontos distribuídos em ambos os lados em relação ao eixo das abscissas e sem a presença de observações que se diferenciem tanto das demais (outliers), além disto, o modelo apresentou todos parâmetros significativos a 95% de confiança.

A equação volumétrica escolhida foi  $v = e^{-7,7638+(1,4706\ln d)+(1,0736\ln h)}$ , por apresentar melhores valores para as estatísticas utilizadas para comparação e a distribuição homogênea dos resíduos, sendo estes distribuídos na parte inferior e superior do eixo das abscissas e sem a presença de valores discrepantes. O volume médio individual estimado foi de 0,1787 variando entre 0,0702 m<sup>3</sup> a 0,6485 m<sup>3</sup>.

Além da modelagem procedeu-se o cálculo do fator de forma artificial médio, e o valor obtido foi maior do que 1 (1,024). Este valor é considerado um “afilamento negativo” e a justificativa acontece pelo formato irregular do fuste do xaxim, uma vez que o mesmo apresenta um engrossamento na região da base do fuste e outro engrossamento próximo ao topo. Tal situação inviabiliza o uso de funções de afilamento, uma vez que estas propiciam estimar o perfil longitudinal de fustes que apresentam um adelgaçamento dos diâmetros com relação ao aumento da altura, tendo as maiores irregularidades ocorrendo nas porções inferiores dos fustes (Favalessa et al., 2012).

Para a estimativa da biomassa o melhor modelo foi o 7, com R<sup>2</sup> ajustado de 0,82 e Syx de 19,8%, gerando um peso médio estimado de 72,1kg variando de 41,5 a 216,9 kg, gerando em média 55,4 t.ha<sup>-1</sup>

A dispersão volumes e pesos podem ser visualizados na Figura 5, conforme os boxplots destas variáveis.



**Figura 5.** Diagrama de caixa (Boxplot) volumes e pesos estimados de *D. sellowiana* no fragmento estudado.



## DISCUSSÃO

O valor encontrado neste estudo para a quantidade de indivíduos por hectare foi superior ao encontrado por Almeida (2015) em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Montana no estado do Paraná (em média de 97 xaxins/ha) situado na Floresta Nacional de Irati, a qual possui altitude média de 820 m. Mantovani (2004), observou 188 indivíduos por hectare em um fragmento situado Floresta Nacional de Três Barras (SC), cuja altitude média é de 780 m e 4038 indivíduos por hectare em um fragmento no Parque Nacional de São Joaquim (SC), que possui altitude média de 1.300 m. De acordo com este autor, *Dicksonia sellowiana* ocorre em altas densidades, associada a um ambiente específico de interior de áreas florestadas de elevada altitude, como é o caso dos ambientes alto-montanos.

De acordo com o diagrama, para todas as variáveis há a presença de um valor fora da cauda do boxplot, isto é, um valor considerado *outlier*. Esses são dados que fogem do padrão geral apresentado pela maioria das medições, podendo ser causado pela ocorrência de erros operacionais ou pela existência de um padrão singular existente na população (Souza et al., 2021). Porém apesar de ser um valor elevado, é representativo e está de acordo com o encontrado no fragmento estudado. As alturas apresentaram variação menor, embora muito próxima com as obtidas por meio da mensuração. Em relação à simetria, a representação das variáveis é considerada simétrica devido a linha da mediana estar posicionada no meio em relação aos quartis 1 e 3.

Almeida (2015), assim como para diâmetro, também obteve resultados semelhantes, com altura média de 3,2 m e variação de 6,2 m entre a menor e a maior altura encontrada. Mantovani (2004), em seu estudo em Santa Catarina, encontrou indivíduos com altura de até 7 m. Lerner (2016), em uma área no estado do Paraná, encontrou altura máxima de 7,5 m para *D. sellowiana*.

No estudo de Biondi et al. (2009), realizado em um fragmento florestal no município de Rio Negro, Paraná, obtiveram volume médio individual da espécie 0,04 m<sup>3</sup>, com indivíduos cujo diâmetro da base médio foi de 25,6 cm. Lerner (2016) observou volume médio por unidade de área de 10,5 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, onde, no presente estudo foi de 137,5 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>, sendo determinantes para esse resultado a maior quantidade de indivíduos da espécie no fragmento estudado, comparado com os outros trabalhos na literatura.

