

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL  
CAMPUS DOIS VIZINHOS

ELIANE APARECIDA MARQUES DA ROCHA

**INFLUÊNCIA DO CLIMA NO CRESCIMENTO DIAMÉTRICO DE *Nectandra lanceolata* Nees & (Mart.) Ex Nees, EM UM ECÓTONO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL E OMBRÓFILA MISTA NA REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ.**

Trabalho de Conclusão de Curso II

DOIS VIZINHOS – PR  
2021

ELIANE APARECIDA MARQUES DA ROCHA

**INFLUÊNCIA DO CLIMA NO CRESCIMENTO DIAMÉTRICO DE *Nectandra lanceolata* Nees & (Mart.) Ex Nees, EM UM ECÓTONO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL E OMBRÓFILA MISTA NA REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ.**

Trabalho apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia Florestal, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito para obtenção da aprovação na disciplina.

Orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Veridiana Padoin Weber  
Co-orientadora: Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Elisabete Vuaden



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Influência do clima no crescimento diamétrico de *Nectandra lanceolata* Nees & (Mart.) Ex Nees, em um Ecótono de Floresta Estacional Semidecidual e Ombrófila Mista na região Sudoeste do Paraná.

por

Eliane Aparecida Marques da Rocha

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 22 de Fevereiro de 2021 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. O(a) candidato(a) foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Veridiana Padoin Weber  
Orientador(a)

---

Prof. Dr. Elisabete Vuaden  
Co-orientador(a) (UTFPR)

---

Prof. Dr. Claudio Thomas  
Membro titular (UTFPR)

---

Prof. Dr. Mauricio Gorenstein  
Membro titular (UTFPR)

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

## RESUMO

ROCHA da, ELIANE APARECIDA MARQUES. **INFLUÊNCIA DO CLIMA NO CRESCIMENTO DIAMÉTRICO DE *Nectandra lanceolata* Nees & (Mart.) Ex Nees, EM UM ECÓTONO DE FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL E OMBRÓFILA MISTA NA REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ.** 2021, 42f. TCC II (Trabalho de Conclusão de Curso) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2021.

A *Nectandra lanceolata* é uma espécie nativa que apresenta anéis anuais de crescimento distintos, possibilitando através da análise de tronco investigar o crescimento no decorrer da sua vida. Estudos feitos a partir dessa metodologia mostram possíveis relações entre o crescimento diamétrico e as variáveis climáticas da região. Desta forma, torna-se importante estudar este comportamento a fim de conhecer os fatores limitantes de crescimento para a espécie. O objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento da canela-amarela com relação ao crescimento diamétrico, determinando a correlação com as influências climáticas. O estudo foi realizado em um Ecótono de Floresta Estacional Semidecidual e Ombrófila Mista no município de Dois Vizinhos – PR, foram estudadas 9 árvores com diâmetros variando de 32,12 cm a 43,54 cm. Para as análises foram utilizadas series temporais dos anos de 2011 a 2016. Os dados de crescimento diamétrico foram correlacionados com as variáveis climáticas através do teste de correlação linear de Pearson. Além disso, os incrementos em diâmetro foram modelados em função das variáveis climáticas que mais correlacionaram-se com o mesmo, levando em consideração o modelo com menor coeficiente de variação, o maior coeficiente de determinação ajustado, o maior valor de F, desvio padrão menor e melhor distribuição dos resíduos, adotando um nível de probabilidade de erro de 5%. Os incrementos periódicos anuais demonstraram comportamentos similares. A umidade relativa do ar (UR%) apresentou a maior correlação existente neste estudo. Em relação a precipitação, quanto menor a precipitação, menor a largura dos anéis. A radiação possui correlação positiva com a espécie. O modelo selecionado foi  $\sqrt{IP} = b_0 + b_1 * UR_{min}^3 + b_2 * UR_{m}^2 + b_3 * 1/UR_{max}$  com resultados de CV% de 10,84, Syx de 0,1798, Fcalculado de 76,7 e R<sup>2</sup>aj de 0,8377. A variável que mais destacou-se na modelagem foi a umidade relativa. Através da modelagem podemos confirmar, assim como na correlação linear, que as variáveis umidade relativa e a radiação influenciam na largura dos anéis.

Palavras-chave: Dendroclimatologia, *Nectandra lanceolata*, crescimento diamétrico, manejo florestal.

## ABSTRACT

ROCHA da, ELIANE APARECIDA MARQUES. **Evaluation of the influence of the diametric growth climate of *Nectandra lanceolata* Nees & (Mart.) Ex Nees, in the municipality of Dois Vizinhos - Paraná.** 2021, 42f. Thesis (Course Completion Work) - Department of Forest Engineering, Federal Technological University of Paraná, Dois Vizinhos, 2021.

*Nectandra lanceolata* is a native species that presents different growth exercises, making it possible, through trunk analysis, to investigate growth throughout its life. Studies made from this methodology demonstrating possible relations between the diametric growth and the climatic variables of the region. Thus, it is important to study this behavior in order to know the growth limiting factors for a species. The objective of this work was to evaluate the behavior of yellow cinnamon in relation to the diametric growth, determining the correlation with climatic influences. The study was carried out in a semi-deciduous and mixed rainforest ecotone in Dois Vizinhos - PR, 9 trees with diameters ranging from 32.12 cm to 43.54 cm were studied. For the analyzes, time series from the years 2011 to 2016 were used. The diametric growth data were correlated with the variable variables using Pearson's linear correlation test. In addition, the increments in diameter were modeled according to the climatic variables that most correlated with it, taking into account the model with the lowest variation coefficient, the highest determination coefficient specified, the highest F value, deviation lower standard and better distribution of waste, adopting a level of probability of error of 5%. The annual periodic increments showed similar behaviors. The relative humidity of the air (UR%) presented the highest correlation in this study. Regarding to separate, the smaller to separate, the smaller the width of the rings. The radiation has a positive correlation with the species. The model selected for  $\sqrt{IP} = b_0 + b_1 * UR_{min}^3 + b_2 * UR_{m}^2 + b_3 * 1 / UR_{max}$  with CV% results of 10.84, Syx of 0.1798, Calculated of 76.7 and  $R^2_{aj}$  of 0.8377. A variable that stood out the most in modeling relative humidity. Through modeling we can confirm, as well as in linear correlation, that the variables related to radiation and radiation influence the width of the rings.

Keywords: Dendroclimatology, *Nectandra lanceolata*, diametric growth, forest management.

## Sumário

1 INTRODUÇÃO .....	6
2 OBJETIVOS .....	8
2.1 Objetivo geral .....	8
2.2 Objetivos específicos .....	8
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
3.1 Caracterização da espécie.....	9
3.2 Formação de anéis de crescimento .....	10
3.3 Dendrocronologia.....	11
3.3.1 Análise de tronco parcial para crescimento diamétrico .....	12
3.3.2 Influências climáticas no crescimento diamétrico.....	13
3.4 Obtenção de incrementos e demais variáveis a partir de modelos matemáticos .....	14
4 METODOLOGIA.....	17
4.1 Descrição da área de estudo .....	17
4.2 Seleção das árvores para obtenção dos incrementos .....	17
4.3 Obtenção dos dados meteorológicos.....	17
4.4 Preparo dos rolos de incremento .....	18
4.5 Modelagem para Incremento Diamétrico .....	18
4.5.1 Correlações entre o crescimento diamétrico com as variáveis climáticas.....	18
4.5.2 Modelos de regressão.....	19
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
5.1 Características e incrementos dendrométricos dos últimos 9 anos.....	20
5.2 Análise de correlações entre o incremento diamétrico com as variáveis climáticas.....	21
5.3 Modelagem pelo procedimento proc stepwise .....	23
6 Conclusão .....	28
REFERÊNCIAS.....	29

## 1 INTRODUÇÃO

A exploração desordenada de florestas de espécies nativas levou à carência destas, abrindo espaço para as florestas de espécies exóticas. Estas, se tornaram a principal fonte madeireira para suprir a demanda das indústrias, por apresentarem rotação mais curta, madeira mais homogênea e maior produção. A introdução destas espécies aumentou em grande escala, muitas vezes não sendo levada em conta a qualidade da madeira para o produto final. Por isso, atualmente as espécies tropicais vem ganhando mais espaço, por apresentarem uma qualidade mais elevada e alto valor para comercialização, necessitando assim de maiores estudos acerca da ecologia e do seu crescimento (SCHEEREN et al., 2002).

Nas últimas décadas observa-se maior valorização de espécies florestais nativas que dispõe de alto potencial madeireiro e elevado potencial silvicultural (MATTOS et al., 2007). Ainda não se tem maiores informações acerca da ecologia e crescimento destas espécies naturais. Porém o conhecimento gerado através da dendrocronologia é de grande valia para que se tenha uma melhor compreensão da dinâmica destas florestas (SOARES et al., 2013).

O estudo da dendrocronologia se tornou uma ferramenta importante para a obtenção de informações sobre o crescimento de determinadas espécies. Spiecker (2002) ressalta a importância de conhecer o crescimento das espécies arbóreas, para que se determine um manejo sustentável, sendo importante para a produção florestal e a relação entre floresta e o ambiente. O autor acrescenta que os anéis de crescimento viabilizam o controle da qualidade da madeira, assim como diminuição do custo do plantio florestal, e ainda possibilita quantificar a sensibilidade das espécies às mudanças ambientais.

O manejo de espécies naturais ainda é pouco conhecido, assim como o potencial destas florestas para fins de exploração comercial. As espécies arbóreas respondem de diferentes formas a determinadas mudanças climáticas e a diferentes sítios, sendo que algumas variáveis climáticas podem interferir de forma positiva no crescimento das mesmas, assim como podem ser fatores limitantes nos processos fisiológicos, influenciando na parada e retomada de crescimento (MATTOS et al., 2007).

Desta forma, o estudo acerca do crescimento de espécies nativas se torna uma excelente ferramenta para o entendimento de sua dinâmica possibilitando a aplicação de tratamentos silviculturais e manejo sustentável de forma adequada, a fim de que estas

florestas apresentem uma produtividade cada vez maior, e que os fatores que limitam seu crescimento sejam conhecidos para que possam ser manejados.



## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem por objetivo avaliar a influência das variáveis meteorológicas no crescimento diamétrico da canela-amarela (*Nectandra lanceolata* Nees & Mart. Ex Nees), através de análise de tronco parcial de indivíduos do remanescente florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, localizada no município de Dois Vizinhos - PR.

### 2.2 Objetivos específicos

- Mensurar os anéis de crescimento dos últimos 5 anos e determinar o diâmetro no início e no final desse período, assim como o incremento periódico anual em cada uma das 9 árvores amostradas;
- Avaliar possíveis correlações entre o incremento diamétrico com as variáveis climáticas;
- Modelar os incrementos diamétricos das árvores amostradas.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Caracterização da espécie

A *Nectandra lanceolata* Nees & (Mart.) Ex Nees, popularmente conhecida por canela-amarela, faz parte do grupo de espécies arbóreas da família Lauraceae (CRONQUIST, 1981). De acordo com Bechara; Tiepo e Reis (2009) as espécies de *Nectandra* são as primeiras com potencial madeireiro abundantes na região Sul do Brasil em florestas secundárias, dispondo de um mercado vantajoso por possuir um valor relativamente alto em relação a sua madeira, e ainda grande potencialidade silvicultural.

Conforme Lorenzi (1992), a ocorrência da espécie se concentra nos estados do Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Sua frequência reduz à medida que se estende na direção Oeste, tendo sua ocorrência com maior abundância na região Sul do Brasil, principalmente em regiões com maior altitude, predominantemente nos sub-bosques de pinhais.

A canela-amarela encontra-se no interior da Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Ombrófila Densa e Floresta de Araucária. Além de ser encontrada em florestas primárias, pode também ser encontrada em florestas secundárias inicial ou tardia, adaptando-se melhor em solos argilosos, que suportam leves encharcamentos, desenvolvendo-se raramente em solos arenosos ou solos húmicos (CARVALHO, 2003). Segundo Marchiori (1997) a canela-amarela não possui exigência por determinado tipo de solo, sendo ainda classificada como espécie arbórea tolerante à sombra e à luz, podendo se desenvolver em florestas com o dossel parcialmente adensado, e com mais frequência em florestas com clareiras.

Apresenta madeira de cor amarelada, moderadamente pesada, possui ótima trabalhabilidade, facilitando a sua utilização na construção civil, móveis e obras internas. Utilizada para fins paisagísticos, visto que seu tronco é alongado e com copa densa e arredondada. Tem grande importância na recuperação de áreas degradadas por apresentar frutos atrativos para a avifauna, o que leva a dispersão zoocórica de sementes (LORENZI, 1992).

É uma espécie arbórea perenifólia, podendo alcançar 25 metros de altura, e seu tronco geralmente pouco tortuoso, com diâmetro variando entre 40 a 80 centímetros, recoberto por casca pardacenta e escamosa. As folhas são alternas,

dispostas em forma espiralada, simples, oblanceoladas e elípticas, pilosa na parte inferior, com cor parcialmente ferruginosa e lanceolada (LORENZI, 1992).

O período de floração se dá entre agosto e outubro, e o período de frutificação de outubro a março (BAITELLO, 2003; CARVALHO, 2003; MORELLATO, 1992). Com inflorescência na cor branca grande, dispostas em panículas axilares, os frutos são do tipo carnoso indeiscente, escuros e com cúpula de coloração verde. As sementes são recalcitrantes, extraídas do fruto após permanência em água, através da maceração, e quando maduras possui um maior potencial de armazenamento (LORENZI, 1992).

Como mostra Barroso (2002) ainda existem poucos dados em relação ao crescimento da canela-amarela e, em plantio experimental, os estudos já existentes a classificam como crescimento moderado, com produção média com casca de 10,40 m<sup>3</sup>/ha/ano aos 14 anos, com taxa de germinação de 61%. Segundo Richter e Dallwitz (2000), os limites dos anéis de crescimento são distintos, delimitado por lenho tardio com fibras espessas e raramente achatadas, cerne amarelo tendendo a marrom o que difere do alburno, apresenta odor agradável, sendo uma característica do gênero. Ver também o livro do Carvalho (Espécies arbóreas brasileiras)

### 3.2 Formação de anéis de crescimento

A formação dos anéis de crescimento se dá através das atividades desenvolvidas a partir do câmbio, sendo que no período vegetativo tem-se o lenho inicial, normalmente na primavera, e ao final deste período o lenho tardio, normalmente no outono, onde a atividade fisiológica tem uma redução, denominado como período de estresse fisiológico. Esta redução faz com que ocorra a diferença de cores entre os diferentes tipos de lenho (BURGER; RICHTER, 1991).

Para Corona (1986) através dos anéis de crescimento é possível determinar o período que a espécie está estabelecida em cada sítio, e a partir da espessura de cada anel é possível relacionar com os períodos em que houve maiores precipitações, assim como os anos em que se teve seca severa.

A transição das cores do lenho inicial para o lenho tardio nem sempre é bem distinta, apenas algumas espécies possuem esta mudança de forma abrupta. O limite dos anéis de crescimento pode ser verificado por mudanças estruturais das células podendo ser ocasionados pelo comprimento de fibras, mudança de espessura dos

raios e até mesmo elementos de vasos que podem se diferenciar conforme a mudança de lenho (IAWA, 1989).

Segundo Botosso; Mattos (2002) é possível encontrar anéis que não circundam por completo o tronco da árvore assim como, pode ocorrer anéis de crescimento falsos. Estes anéis de crescimento ocorrem quando, no período vegetativo, há a formação de mais de um anel, sendo que estas mudanças de incremento ocorrem devido a épocas chuvosas, inundações ou até mesmo períodos de dormência.

Por certo tempo acreditava-se que espécies tropicais e subtropicais, devido as estações pouco definidas, onde não ocorrem mudanças bruscas, não formavam limites de anéis bem distintos, não sendo possível definir se os anéis eram depositados anualmente. Esta ideia foi modificada por consequência de pesquisas de alguns autores, sendo atualmente aceito que muitas espécies tropicais apresentam anéis de crescimento bem distintos e anuais (ANDRADE, 2015; MATTOS et al., 2007).

De modo geral, quanto maior a variação ambiental, mais evidente são os anéis de crescimento, como por exemplo: épocas com elevadas precipitações e mudanças bruscas nas temperaturas. Entretanto, se esta variação ambiental for limitante, o crescimento do anel pode ser paralisado e ocorrer o crescimento de dois anéis, consequência do estresse fisiológico sofrido pela árvore (FINGER, 1992).

### 3.3 Dendrocronologia

Em 1911, Andrew Douglass fez a primeira identificação de anéis de crescimento em árvores de duas localidades e constatou que as mesmas apresentavam dimensões diferentes. A partir disso, observou que poderia saber exatamente em que ano os anéis teriam sido formados, através da datação cruzada, e que as diferenças de dimensões entre eles poderiam indicar as condições ambientais em determinadas regiões (FRITTS, 1976).

Desde então, a dendrocronologia possibilita o estudo do crescimento e da dinâmica das espécies arbóreas, e quais as suas relações com as variáveis ambientais e fenômenos ecológicos, através da análise dos anéis de crescimento. Estes revelam informações que podem datar algumas mudanças climáticas, assim como mudanças no sítio onde os indivíduos estão inseridos (FRITTS, 1976).

A obtenção de determinadas informações através da dendrocronologia, tem se difundido de forma a vir contribuir para o estudo do crescimento de espécies arbóreas tropicais. Através dos anéis de crescimento é possível obter dados referente aos anos

anteriores, assim como estimar o crescimento em diâmetro a longo prazo. A utilização destas variáveis na produção florestal, a partir da modelagem, se torna um excelente instrumento para o manejo destas florestas (WORBES, 1999).

Spiecker (2002) salienta o quão importante é conhecer o crescimento da floresta para que se tenha a otimização do uso da floresta, sendo que o conhecimento da mesma não implica apenas na produção de madeira de determinada área, mas sim para que se tenha a compreensão de como ocorre a relação entre estas florestas e o ambiente como um todo. O autor revela ainda que os anéis de crescimento são uma ponte entre o passado e as mudanças ambientais, possibilitando quantificar a sensibilidade de determinadas espécies em sítios distintos, e um maior controle da qualidade da madeira extraída, gerando o manejo mais eficiente.

A dendrocronologia de espécies tropicais e subtropicais tem sido uma ferramenta muito útil em estudos relacionados a crescimento destas espécies. É possível observar alguns estudos utilizando espécies de canela, como demonstrado para a *Nectandra megapotamica* Mez realizado em uma depressão central no Rio Grande do Sul, que apresentou anéis anuais visíveis e permitiu a análise de tronco (TONINI; FINGER; SCHNEIDER, 2003). Outro estudo realizado também no Rio Grande do Sul com a canela-lajeada (*Ocotea pulchella* Nees et Mart. ex Nees) demonstrou que a espécie possui um grande potencial de crescimento (SCHEEREN et al., 2002).

*Nectandra lanceolata* Nees & (Mart.) Ex Nees já foi estudada no município de Colombo, região metropolitana de Curitiba, Paraná, Os resultado desse estudo contribuíram para o entendimento da dinâmica de seu crescimento, colaborando assim, com o manejo sustentável de espécies tropicais, sendo que ainda existe algumas lacunas em relação a espécies de florestas naturais (DOMENE; MATTOS; BRAZ, 2011).

### 3.3.1 Análise de tronco parcial para crescimento diamétrico

A análise de tronco, também conhecida como ANATRO, é um recurso em que é possível obter os registros do crescimento de determinada árvore, por meio de medições e contagem de anéis (JORGE et al., 2008). Segundo os autores, a ANATRO é uma ferramenta de obtenção de dados, utilizada para fazer análises da correlação entre o crescimento, fatores bióticos e abióticos. Através desta análise pode-se realizar avaliações qualitativas e quantitativas das alterações ocorridas no

tronco, determinando o número de anéis, assim como alguns indicadores de possíveis danos sofridos em determinadas épocas.

As duas formas utilizadas para análise de crescimento são: análise de tronco completa realizada com o abatimento da árvore e análise de tronco parcial, a qual é feita com a árvore em pé, sendo este método não destrutivo. Para o método de análise parcial, utiliza-se um instrumento sueco que no Brasil é conhecido como Trado de Pressler, que retira cilindros de madeira da árvore, na altura do DAP, chamados de rolo de incremento. A partir destes rolos se faz a contagem dos anéis de crescimento (ENCINAS; SILVA; PINTO, 2005).

Para que se tenha maior representatividade na amostra das verrumas, Fritts (1976) enfatiza que é necessário obter duas verrumas por árvore. O autor cita que quando se trata de avaliações que estão relacionadas à cronologia e fatores ambientais, a retirada de mais de duas verrumas se torna inviável, visto que a diferença amostral é baixa e não influencia no resultado obtido.

O método de análise parcial, possui algumas vantagens em relação ao método de análise completa, como: a rapidez com que se faz amostragem e não haver necessidade da derrubada das árvores. Por este motivo, a análise parcial tem sido empregada intensamente em florestas de espécies nativas (FIGUEIREDO, 2017). Este método possui a desvantagem segundo Encinas; Silva; Pinto, (2005) da necessidade de se fazer a avaliação de um número maior de árvores, se comparado a análise total de tronco

### 3.3.2 Influências climáticas no crescimento diamétrico

Assim como outras ciências, a dendroclimatologia se baseia em alguns princípios, os quais são descritos por Fritts (1976), sendo possível utilizar os anéis de crescimento a fim de determinar séries temporais do passado. A dendroclimatologia demanda que as espécies tenham a produção destes anéis de forma distinta e anual, para que seja possível correlacionar a largura dos anéis com dados climáticos.

Conforme Higuschi et al. (2003) no crescimento diamétrico das espécies arbóreas, pode haver variações tanto entre espécies do mesmo gênero como em espécies de gêneros distintos. Estas variações podem ocorrer por diferença de idades, diferentes estações do ano e variações climáticas. O crescimento de espécies florestais tropicais e subtropicais se dá de forma indeterminada, afetando de forma direta todas as estratégias fisiológicas das árvores, refletindo na atividade cambial.

A diminuição da atividade cambial, está intrinsecamente ligada a redução das precipitações pluviométricas, ou então pelas inundações, em áreas que são mais susceptíveis a esta ocorrência. A oscilação nas precipitações é um fator que determina a regularidade da formação do xilema em diversos estudos. Souza et al. (2006) relatam que a irregularidade da disponibilidade hídrica afeta direta e indiretamente o crescimento das espécies arbóreas, as quais influenciam na disponibilidade hídrica do solo e conseqüentemente na produção florestal.