Com base na estimativa de biomassa, e aos dados de inventário mensurados anteriormente, Lerner (2020) chegou a um resultado individual médio de 62,5 kg para biomassa individual de cáudices da mesma espécie, em um fragmento de Floresta Ombrófila Mista, no estado do Paraná, já o valor encontrado pela autora por unidade de área 1,416 t.ha<sup>-1</sup>. Já Ziemmer et al. (2016), em um fragmento florestal no município de Rio Negro - PR encontraram um valor de biomassa média por unidade de área de 29,43 t.ha<sup>-1</sup>.

São muitas as justificativas para o valor da biomassa estimada ter apresentado valores superiores em relação aos encontrados nos estudos utilizados como comparativo, como por exemplo a densidade elevada de indivíduos na floresta e as grandes dimensões dos mesmos, as quais são favorecidas pelas condições da hidrografia e relevo, que de acordo com Mantovani (2004), a umidade e os ambientes de regiões mais frias são as condições mais favoráveis ao desenvolvimento da espécie. A maior parte dos indivíduos está localizada nos transectos 1 e 2, os quais possuem cursos d'água e açudes no seu interior, os xaxins tendem a distribuir-se em maior abundância em locais com essas condições.

De acordo com Mielke (2002), a extração de *D. sellowiana* para confecção e produtos é uma atividade econômica muito antiga, conforme relatos de produtores sendo referenciada a partir da década de 1940. Quando permitida, sua extração e comercialização movimentavam diversos agentes, gerando renda para os mesmos.

Lerner (2020) observou 0,19 m para incremento em altura da espécie em um período de dois anos, o que quando comparado com espécies madeireiras como as dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* é considerado baixo, representando assim um crescimento lento, o que tratando-se de manejo é um dos principais problemas, além das restrições legais para utilização econômica do seu cáudice.

Em relação ao manejo de *D. sellowiana*, destaca-se o número diminuto de estudos para fundamentar a prática e gerar subsídios técnicos, seja com a utilização da espécie de maneira destrutiva ou não. Tanto na questão de estimativa de estoque de matéria prima disponível para a confecção dos produtos, quanto na quantificação dos danos ambientais presentes na exploração da espécie, faz-se necessário a elaboração de estudos que caracterizem a distribuição espacial do xaxim, sua ocorrência e crescimento, bem como as relações que estabelece com outras espécies.

Apesar da carência de estudos abordando a espécie, seu manejo apresenta versatilidade, podendo ser utilizada com finalidades distintas, desde o cáudice às frondes, sendo que algumas destas potencialidades não remetem ao corte dos indivíduos, garantindo a conservação das populações naturais. Destaca-se como um dos principais produtos a serem explorados o medicinal, isto porque suas frondes são matéria prima para a produção de medicamentos para diversas doenças, entre elas a asma (Malucelli et al., 2018). Este é um exemplo da utilização não destrutiva, em que a coleta é feita nas frondes mais antigas, com uma intensidade exploratória moderada para a comercialização. Lerner (2020), com base nos dados obtidos sobre a fenologia vegetativa da espécie, recomendou a coleta das frondes no final do inverno, de modo a favorecer o desenvolvimento das folhas jovens, os báculos.

## CONCLUSÃO

A densidade média de indivíduos de *D. sellowiana* Hook. por unidade de área deste fragmento foi 680 indivíduos.ha<sup>-1</sup>, que assim como as alturas e diâmetros médios, está dentro do intervalo encontrado em distintos fragmentos no estado de Santa Catarina.

As variáveis volume e a biomassa, quando comparadas com estudos recentes, obtiveram valores superiores, sendo justificado pela elevada densidade de indivíduos por unidade de área no fragmento estudado e as grandes dimensões dos mesmos, o que pode ser explicado pela idade dos indivíduos, mas principalmente pelas condições edafoclimáticas presentes no fragmento estudado, as quais são favoráveis ao desenvolvimento da espécie.