Martinkoski; Vogal; Jadoski, (2015) afirmam que uma das principais fontes de energia para todos os processos fisiológicos das plantas é a radiação, que incide sobre a árvore e é revertida em calor, tornando assim a temperatura um dos fatores mais importantes no desenvolvimento das árvores. A quantidade desta radiação sofre alterações devido a alguns fatores, como: estações do ano, latitude e altitude. Sendo assim, a temperatura influi no crescimento por ser importante na parada e retomada de toda a atividade cambial, formando assim anéis de crescimento com espessuras diferentes.

Segundo Fritts (1976), as temperaturas elevadas são apontadas como fatores limitantes do crescimento, podendo conter a produção de determinados hormônios, fundamentais para os processos fisiológicos, influenciando também na perda de água nas árvores. O autor afirma ainda que temperaturas negativas podem não modificar os processos fisiológicos, porém, temperaturas elevadas durante o período de inverno, levam ao descongelamento de tecidos, desta maneira as atividades fisiológicas voltam a atividade normal, ocasionando as diferenças em espessura dos anéis de crescimento.

### 3.4 Obtenção de incrementos e demais variáveis a partir de modelos matemáticos

Alder (1995) salienta que para se obter o incremento diamétrico de cada indivíduo ou de uma população, é necessária uma função específica para modelos de crescimento. Segundo Zeide (1989), as modelagens de crescimento são utilizadas em função do DAP (1,30 metro do solo) de cada indivíduo, pelo fato da fácil obtenção desta variável e a sensibilidade as mudanças ambientais. Alder (1995) acredita que, quando se trata de florestas tropicais, o incremento diamétrico pode ser obtido através da área basal ou do DAP da árvore.

O crescimento e toda a produção do povoamento que recebe manejo, assim como do povoamento que não recebe, deve ser conhecido para que se tenha uma

maior qualidade no mesmo, sabendo que as tomadas de decisão para manejo sustentável são tidas a partir destas variáveis, a fim de obter a produção máxima que determinado povoamento pode atingir (FERREIRA, 1997).

Alguns estudos em modelagem de incremento através do diâmetro, obtiveram valores de  $R^2$  baixo e erro padrão alto. Vanclay (1991) utilizou em um estudo uma equação com seis coeficientes, empregando o diâmetro em função dos diferentes sítios, área basal e índice de competição. Este mesmo autor, em um novo estudo com 237 espécies, afirma que com o agrupamento se obtém equações mais desenvolvidas que quando aplicadas a espécies individuais.

Scheeren et al. (2002) estudou o crescimento em diâmetro, volume comercial, determinação do fator de forma comercial e ICA (%) do volume comercial da *Ocotea pulchella* Nees et Mart. ex Nees, na depressão central do Rio Grande do Sul. Utilizou duas árvores para obtenção destas variáveis, sendo elas coletadas no mesmo sítio. Para encontrar as tendências de crescimento diamétrico testou três modelos matemáticos. O 1º modelo utilizado foi o de Mitscherlich e Sonntag (1982), o 2º modelo de Backman (1943) e o 3º modelo foi de Mitscherlich e Sonntag, sendo este quadrático.

Todas as equações do estudo de Scheeren et al. (2002) possuem um bom ajuste, destacou-se a 3ª equação com maior precisão estatística e com excelentes ajustes para diâmetro e volume comercial sem casca, cujo o coeficiente de determinação variou de 0,84 a 0,95, o erro padrão para volume comercial de 0,06 e 0,05 ( $m^3$ ) para diâmetro e coeficientes de variação de 16,05% e 20,20% respectivamente, para diâmetro e volume comercial.

Tonini; Finger; Schneider, (2003) estudaram *Nectandra megapotamica* Mez., a fim de determinar o tempo necessário para se obter determinada dimensão em volume, que fornecerá subsídio para o manejo florestal. O estudo se aferiu no Rio Grande do Sul, na depressão central em uma floresta de espécies nativas. As variáveis de interesse no estudo, foram o crescimento em diâmetro, volume comercial, fator de forma comercial e ainda ICA do volume comercial (%). Utilizou como amostra duas árvores as quais eram dominantes na floresta.

Para o estudo das tendências de crescimento, os autores utilizaram quatro equações, sendo a 1ª Mitscherlich & Sonntag (1982), 2ª Backman (1943), 3ª não especificada qual o autor e a 4ª Richards (1959). O 4º modelo utilizado foi o que apresentou melhor ajuste para o crescimento em diâmetro e em volume. Os autores



salientam que mesmo não havendo diferenças de sítio, há uma grande diferença no crescimento das duas árvores.

O modelo com maior precisão estatística foi o de Backman (1943), apresentando um coeficiente de determinação de 0,86 e 0,89, coeficiente de variação de 1,34% e 2,09%. Para o fator de forma comercial o melhor modelo foi o 3º com coeficiente de determinação de 0,78 e 0,97 e coeficiente de variação de 4,4 e 2,77%. Concluíram que a primeira árvore apresentou crescimento na fase exponencial e a segunda na forma sigmoidal típica.

A baixa performance nos ajustes de alguns modelos pode ser ocasionada pelo reflexo da mudança entre os diferentes indivíduos e seus incrementos, sendo que muitos fatores podem interferir no crescimento destes, como: variabilidade genética, idade, condições do ambiente e até mesmo a competição entre os indivíduos (STEPKA et al., 2012).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Descrição da área de estudo

A área de estudo encontra-se em uma comunidade arbórea, na Universidade Tecnológica Federal no município de Dois Vizinhos - PR. A Universidade encontra-se nas coordenadas 25° 41' 30" S e 53° 06' 04" W, com altitude variando entre 475 a 510 metros. A comunidade arbórea é formada por um remanescente de floresta ciliar, a qual já sofreu ação antrópica, sendo a vegetação original classificada como Floresta Estacional Semidecidual em transição para Floresta Ombrófila Mista (GORENSTEIN et al., 2010).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima da região é o Cfa, subtropical úmido mesotérmico, nos meses de inverno as temperaturas predominantes são inferiores a 18°C e nos meses mais quentes a temperatura é acima de 22°C. A região não apresenta épocas de seca, porém os verões são caracterizados com temperaturas altas. Quanto as precipitações, a média anual para o município é de 1.800 a 2.000mm, distribuída ao longo do ano, sendo que a umidade relativa do ar varia de 64 a 74%, e o solo predominante é latossolo roxo de textura argilosa (GORENSTEIN, 2010).

### 4.2 Obtenção dos rolos de incrementos

Os rolos de incremento da canela-amarela foram obtidos de 9 árvores no ano de 2016, estas apresentaram diferentes diâmetros a altura do peito variando de 32,12 cm a 43,54 cm. A variável mensurada em cada árvore foi o CAP (1,30 metros do solo). Em cada árvore foram retiradas 2 verrumas no sentido transversal, utilizando o trado de Pressler, na altura em que foi aferido o CAP. Os dados obtidos no momento da coleta foram digitados em planilhas do Excel.

### 4.3 Obtenção dos dados meteorológicos

Os dados meteorológicos utilizados para correlação entre as variáveis climáticas e os incrementos dos indivíduos arbóreos foram series temporais feitas ao longo do ano, as variáveis utilizadas para o estudo foram: precipitação (mm), temperatura (°C), umidade (%) e Radiação (kJm<sup>2</sup>), referentes aos anos de 2011 a 2016. Estes dados foram obtidos da Estação Meteorológica da UTFPR, campus Dois Vizinhos, sendo disponibilizados no endereço eletrônico: <http://www.gebiomet.com.br>.

#### 4.4 Preparo dos rolos de incremento

Os rolos de incrementos retirados de cada indivíduo no sentido transversal, foram preparados e acomodados em suporte de madeira, a fim de serem secos a temperatura ambiente. Após as amostras secas, foram polidas com papel micro abrasivo de diferentes granulometrias (120-600p/mm<sup>2</sup>), para apresentarem superfície lisa e homogênea destacando as estruturas macroscópicas do lenho.

Para a demarcação do limite dos anéis de crescimento foi utilizado uma lupa, demarcando um a um de forma manual com lápis preto técnico HB 2B. Posteriormente os rolos de incrementos foram digitalizados em um scanner de mesa. As imagens obtidas foram mensuradas no software Image-Pro Plus 7, revelando a largura de cada anel de crescimento presente nas amostras. Os valores de diâmetros encontrados foram exportados para planilhas do Excel, para fazer as correlações de interesse.

#### 4.5 Processamento dos dados

##### 4.5.1 Correlações entre o crescimento diamétrico com as variáveis climáticas

Os dados obtidos através da demarcação dos anéis e os dados históricos da estação meteorológica já citada, foram submetidos a análise de correlação de Pearson, com o auxílio do softwares Microsoft Office Excel, sendo possível investigar o grau de relação da precipitação (mm), temperatura (°C), umidade (%) e Radiação (kJm<sup>2</sup>) com os incrementos periódicos e incrementos periódicos anuais. O coeficiente de correlação de Pearson (r) mediu o grau da correlação linear entre duas variáveis quantitativas, sendo ele um índice adimensional com valores situados ente -1,0 e 1.0 inclusive, que reflete a intensidade de uma relação linear entre dois conjuntos de dados. As equações 1, 2 e 3 foram retiradas de Schneider; Schneider; Souza, (2009) e modificadas para o fim deste estudo.

(1)

$$P = \frac{\text{Covariância de } Y \text{ e } X}{(\text{Variância de } Y) \times (\text{Variância de } X)}$$

Onde: P= teste de correlação de Pearson; variância de Y= espessura de cada anel de crescimento; variância de X= variáveis climáticas.

Sendo o P estimado por:

(2)

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2\}\{\sum_{i=1}^n (y - \bar{y})^2\}}}$$

Onde:  $x$ = variáveis climáticas;  $\bar{x}$ = média de cada variável climática;  $y$ = espessura de cada anel de crescimento;  $\bar{y}$ = espessura média dos anéis de crescimento.

(3)

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$$

Onde:  $\hat{y}$  = valor estimado da espessura de cada anel de crescimento;  $\beta_0, \beta_1, \beta_2$  = coeficientes,  $X_1$  e  $X_2$ = variáveis climáticas.

#### 4.5.2 Modelagem pelo procedimento proc stepwise

A modelagem dos dados foi realizada com o *software Statistical Analysis System (SAS)*, com os dados coletados e observados ajustaram-se 10 equações por meio do procedimento de análise de regressão (PROC REG), para análise de regressão linear múltipla utilizou-se do procedimento Proc STEPWISE, a fim de modelar as equações para a relação entre as variáveis dependentes IP, IPA e as variáveis independentes, precipitação (mm), temperatura (°C), umidade (%) e Radiação (kJm<sup>2</sup>).

Para selecionar o melhor modelo, foi observado o ajuste de cada equação comparativamente, observando-se alguns parâmetros estatísticos, sendo eles: menor coeficiente de variação (CV%) (4), o maior coeficiente de determinação ajustado ( $R^2_{aj}$ ) (5), o maior valor de F, desvio padrão menor ( $S_{yx}$ %) (6) e melhor distribuição dos resíduos.

(5)

$$R^2_{aj} = 1 - \left( \frac{n-1}{n-2} \right) (1 - R^2)$$

Onde:  $R^2_{aj}$  = coeficiente de determinação ajustado;  $n$ = número de dados obtidos;  $R^2$ = coeficiente de determinação.

(6)

$$S_{yx}\% = \frac{S_{YX}}{\bar{y}} * 100$$

Onde:  $S_{yx}\%$  = erro padrão de estimativa em percentagem;  $S_{YX}$ = erro padrão da estimativa;  $\bar{y}$  = média aritmética dos diâmetros.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Comportamento das variáveis dendrométricas .

A análise de tronco permitiu caracterizar cada uma das árvores amostradas. Os dados mostram grande variação quanto a largura da casca e ao diâmetro sem casca, conforme apresentado na Tabela 1.

De acordo com Higuschi et al. (2003), conhecidamente ocorrem variações na condição de crescimento dentro de uma mesma espécie e até mesmo entre indivíduos. Estas variações podem sofrer influências de vários meios, pois além da genética e o tempo, as condições ambientais também influenciam no crescimento.

Conforme apresentado na tabela 1, é possível verificar a diferença entre o diâmetro sem casca da árvore 2 e da árvore 7, a qual foi de 12,38 cm. Quando analisado o incremento periódico anual, verifica-se que para a árvore 7 se igualar em crescimento diamétrico a de número 2 necessitaria de pouco mais de 12 anos. Sendo assim é possível presumir que houve diferença nas condições ambientais que as árvores estiveram sujeitas durante seu desenvolvimento ou durante os anos analisados de 2011 a 2016.

**Tabela 1** – Incremento periódico e periódico anual de *Nectandra lanceolata* em Dois Vizinhos, PR.

Árvore	Largura casca (cm)	DSC (cm)	IP (cm/6ano)	IPA (cm/ano)
1	1,02	31,28	4,98774	0,99755
2	0,11	43,31	4,72377	0,94475
3	0,90	41,29	4,83177	0,96635
4	1,16	36,65	5,46886	1,09377
5	1,13	42,15	4,36564	0,87313
6	0,62	35,75	5,66931	1,13386
7	1,18	30,93	4,75818	0,95164
8	1,41	32,54	3,99616	0,79923
9	0,74	36,64	3,58886	0,71777
<b>Média</b>	0,92	36,73	4,71	0,94
<b>Desv. Padrão</b>	0,39	4,68	0,66	0,13
<b>CV %</b>	0,42	0,13	0,14	0,14

Onde: DSC= diâmetro sem casca; IP= Incremento periódico; IPA= Incremento periódico anual; CV%= coeficiente de variação.

Os incrementos periódicos anuais das 9 árvores amostradas demonstraram comportamentos similares, variando de 0,71 cm/ano a 1,13 cm/ano. Porém, Alencar

e Araujo (1981), que estudaram o crescimento do Pau Rosa pertencente à família Lauraceae em floresta tropical em Manaus, obtiveram o incremento periódico anual variando de 0,16 cm/ano a 0,74cm/ano. Pode-se presumir que além das variações genéticas das duas espécies, as variações climáticas das duas regiões resultam em crescimentos distintos. Em geral, quando os incrementos em Lauráceas são baixos ou negativos, as árvores encontram-se em uma fase de estagnação (CANALEZ, 2006).

Em um fragmento florestal em Santa Maria – RS, Flora et al. (2004) obtiveram incremento periódico médio em diâmetro de 0,95 cm/hectare/ano para a *Nectandra megapotamica*, resultados que se assemelham aos obtidos neste estudo de 0,94 cm/ano para a *Nectandra lanceolata*. Valores próximos de 0,95 cm/ano de incremento podem ser encontrados também para *Ocotea cernua*, conforme a classe diamétrica de 25 - 30 cm (VÁSQUEZ; GONZÁLEZ, 2018).

A avaliação do incremento periódico anual para agrupamentos de espécies na Floresta Tropical na Amazônia Ocidental, demonstrou que a família Lauraceae obteve baixos valores desse índice, para a espécie *Nectandra rubra* o incremento foi de 0,06 cm/ano e *Nectandra reticulata* de 0,10 cm/ano (VASCONCELOS NETO, 2012). Esses dados podem ser conferidos conforme a Tabela 2, onde é possível analisar que a família Lauraceae não se adapta muito bem a solos encharcados. Em consequência, acaba sendo afetado seu crescimento.

Ao analisar a dinâmica de uma comunidade arbórea por um intervalo de 19 anos (1985 a 2004), De Oliveira e Felfili (2008) obtiveram o incremento periódico anual de 0,22 cm/ano. A umidade relativa do ar em maior parte do ano na mata de Galerias está abaixo de 70%, podendo atingir a mínima de até 47%, esse fator pode ter sido determinante no valor baixo de incremento, tendo em vista o favorecimento da umidade relativa do ar ao crescimento da espécie.

Incrementos mais altos em relação aos obtidos neste estudo foram encontrados por Domene et al. (2011), que ao avaliar o crescimento diamétrico de *Nectandra lanceolata* em um remanescente de Floresta Ombrófila Mista, obteve incremento periódico anual de 0,47 cm/ano, nos últimos 30 anos.

## 5.2 Análise de correlações entre o incremento diamétrico com as variáveis climáticas.

Observa-se na Tabela 2 que a correlação é maior com as larguras reais dos anéis do que com a média, isso se dá devido a média ser apenas uma estimativa e não um valor paramétrico verdadeiro.

**Tabela 2** – Matriz de correlação de Pearson entre as variáveis dendrométricas da *Nectandra lanceolata* e as variáveis meteorológicas.

	L. 1	L. 2	LM	DSC	TInst.	TMáx.	TMín.	UInst.	UMáx.	UMín.	R.	PP.
<b>L. 1</b>	1											
<b>L. 2</b>	0,00	1										
<b>LM</b>	0,74	0,67	1									
<b>DSC</b>	0,02	0,02	0,03	1								
<b>TInst.</b>	0,20	-0,20	0,01	-0,02	1							
<b>TMáx.</b>	0,20	-0,18	0,03	0,01	0,98	1						
<b>TMín.</b>	0,20	-0,14	0,06	0,06	0,95	0,99	1					
<b>UInst.</b>	-0,16	0,28	0,07	0,18	-0,31	-0,37	-0,28	1				
<b>URMáx.</b>	-0,15	0,28	0,08	0,14	-0,35	-0,43	-0,35	0,98	1			
<b>URMín.</b>	-0,15	0,26	0,07	0,17	-0,28	-0,36	-0,27	1,00	0,97	1		
<b>R.</b>	0,19	-0,11	0,06	0,10	-0,06	0,08	0,12	-0,52	-0,60	-0,54	1	
<b>PP.</b>	-0,19	0,12	-0,06	0,05	-0,45	-0,58	-0,56	0,76	0,72	0,78	-0,48	1

Onde: L.1= largura 1 (cm); L.2= largura 2 (cm); LM= largura média (cm); DSC= diâmetro sem casca (cm); TInst.= Temperatura média anual; TMáx.= Temperatura máxima anual; TMín.= Temperatura mínima anual; UInst.= Umidade relativa média anual; UMáx.= Umidade relativa máxima anual; UMín.= umidade relativa mínima anual; R.= radiação anual (KJm<sup>2</sup>); PP.= precipitação média anual (mm).

A umidade relativa apresentou correlação com o diâmetro, sendo a maior correlação existente neste estudo. É possível afirmar que o incremento diamétrico é influenciado pelas condições meteorológicas em geral (NUTTO, WATZLAUICK, 2002; ZANON, FINGER, 2010; KONIESKI et al., 2017) e que as condições climáticas podem variar de acordo com a posição sociológica (dossel ou sub-bosque) e conforme o fato de o indivíduo arbóreo ser nativo ou invasor (KANIESKI et al., 2017). A precipitação teve influência na largura dos anéis, quanto menor a precipitação, menor a largura dos anéis. Correlações positivas com a precipitação também foram encontrados por Leite (2017), para três espécies no Cerrado, sendo uma delas *Ocotea pulchella* (Nees) Mez., da família Lauraceae.

Porém, correlações positivas de radiação podem tornar a correlação baixa com a variável precipitação, como descrito por Schons (2019). Autores como Miranda (2015) e Longhi-Santos (2017) também encontraram valores baixos para precipitação, justificável também devido a distribuição homogênea de chuvas o ano todo.

Estudos apontam que a precipitação ou a disponibilidade de água no perfil do solo tem influência positiva sob o incremento em diâmetro (LISI et al., 2008;

CARDOSO et al., 2012), e auxilia no crescimento. Entretanto, ao atingir a saturação hídrica do solo, pode limitar o crescimento da planta.

As espécies da família Lauraceae, em geral, podem sobreviver durante, pelo menos, algum tempo em ambientes com elevada saturação hídrica do solo, e pouca iluminação (PIRES et al., 2012). Entretanto, ao ser disponibilizada a entrada de mais luz através de clareiras, a fotossíntese pode aumentar (SOUZA; VÁLIO, 2003).

Spathelf et al. (2010) ao estudar a dendrocronologia em *Ocotea pulchella* e *Nectandra maegapotamica* afirmou que o estresse hídrico não é um fator desencadeante do crescimento periódico da madeira de Lauraceas, tendo em vista que não foi encontrado nenhum padrão coerente entre o balanço hídrico e os índices de largura dos anéis.

A radiação possui correlação positiva com a espécie, resultado que pode ser justificado devido a dependência da maioria das espécies da família em questão à ambientes mais luminosos (PINHEIRO; MONTEIRO, 2006).

### 5.3 Modelagem dos incrementos diamétricos

Para obtenção dos coeficientes das equações do incremento (periódico-IP e periódico anual-IPA) em função das variáveis climáticas, foram utilizados 5 tipos de transformações matemáticas nessas variáveis. Os modelos do IPA em função das variáveis climáticas não resultaram em equações significativas, porém, os modelos do IP em função das variáveis climáticas foram significativos ao nível de 95% de probabilidade de confiança (Tabela 3).

**Tabela 3** – Modelagem testada para o incremento periódico em função das variáveis climáticas e os coeficientes de regressão obtidos com as equações para a *Nectandra lanceolata*.

Ordem	Modelo	$\beta_0$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$
1	$IP=b_0+b_1*UR_{min}^3+b_2*UR_{m}^2+b_3*R^3$	-111,746	-5,85E-04	5,95E-02	-1,16E-09
2	$IP/1=b_0+b_1*UR_{min}^3+b_2*T_{min}^3$	-4,199	6,74E-06	2,80E-04	-
3	$IP/2=b_0+b_1*UR_{min}+b_2*UR_{m}+b_3*1/L_{m}$	-69,259	-68,5999	66,90049	0,93132
4	$IP/3=b_1*\sqrt{UR_{min}}+b_2*UR_{max}$	-	58,74353	-5,80912	-
5	$\sqrt{IP}=b_0+b_1*UR_{min}^3+b_2*UR_{m}^2+b_3*1/UR_{max}$	-120,932	3,87E-04	0,04256	2204,624

Onde: URmin= umidade relativa mínima; URm= umidade relativa média; R= radiação; Tmin= temperatura mínima; Lm= largura média; URmax= umidade relativa máxima.

Foram utilizadas, como variáveis independentes na modelagem, todas as variáveis climáticas mais correlacionadas com o incremento: umidade relativa



máxima, média e mínima, radiação, temperatura mínima e largura média dos anéis, para estimar os coeficientes de cada modelo de incremento periódico.

A variável que mais destacou-se na modelagem foi a umidade relativa, apontando assim sua importância no crescimento da espécie. Através da modelagem podemos confirmar, assim como na correlação linear, que as variáveis umidade relativa e a radiação influenciam na largura dos anéis, sendo elas transformadas matematicamente ou não, as mesmas entraram de forma altamente significativa na modelagem.