Destaca-se ainda, a necessidade de novos estudos abordando a espécie, de modo a gerar subsídios para sua conservação e manejo. A necessidade destes estudos é dada sobretudo na Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana, a qual ocorre em áreas fragmentadas e possui elevada vulnerabilidade.

## AGRADECIMENTOS

PROGRAMA DE APOIO À PESQUISA (PAP) UDESC, Grupo de pesquisa Gestão de Recursos Florestais, Processo FAPESC 829/2023, Termo de Outorga N°: 2023TR000262.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Almeida, M C. (2015). *Levantamento dendrométrico e caracterização fitossociológica de Dicksonia sellowiana Hook na Floresta Nacional de Irati – Paraná* (Monografia de graduação). Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati-PR.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift (Berlin)*, 22(6), 711-728. <http://dx.doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. (2003). *NBR 11941-02: determinação da densidade básica em madeira*. Rio de Janeiro: ABNT.
- Biondi, D., Leal, L., Martini, A., & Natal, C. M. (2009). Caracterização dendrométrica de *Dicksonia sellowiana* Hook. em povoamento de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. *Cerne*, 15, 453-459.
- Favalessa, C. M., Ubialli, J. A., Caldeira, S. F., Drescher, R., & Acosta, F. C. (2012). Equações de sortimentos para *Tectona grandis* na região centro-sul de Mato Grosso. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 32(72), 389-399. <http://dx.doi.org/10.4336/2012.pfb.32.72.389>.
- Fockink, G. D., Zangalli, C., Oliveira, E., & Kanieski, M. R. (2020). Espécies prioritárias para restauração da Floresta Ombrófila Mista Montana e Altomontana na Bacia Hidrográfica do Rio Canoas. *Advances in Forestry Science*, 7(1), 911-923. <http://dx.doi.org/10.34062/afs.v7i1.8657>.