Autores como Wang e Zhang (2011), Miyake et al. (2013) e Prestes et al. (2018) constataram que a grande significância da radiação sob a largura dos anéis de crescimento pode ser explicada devido à grande conexão desse fator climático sob as plantas. Essas conexões também foram encontradas por Rigozo et al. (2008), que ao estudarem os anéis de diversas árvores através de análise espectral, encontraram uma forte resposta dos anéis de crescimento ao aumento da atividade solar.

O modelo escolhido neste trabalho foi o  $RIP=b_0+b_1*UR_{min}^3+b_2*UR_{m}^2+b_3*1/UR_{max}$  e possui extrema significância da umidade relativa como variável independente, e essa influência pode ser explicada pela adaptação da espécie na região estudada, a qual possui alta umidade relativa do ar (DA SILVA, 2018).

O fato de a umidade relativa entrar significativamente no modelo selecionado, também pode ser explicado devido a espécie ter seu crescimento favorecido em locais com maior umidade. Estudos demonstram que em outras espécies a umidade relativa, bem como a temperatura média e o fotoperíodo, aqui representado pela radiação, são variáveis climáticas importantes para desenvolvimento dos indivíduos (PUCHALSKI et al., 2006; SANQUETTA et al., 2010; MACHADO et al., 2014).

Mattos et al. (2007) constataram que no período de 1999 a 2000, no início primaveril, houve uma extrema baixa de umidade relativa do ar e de precipitação em um fragmento de nativas da floresta ombrófila mista, o que gerou uma redução do crescimento no mesmo ano ou no ano seguinte.

Ao analisar os dados estatísticos, o modelo com menor coeficiente de variação (CV%) e desvio padrão (Syx), maior  $R^2$  ajustado ( $R^2_{aj}$ ) e F calculado, foi o modelo 5. De acordo com o ranqueamento de forma inversamente proporcional, o modelo que obteve a menor pontuação (Score) foi o modelo 5 (Tabela 4).

**Tabela 4** – Estatística das equações modeladas de incremento periódico para *Nectandra lanceolata*, Dois Vizinhos – PR.

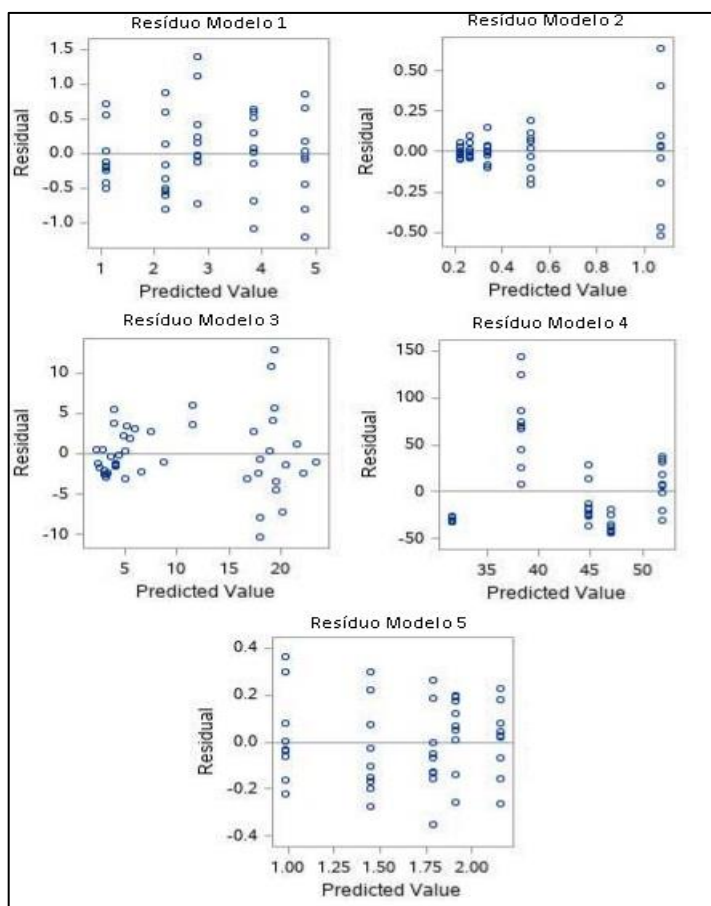
<b>Modelo</b>	<b>CV %</b>	<b>Syx</b>	<b>F</b>	<b>R<sup>2</sup>aj</b>	<b>Score</b>	<b>Ranking</b>
<b>1</b>	20,31	0,598	69,32	0,8233	10	3 <sup>o</sup>
<b>2</b>	36,68	0,177	69,61	0,7572	9	2 <sup>o</sup>
<b>3</b>	41,78	4,448	41,4	0,7337	16	4 <sup>o</sup>
<b>4</b>	107,77	46,39	19,58	0,4522	20	5 <sup>o</sup>
<b>5</b>	10,84	0,1798	76,7	0,8377	5	1 <sup>o</sup>

Onde: CV%= coeficiente de variação; Syx= desvio padrão; F= F calculado; R<sup>2</sup>aj= R<sup>2</sup> ajustado.

Dalla-flora et al. (2004), utilizou o procedimento *stepwise* para seleção de cinco modelos para *Nectandra megapotamica*, incluindo as variáveis independentes de maior importância no crescimento da espécie, sendo escolhido o modelo  $ICAgind = a + b \times DAP^2 + c \times DEGR. + d \times P.S + e \times Pedras + f \times BAL$  com  $R^2_{aj} = 0,34$ , o qual, apresenta um valor relativamente baixo para coeficiente de determinação, indicando claramente quais variáveis influenciam no incremento da *Nectandra megapotamica*.

Scheeren et al. (2003) encontram um valor de  $R^2_{aj}$  de 0,74 a 0,84 e o coeficiente de variação variou de 20,2% a 20,6%, ao modelarem o crescimento em diâmetro em função da idade de dois indivíduos de *Ocotea pulchella*, na localidade de Santa Maria, estado do Rio Grande do Sul. Resultados semelhantes aos encontrados por Fisher et al. (2009), ao estudar *Araucaria angustifolia* de um remanescente florestal primário, a qual apresentou um  $R^2$  de 0,8114. No modelo escolhido neste estudo, o  $R^2_{aj}$  foi de 0,837, o que indica que o incremento periódico pode ser estimado pela umidade relativa.

A distribuição dos resíduos das equações modeladas pode ser observada na Figura 1.



**Figura 1-** Distribuição de resíduos das 5 equações de incremento periódico em função das variáveis climáticas geradas na modelagem para *Nectandra lanceolata*.

De acordo com DRAPER & SMITH (1998) para a escolha do melhor modelo proveniente da modelagem, a análise gráfica residual é fundamental para o julgamento de uma análise de regressão, embora seja relativa é indispensável. Desta forma a distribuição de resíduos foi utilizada em conjunto com as demais estatísticas anteriores, a partir dela foi possível identificar os modelos que apresentaram heterogeneidade ou homogeneidade de variância.

Ao analisar os gráficos, os modelos denominados neste trabalho como 1 e 5 apresentam comportamentos semelhantes em relação a distribuição de resíduos, uma vez que apresentam variância homogênea ao longo das estimativas das equações. Quando comparado estes dois modelos, o de número 5 se sobressai por apresentar a distribuição compreendida no intervalo de -0,4% a 0,4%, enquanto o modelo de 1 apresenta intervalo variando de -1,5% a 1,5%. Deste modo entende-se que o modelo 5 apresenta os melhores parâmetros estatísticos.

Os modelos 2 e 3 apresentam uma forma afunilada, com variância heterogênea, quando analisado o modelo 4 nota-se que ele apresenta uma curva sigmoide. Os resultados destes três gráficos indicam o comportamento tendencioso dos resíduos no que se refere à sua variância em torno da estimativa, não podendo ser selecionado como modelos com bons ajustes.

## 6 Conclusão

A canela-amarela apresentou anéis de crescimento distintos, permitindo determinar o incremento periódico, periódico anual e ainda o diâmetro das 9 árvores amostradas ao final destes 5 anos.

Foi possível verificar que a espécie possui sensibilidade as mudanças climáticas e ainda que as correlações tiveram correlações significativas, tendo influência das 4 variáveis estudadas, se sobressaindo a umidade relativa do ar apresentando maior correlação no estudo.

O modelo com os melhores parâmetros estatísticos foi o  $\sqrt{IP} = b_0 + b_1 \cdot UR_{min}^3 + b_2 \cdot UR_m^2 + b_3 \cdot 1/UR_{max}$ , e possui extrema significância da umidade relativa como variável independente, podendo ser explicada pela adaptação da espécie na região.

Os resultados encontrados neste trabalho contribuem de forma significativa para os estudos dendrocronológicos da espécie, fornecendo informações sobre a dinâmica de crescimento em ocorrência natural. No entanto indica-se a realização de novos trabalhos abrangendo um número maior de indivíduos e com distribuição por todo o renascente florestal inserido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Dois Vizinhos.

## REFERÊNCIAS

- ALDER, D. Growth modeling for mixed tropical forests. Tropical Forestry Papers, Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, **University of Oxford**, n. 30, 1995.
- ALENCAR, J. C.; ARAUJO, V. C. Incremento anual do Pau-rosa (*Aniba duckei* Kostermans) Lauraceae, em floresta tropical úmida primária. **Acta Amaz.** vol.11 no.3 Manaus Sept. 1981.
- ANDRADE, V. H. F. **Modelos de crescimento para *Hymenaeacourbaril* L. e *Handroanthusserratifolius* (Vahl) S.O. Grose em floresta de terra firme utilizando análise de anéis de crescimento.** 2015. 73p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- BAITELLO, J. B. *Nectandra*. In: WANDERLEY, M. das G. L.; SHEPHERD, G. J.; GIULIETTI, A. M.; MELHEM, T. S. (Ed.). **Flora Fanerogâmica do Estado de São Paulo**. São Paulo: FAPESP: RiMa, 2003. v. 3, p. 167-179.
- BARROSO, M.G. **Sistemática de Angiospermas do Brasil**. EDUSP. V.1, V.2, V3, ed. (2002).
- BECHARA, F.C.; TIEPO, E.N.; REIS, A. Contribuição ao manejo sustentável do complexo ferruginoso *Nectandra* na floresta nacional de Ibirama, SC, R. **Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.1, p.125-132, 2009.
- BOTOSSO P. C.; MATTOS P. P. A idade das árvores: importância e aplicação [online]. Colombo: **EMBRAPA Florestas**; 2002.
- BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.
- CANALEZ, G. G.; DALLA CORTE, A. P.; SANQUETTA, P. R. Dinâmica da estrutura da comunidade de lauráceas no período 1995-2004 em uma floresta de araucária no sul do estado do paraná. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 4, p. 357-367, 2006.
- CARDOSO, F. C. G. et al. Stem growth and phenology of two tropical trees in contrasting soil conditions. **Plant and Soil**, Crawley, v. 354, p. 269-281, 2012.
- CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo, PR: Embrapa Florestas, 2003.1039p.
- CORONA, E. **Dendrochronologia: principi e applicazioni**. Verona: Istituti Italiano di Dendrochronologia, 1986. 103 p.
- CRONQUIST, A. **An integrated system of classification of flowering plants**. New York: Columbia University, 1981. 1262p.
- DALLA-FLORA, J.B.; DURLO, M.A.; SPATHELF, P. Modelo de incremento para árvores singulares – *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 1, p. 165-177, 2004.

DA SILVA, I. R. Relações entre o crescimento da *Ocotea porosa* (Nees & Mart.) Barroso e as forças climatológicas do sudeste do Paraná. 2018. 96 f. Tese (Doutorado em Física e Astronomia) - Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, 2018.

DE OLIVEIRA, A. P.; FELFILI, J. M. Dinâmica da comunidade arbórea de uma mata de galeria do Brasil Central em um período de 19 anos (1985-2004). **Revista Brasil. Bot.**, v.31, n.4, p. 597-610, 2008.

DRAPER, N. R.; SMITH, H. Applied regression analysis. 3. ed. New York.: J.Wiley, 1998. 706p

DOMENE, V. D.; DE MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M. Crescimento diamétrico de *Nectandra lanceolata* em remanescente de floresta natural em Colombo, PR. In: EVENTO DE INICIAÇÃO CIENTIFICA EMBRAPA FLORESTAS, 10., 2011, Colombo. **Anais...**Colombo: Embrapa Florestas, 2011.

DOMENE, V. D.; MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; **Crescimento diamétrico de *Nectandra lanceolata* em remanescente de floresta natural em Colombo, PR.** 2011.

ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. R. Idade e crescimento das arvores, **Comunicações Técnicas Florestais** v.7, n.1 Brasília, 2005.

FERREIRA, M. Escolha de espécies arbóreas para maços florestais – **Departamento de ciências florestais - Documentos florestais.** Piracicaba – SP, n.7 p. 1-15, 1990.

FERREIRA, R. L. C. **Estrutura e dinâmica de uma floresta secundária de transição, Rio Vermelho e Serra Azul de Minas, MG.** 208 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1997.

FIGUEREDO F.; RETSLAFF, F. S.; RETSLAFF1, F. S.; SANTOS, T. L.; STEPKA, T. F. Crescimento e Idade de Espécies Nativas Regenerantes Sob Plantio de *Araucaria angustifolia* no Paraná - **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. e00104814, p. 2-9, 2017.

FINGER, C. A. G. **Biometria Florestal.** Santa Maria: Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

FINGER, C. A. G. **Fundamentos da biometria florestal.** Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992, 296 p.

FISCHER, F. M.; SILVA, A. S.; BERGAMIN, R.; OLIVEIRA, J. M.; PILLAR, V. P. Estrutura etária de *Araucaria angustifolia* em um remanescente florestal primário. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 9., 2009, São Lourenço. **Anais...** São Lourenço: UFRGS, 2009.

Flora, B. D. J.; Durlo, A., Miguel; Spathelf, P. Modelo de incremento para árvores singulares *Nectandra megapotamica* (Spreng.) Mez. **Ciência Florestal**, vol. 14, núm. 1, 2004, pp. 165-177 Universidade Federal de Santa Maria Santa Maria, Brasil.

FRITTS, H. C. **Tree rings and Climate** – New York, ACADEMIC PRESS INC., 1976.

GORENSTEIN, M. R.; BECHARA, F. C.; ESTEVAN, D. A.; SGARBI, A. S.; GALLO, I. C. **Estrutura e diversidade da comunidade arbórea na trilha ecológica da UTFPR, campus Dois Vizinhos através do método de quadrantes**, 2010.

HIGUCHI, N.; CHAMBERS, J.Q.; SILVA, R.P.; MIRANDA, E.V.; SANTOS, J.; LIDA, S.; PINTO, A. C. M.; ROCHA, R. M.; SOUZA, C. A. S. Uso de bandas metálicas e dendrômetros automáticos para a definição do padrão de crescimento individual das principais espécies arbóreas da floresta primária da região de Manaus, Amazonas, Brasil. In: **Projeto Jacarandá Fase II: Pesquisas Florestais na Amazônia Central, Manaus: INPE**, p. 55-68, 2003.

IAWA - International Association of Wood Anatomy. List of microscopic features for wood identification. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 10, n. 3, p. 226-332, 1989.

JORGE, L. A. C.; VARGAS, A. J. C.; NAVARRO, F. C. P.; ROSSOT, M. A.; RODA, V. O. Análise ANATRO e Determinação de Volume a partir de Imagens de Anéis de Crescimento, **Embrapa**, 2008.

KANIESKI, M. R. et al. Parâmetros Climáticos e Incremento Diamétrico de Espécies Florestais em Floresta Aluvial no Sul do Brasil. **Floresta e Ambiente**, n. 24, 2017.

KIERNAN, D. H.; BEVILACQUA, E.; NYLAND, R. D. Individual-tree diameter growth model for sugar maple trees in uneven-aged northern hardwood stands under selection system. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 256, p. 1579–1586, 2008.

LEITE, P. T. P. **Dendroecologia de três espécies do cerrado brasileiro**. 2017. 112f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro.

LISI, C. S. et al. Tree-ring formation, radial increment periodicity and phenology of tree species from a Seasonal Semi-Deciduous Forest in Southeast Brazil. **IAWA Journal**, v. 29, n. 2, p. 189-207, 2008.

LONGHI-SANTOS, T. **Dendroecologia de *Aspidosperma polyneuron* Mull. Arg. em duas condições geomorfológicas no Sul do Brasil**. 2017.110f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 1.ed. Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, 1992. 302p. (v.1).

MACHADO, S. A.; ZAMIN, N. T.; NASCIMENTO, R. G. M.; DOS SANTOS, A. A. P. Efeito de variáveis climáticas no crescimento mensal de *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* em fase juvenil. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, 2014.

MARCHIORI, J. N. C. **Dendrologia das Angiospermas: das Magnoliáceas às Flacurtiáceas**. Santa Maria: Editora da UFSM, 1997.

MARTINKOSKI, L.; VOGAL, G. F.; JADOSKI, S. O. Influência do clima no crescimento diamétrico de *Araucária angustifolia*, **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava-PR, v.8, n.2, p.104-111, 2015.

MATTOS, P, P; SANTOS, A. T.; OLIVEIRA, Y. M. M; ROSOT, M. A. D. Dendrocronologia de espécies da Floresta Ombrófila Mista no Município de Candói PR. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, n.54, p 153-156, jan/jun. 2007.



MATTOS, P. P.; SANTOS, A. T.; OLIVEIRA, Y. M.; ROSOT, M. A. Dendrocronologia de espécies da Floresta Ombrófila Mista do Município de Candói, PR. **Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo**, v. 54, p. 153-156, 2007.

MIRANDA, B.P. **Dendroecologia de *Ilex microdonta* Reissek e *Drimys brasiliensis* Miers em dois ambientes altomontanos da Serra do Mar, Paraná, Brasil**. 2015. 95f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MIYAKE, F.; MASUDA, K.; NAKAMURA, L. Lengths of Schwabe cycles in the seventh and eighth centuries indicated by precise measurement of carbon-14 content in tree ring. **Journal of Geophysical Research: Space Physics**, n. 118, pp. 7483-7487, 2013.

MORELLATO, L. P. C. **Estudo da fenologia de árvores, arbustos e lianas de uma floresta semidecídua no sudeste do Brasil**. 1991. 176 f. Tese (Doutorado em Biologia) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 1991.

NUTTO, L.; WATZLAUICK, L. F. Relações entre fatores climáticos e Incremento em diâmetro de *Zanthoxylum rhoifolia* Lam. E *Zanthoxylum hyemale* St. Hil. na região de Santa Maria, RS. **Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo**, n. 45, p. 41-55, 2002.

PINHEIRO, M. H. O.; MONTEIRO, R. Contribution of forest species to the floristic composition of a forested savanna in southeastern Brazil. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 49, p. 763-774, 2006.

PIRES, A. P. et al. Sobrevivência e crescimento inicial de *Ocotea pulchella* (Lauraceae) em uma floresta de restinga da Ilha do Cardoso, SP. **Rodriguésia**, v. 63, n. 4, 2012.

PRESTES, A.; KLAUSNER, V.; DA SILVA, I. R.; OJEDA-GONZALEZ, A.; LORENSI, C. Araucaria growth response to solar and climate variability in South Brazil. **Annales Geophysicae**, v. 36, n. 3, p. 717-729, 2018.

PUCHALSKI, A.; MANTOVANI, M.; REIS, M. S. Variação em populações naturais de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze. associada a condições edafo-climáticas. **Scientia forestalis**, n. 60, p. 137-148, 2006.

RICHATER, H.G.; & DALLWITZ, M.J. 2000 onwards. **Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval**. In English, French, German, Portuguese, and Spanish. Version: 9th April 2019.

RIGOZO, N. R.; PRESTES, A.; NORDEMANN, D. J. R.; DA SILVA, H. E.; ECHER, M.P S. E. Solar maximum epoch imprints in tree-ring width from Passo Fundo, Brazil (1741–2004). **Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, n. 70, p. 1025-1033, 2008.

SANQUETTA, C. R.; WEBER, S. H.; FORMAGINI, F.; BARBEIRO, L. S.; VIEIRA, G. Equações individuais e determinação de classes de crescimento para *Nectandra grandiflora* Nees a partir de dados de análise de tronco. **Scientia Agraria**, v.11, n.1, p.001-008, 2010.

SCHEEREN, L. W.; FLEIG, F. D.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Crescimento de Canela-lageana, *Ocotea pulchella* Nees et Mart. ex Nees, na depressão central do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 1, p. 137-144. 2003.

SCHEEREN, L. W.; FLEIG, F. D.; SCHNEIDER, P. R.; FINGER, C. A. G. Crescimento de Canela-lageada *Ocotea pulchella* Nees et Mart. ex Nees, na depressão central do estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 137-144, 2002.

SCHENEIDER, P. R.; SCHENEIDER, P. S. P.; SOUZA, C. A. M. **Análise de regressão aplicada a Engenharia Florestal**. Santa Maria-RS, Facos – UFSM, 2 ed., 2009.

SCHONS, C. T. **Índices de competição, fatores climáticos e razão de movimento no crescimento de espécies arbóreas da floresta ombrófila mista**. 2019. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SOARES, L. M.; SILVA, M. A. F. da; CAVALHEIRO, R.; LOIOLA, T. M.; SILVEIRA, B. D. da; FLORIANO, E. P.; ROSSO, S. Ajuste de equações de crescimento em diâmetro para *Cordia americana* (L.) gottschling & j.s. mill. em uma Floresta Estacional Subtropical no interior do estado do Rio Grande do Sul. **International Workshop of Tropical Dendrochronology**. Lavras-MG, 2013, 82 p.

SOUZA, M. J. H.; RIBEIRO, A.; LEITE, H. G.; LEITE, F. P.; MINUZZI, R. B. Disponibilidade hídrica do solo e produtividade do eucalipto em três regiões da Bacia do Rio Doce. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n.3, p. 399-410, 2006.

SOUZA, R. P.; VÁLIO, I. F. M. Seedling growth of Brazilian tropical tree species differing in successional status. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 26, p. 35-47, 2003.

SPATHELF, P.; TOMAZELLO FILHO, M.; TONINI, H. Dendroecological analysis of *Ocotea pulchella* and *Nectandra megapotamica* on two sites near santa maria, Rio Grande do Sul (brazil). **Revista Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 4, p. 777-788, 2010.

SPIECKER, H. Tree rings and forest management in Europe. **Dendrochronologia**, v. 20, n. 1-2, p. 191-202, 2002.

STEPKA, T. F.; DIAS, A. N.; FILHO, A. F.; MACHADO, S. A.; SAWCZUK, A. R. Modelagem do incremento em diâmetro da *Araucaria angustifolia* em uma floresta ombrófila mista do centro sul do Paraná, **floresta**, Curitiba, PR, v. 42, n. 3, p. 607 - 620, jul./set. 2012.