- Fraga, L. L., Silva, L. B., & Schmitt, J. L. (2008). Composição e distribuição vertical de pteridófitas epífitas sobre *Dicksonia sellowiana* Hook. (Dicksoniaceae), em floresta ombrófila mista no Sul do Brasil. *Biota Neotropica*, 8(4), 123-129. <http://dx.doi.org/10.1590/S1676-06032008000400011>.
- Gasper, A. L., Sevegnani, L., Vibrans, A. C., Uhlmann, A., Lingner, D. V., Verdi, M., Dreveck, S., Santos, A. S., Brogni, E., Schmitt, R., & Klemz, G. (2011). Inventário de *Dicksonia sellowiana* Hook. em Santa Catarina. *Acta Botanica Brasílica*, 25(4), 776-784. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062011000400005>.
- Higuchi, P., Silva, A. C., Almeida, J. A., Bortoluzzi, R. L. C., Mantovani, A., Ferreira, T. S., Souza, S. T., Gomes, J. P., & Silva, K. M. (2013). Florística e estrutura do componente arbóreo e análise ambiental de um fragmento de Floresta Ombrófila Mista Alto-Montana no município de Painel, SC. *Ciência Florestal*, 23(1), 153-166. <http://dx.doi.org/10.5902/198050988449>.
- Instituto Brasileiro do Meio Ambiente – IBAMA. (1992). Portaria N° 37-N, de 3 de abril de 1992. *Diário Oficial da União*, Brasília.
- Lerner, J. (2020). *Ecologia e modelagem biométrica de samambaias arborescentes em fragmento de Floresta Ombrófila Mista* (Tese de doutorado). Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati-PR.
- Lerner, J. (2016). *Modelagem biométrica e fitossociologia de pteridófitas arborescentes em Floresta Ombrófila Mista* (Dissertação de mestrado). Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati-PR.
- Lerner, J., Homczinski, I., Roque, R. H., Michalichen, K. K., Cavassim, W. S., Dias, A. N., & Figueiredo Filho, A. (2021). Spatial distribution, biometrics and volumetric estimation of *Dicksonia sellowiana* (Presl.) Hook (Dicksoniaceae) in an araucaria forest fragment. *Acta Biológica Catarinense*, 8(1), 73-84. <http://dx.doi.org/10.21726/abc.v8i1.861>.
- Malucelli, L. C., Massulo, T., Magalhães, W. L. E., Stofella, N. C. F., Vasconcelos, E. C., Carvalho-Filho, M. A. S., & Murakami, F. S. (2018). Thermal and chemical characterization of *Dicksonia sellowiana* extract by means of thermal analysis. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 28(5), 626-630. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjp.2018.07.001>.
- Mantovani, M. (2004). *Caracterização de populações naturais de xaxim (Dicksonia sellowiana (Presl.) Hooker), em diferentes condições edafo-climáticas no Estado de Santa Catarina* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC.
- Mielke, E. J. C. (2002). *Análise da cadeia produtiva e comercialização do xaxim, Dicksonia sellowiana, no estado do Paraná* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.
- Miguel, E. P., Canzi, L. F., Rufino, R. F., & Santos, G. A. (2010). Ajuste de modelo volumétrico e desenvolvimento de fator de forma para plantios de *Eucalyptus grandis* localizados no município de Rio Verde/GO. *Enciclopédia Biosfera*, 6, 1-13.
- Montagna, T., Ferreira, D. K., Steiner, F., Fernandes, C. D., Bittencourt, R., Silva, J. Z., Mantovani, A., & Reis, M. S. (2012). A importância das unidades de conservação na manutenção da diversidade genética de xaxim (*Dicksonia sellowiana*) no estado de Santa Catarina. *Biodiversidade Brasileira*, 2(2), 25-31.
- Oliveira, V. B., Zuchetto, M., Paula, C. S., Verdum, M. C. S., Campos, R., Duarte, A. F. S., Miguel, M. D., & Miguel, O. G. (2015). Avaliação do potencial antioxidante frente à oxidação lipídica e da toxicidade preliminar do extrato e frações obtidas das frondes de *Dicksonia sellowiana* (Presl.) Hook. *Revista Brasileira de Plantas Medicináveis*, 17(4), 614-621. [http://dx.doi.org/10.1590/1983-084X/14\\_071](http://dx.doi.org/10.1590/1983-084X/14_071).
- Oliveira, Y. M. M., Rosot, M. A. D., Luz, N. B., Mattos, P. P., Guimarães, D. P., Oliveira, E. B., Gomide, G. L. A., Sá, I. B., Freitas, J. V., Silva, J. N. M., Garrastazu, M. C., Higuchi, N., & Costa, T. C. C. (2005). *Sistema Nacional de Parcelas Permanentes: proposta de modelo metodológico (Documento 106)*. Colombo: Embrapa Florestas.
- Péllico Netto, S., Orellana, E., Stepka, T. F., Lima, R., & Figueiredo Filho, A. (2012). Comportamento probabilístico dos raios das sextas árvores no método de Prodan e estimativas dos parâmetros dendrométricos para *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze nativa. *Scientia Forestalis*, 40, 517-524.
- Senna, R. M. (1996). *Pteridófitas no interior de uma floresta com Araucária: composição florística e estrutura ecológica* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre-RS.
- Souza, P. D., Araújo Junior, C. A., Cabacinha, C. D., Oliveira, L. S., Lopes Junior, C. D., & Almeida, W. (2021). Performance da modelagem para classificação de sítios florestais em bases de dados com outliers. *Nativa (Sinop)*, 9(1), 54-61. <http://dx.doi.org/10.31413/nativa.v9i1.11202>.
- Ziemmer, J. K. (2014). *Quantificação de biomassa, estoque e teores de carbono em duas espécies de pteridófitas arborescentes da Floresta Ombrófila Mista* (Trabalho de Conclusão de Curso - Especialização). Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.
- Ziemmer, J. K., Behling, A., & Dalla Corte, A. P. (2016). Quantificação da biomassa e dos teores de carbono de pteridófitas arborescentes em floresta ombrófila mista. *BIOFIX Scientific Journal*, 1(1), 60-73. <http://dx.doi.org/10.5380/biofix.v1i1.49100>.

Contribuição dos Autores: GLO: conceituação, metodologia, software, análise formal, investigação, escrita – primeira redação; TFS: conceituação, metodologia, investigação, escrita – revisão e edição; MFN: metodologia, investigação, escrita – revisão e edição; MRF: metodologia, software, análise formal, investigação.