TONINI, H.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R. O crescimento da *Nectandra megapotamica* Mez., em floresta nativa na depressão central do Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.1, jan-fev, p.85-90, 2003.

VANCLAY, J. K. Aggregating tree species to develop diameter increment equations for tropical rainforests. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 42, p. 143 - 168, 1991.

VASCONCELOS NETO, E. L. **Agrupamento ecológico e funcional de espécies florestais na amazônia sul ocidental**. 2012. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus.

VÁSQUEZ, J. R. B.; GONZÁLEZ, J. G. A. Crecimiento de *Ocotea cernua* (Lauraceae) en bosques aluviales inundables de la Amazonía peruana. **Revista peruana de biología**, v. 25, n.1, 2018.

WANG, X.; ZHANG, Q.B. Evidence of solar signals in tree rings of Smith fir from Sygera Mountain in southeast Tibet. **Journal Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics**, n. 73, p. 1959-1966, 2011.

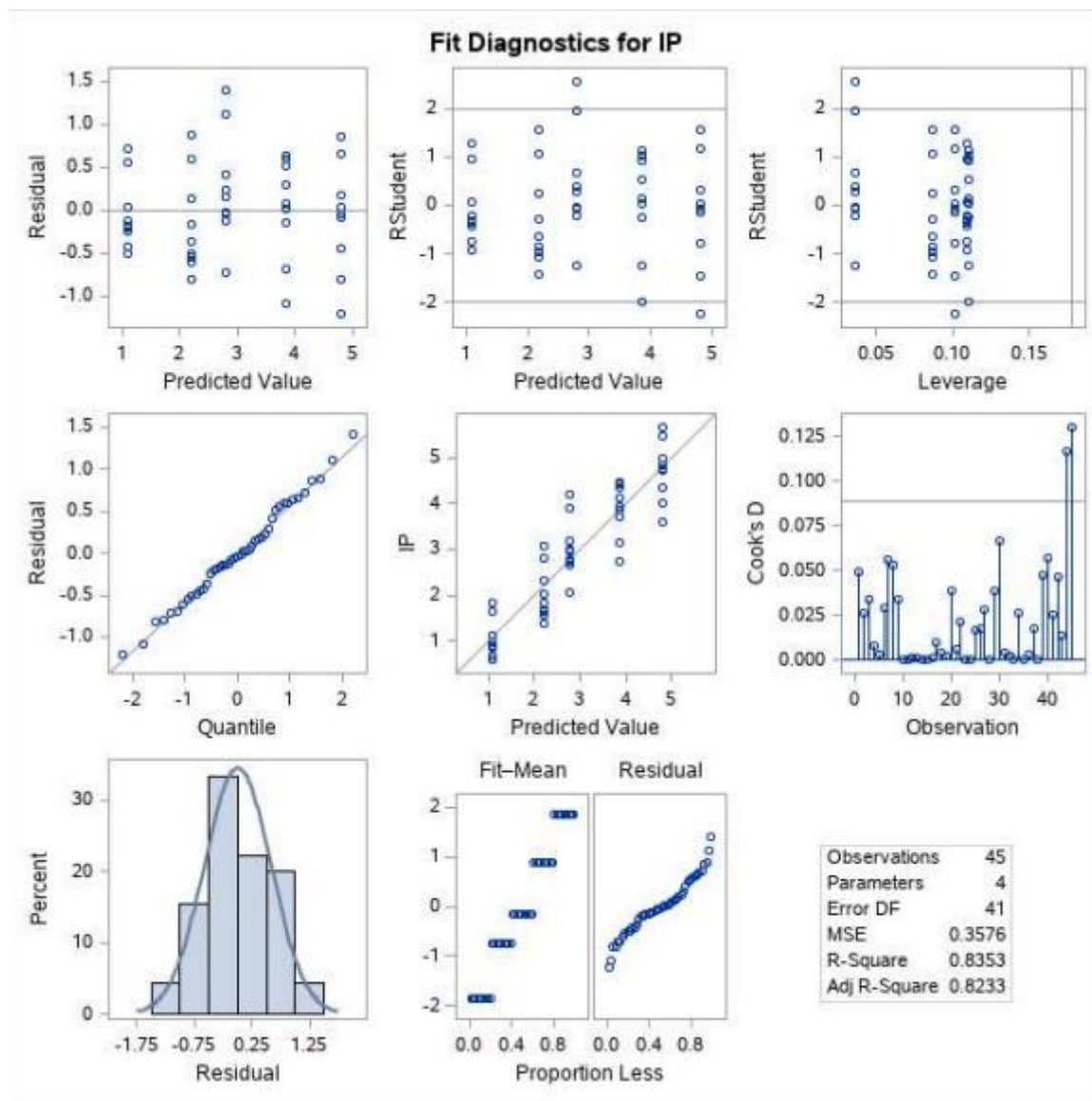
WORBES, M. Annual growth rings, rainfall-dependent growth and long-term growth patterns of tropical trees from the Caparo Forest Reserve in Venezuela – **Journal of Ecology**, v. 87, 1999.

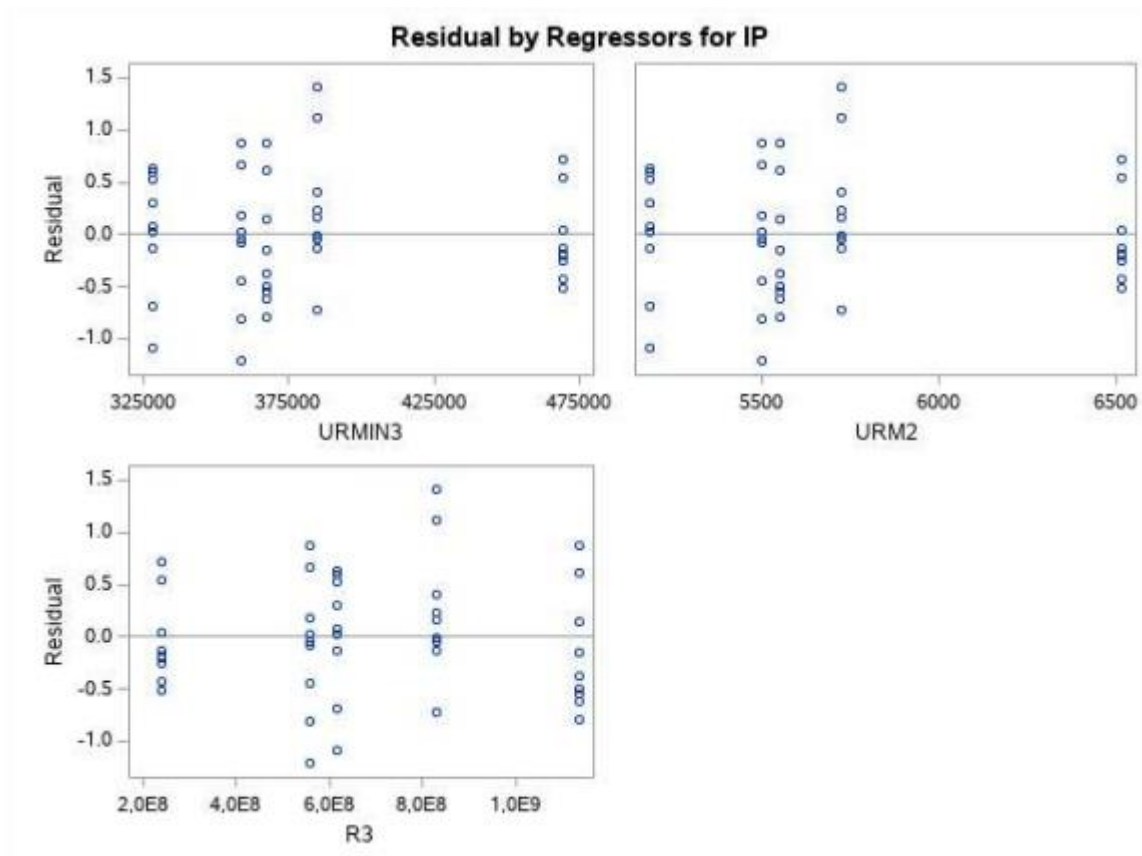
ZANON, M. L. B., FINGER, C. A. G. Relação de variáveis meteorológicas com o crescimento das árvores de *Araucaria angustifolia* (bertol.) kuntze em povoamentos implantados. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 467-476, 2010.

ZEIDE, B. Accuracy of equations describing diameter growth. **Canadian Journal of Forest Research**, Ottawa, v. 19, n. 10, p. 1283 - 1286, 1989.

## ANEXO I

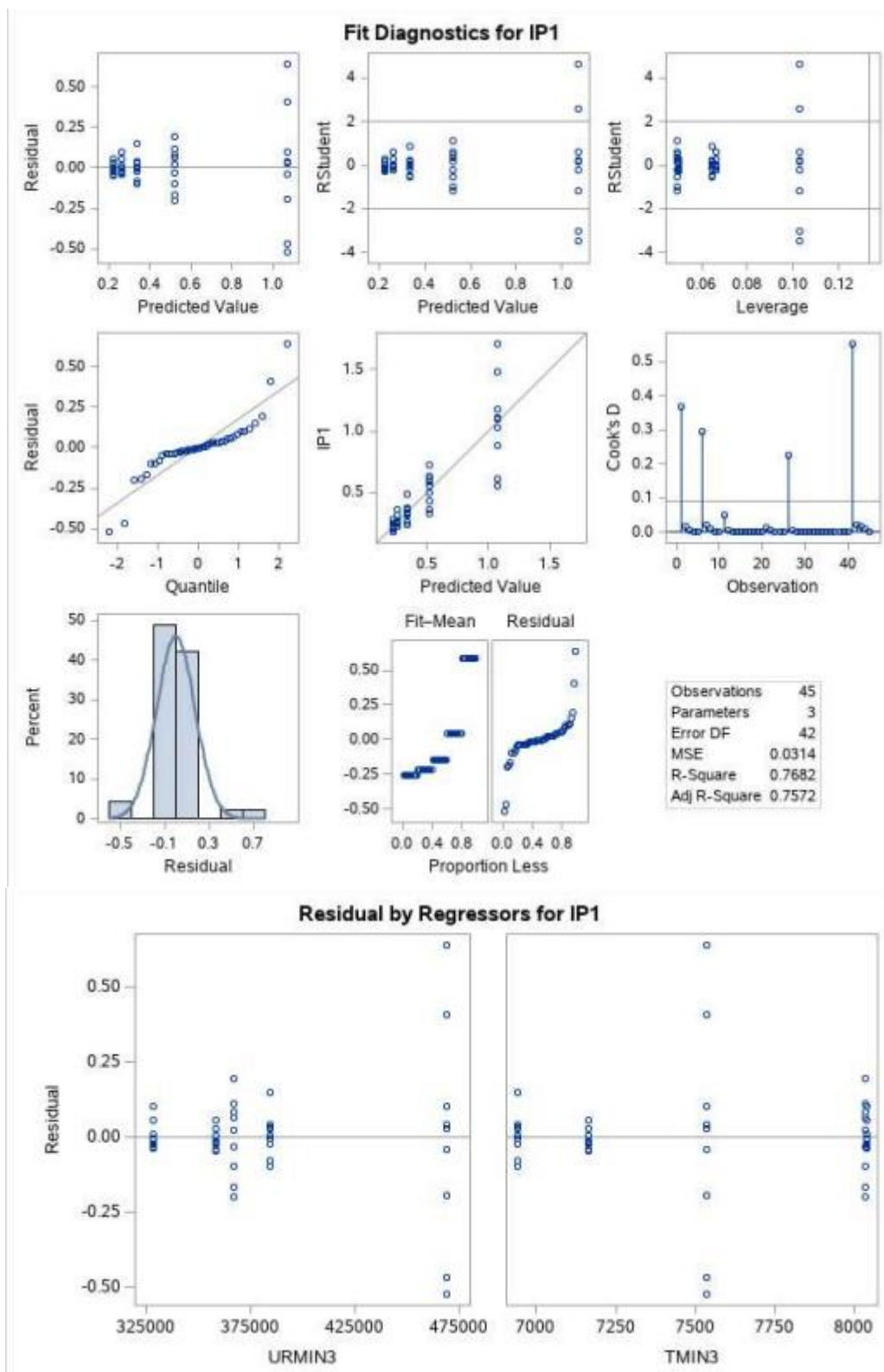
Gráficos obtidos através da modelagem referente ao 1º modelo da *Nectandra lanceolata* no remanescente florestal no município de Dois Vizinhos – PR.





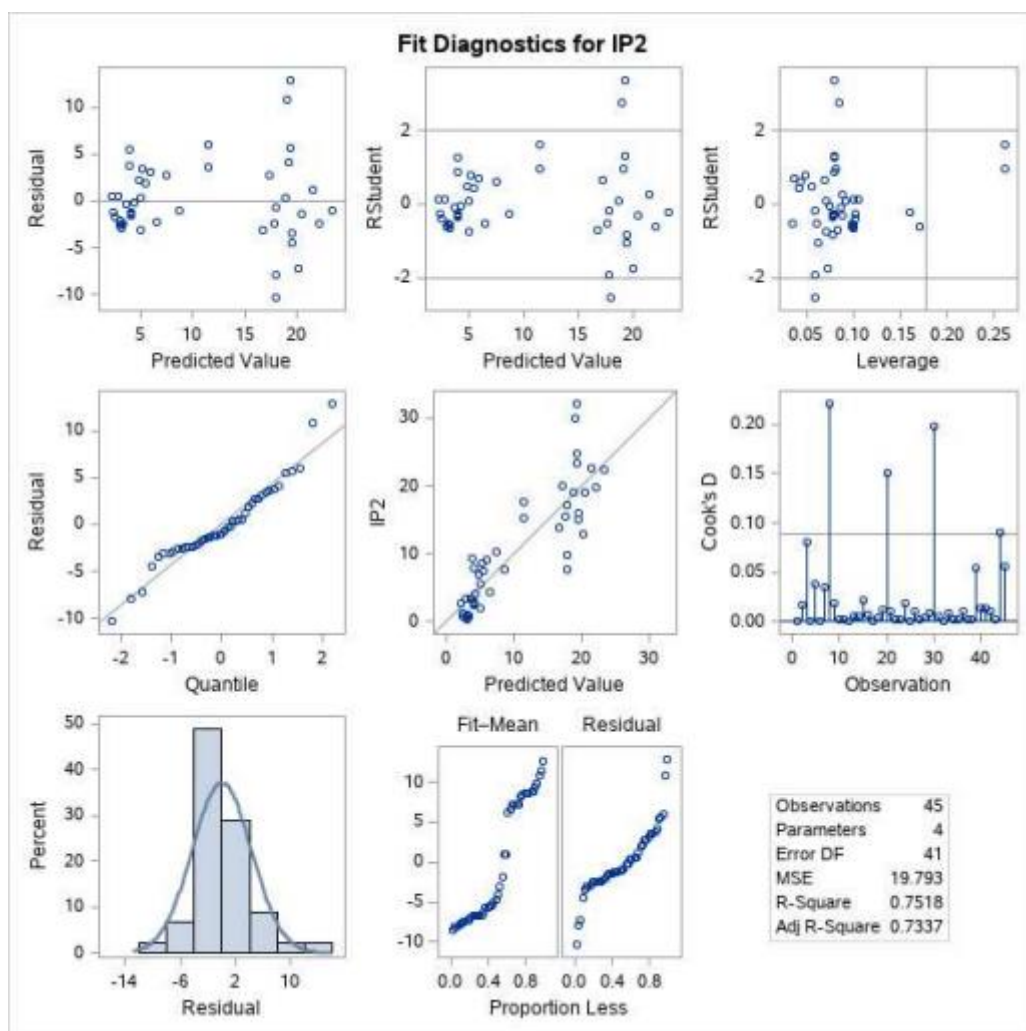
## ANEXO II

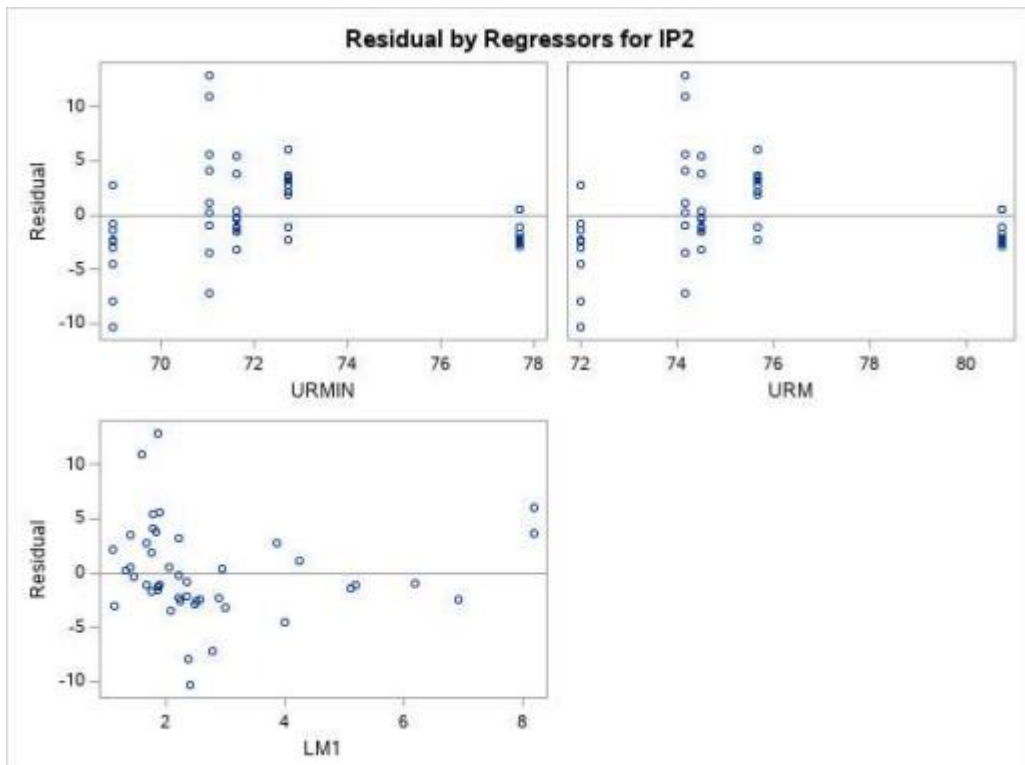
Gráficos obtidos através da modelagem referente ao 2º modelo da *Nectandra lanceolata* no remanescente florestal no município de Dois Vizinhos – PR.



## ANEXO III

Gráficos obtidos através da modelagem referente ao 3º modelo da *Nectandra lanceolata* no remanescente florestal no município de Dois Vizinhos – PR.

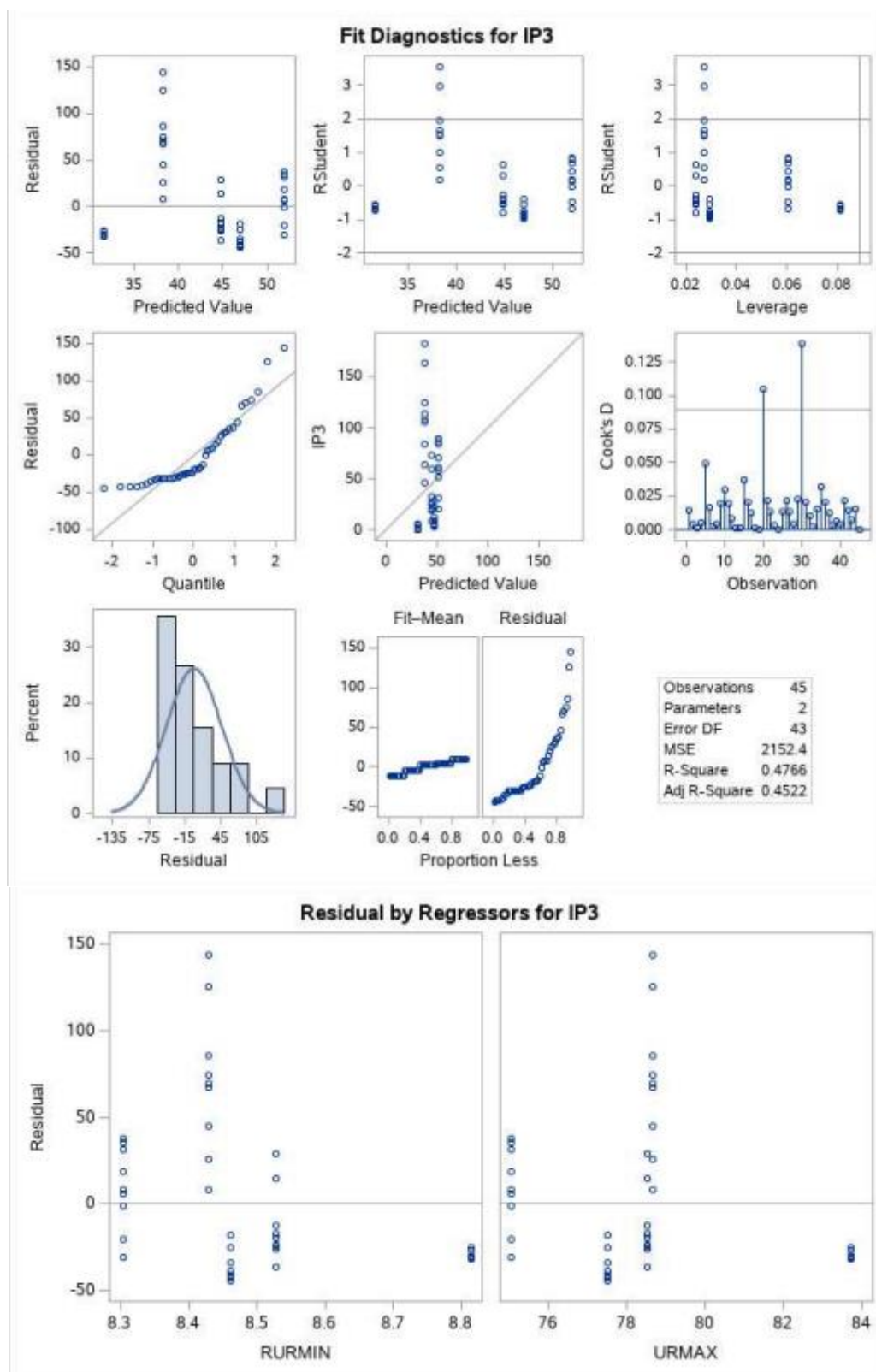






## ANEXO IV

Gráficos obtidos através da modelagem, referente ao 4º modelo da *Nectandra lanceolata* no remanescente florestal no município de Dois Vizinhos – PR.



## ANEXO V

Gráficos obtidos através da modelagem referente ao 5º modelo da *Nectandra lanceolata* no remanescente florestal no município de Dois Vizinhos – PR.

