

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

EVELYN RAPHAELA NAEGELER DE SOUZA

**CRESCIMENTO VOLUMÉTRICO DE *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm NA  
REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS

2018

EVELYN RAPHAELA NAEGELER DE SOUZA

**CRESCIMENTO VOLUMÉTRICO DE *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm NA  
REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ**

Projeto apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Veridiana Padoin Weber

Coorientador: Prof. Msc. Douglas Edson Carvalho.

DOIS VIZINHOS

2018



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Dois Vizinhos  
Curso de Engenharia Florestal



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

# CRESCIMENTO VOLUMÉTRICO DE *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm NA REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ

por

EVELYN RAPHAELA NAEGELER DE SOUZA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 27 de novembro de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Veridiana Padoin Weber  
Orientador(a)

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Elisabete Vuaden  
Membro titular (UTFPR)

---

Prof. <sup>o</sup>Dr.<sup>o</sup> Mauricio Romero Gorenstein  
Membro titular (UTFPR)

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, pela saúde, pelas bênçãos!

Aos meus pais Everaldo e Emelda especialmente, pelo amor e carinho, pela confiança em mim depositada, por me ensinarem a ser forte, a buscar meus sonhos, sempre me incentivando, me amparando nos momentos difíceis. Obrigado por serem meu alicerce!

Com muita saudade, agradeço e dedico este trabalho a tia Ereni, que hoje já não está entre nós, mas foi uma grande incentivadora.

Aos demais familiares, que de alguma forma me apoiaram nesta caminhada!

Em especial aos meus amigos Michel e Silmara, pelo carinho e compreensão, sempre me apoiaram, me escutaram, enfim realmente irmãos que a vida me deu!

As companheiras Tairiny e Cintia, pelo apoio e paciência, pela grande amizade, pelo companheirismo, pelas conversas e conselhos!

Aos amigos Douglas, Priscila, Sandiane, Letícia, Amanda, Marcos e Graciane, pela amizade e apoio nas horas difíceis.

A minha querida líder Nana, pelos conselhos, carinho e motivação a mim dedicado!

Aos demais amigos que a UTFPR me apresentou, que de alguma forma deixaram um pouco de si e contribuíram não somente academicamente, mas sim, com meu crescimento pessoal.

A Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Veridiana Padoin Weber e Prof. Msc. Douglas Edson Carvalho pela orientação, pelos ensinamentos, apoio científico e incentivo na realização deste trabalho!

Aos membros da banca, pelas contribuições para a melhoria do trabalho!

A todos os professores do curso de Engenharia Florestal da UTFPR, que tiveram papel fundamental na minha formação acadêmica.

A todos amigos e colegas que aqui não foram citados!

Muito Obrigada!

Lâmpada para os meus pés é a tua palavra Deus  
e, luz para os meus caminhos.

SI 119: 105

## RESUMO

SOUZA, Evelyn Raphaela Naegeler de. **CRESCIMENTO VOLUMÉTRICO DE *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm NA REGIÃO SUDOESTE DO PARANÁ.** 2018. 42f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

O uso de espécies exóticas no Brasil vem aumentando cada vez mais nos últimos tempos, visando oferecer produtos madeireiros alternativos e até mesmo diminuir o desmatamento de florestas nativas que não são passíveis de planos de manejo sustentáveis. Perante isso, este trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento volumétrico da espécie exótica *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm, demonstrando seu potencial de utilização no manejo florestal para a região Sudoeste do Paraná. Através da análise de tronco completa de 5 indivíduos arbóreos, com os dados calculou-se o volume ( $m^3$ ), Incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA). Posteriormente foram testados 3 modelos, através da função solver do Microsoft Excel. Os indivíduos de *Gmelina arborea* em estudo, contém suas idades variando de 23 a 27 anos, apresentando valores de volume ( $m^3$ ), de 0,1571 a 0,6267  $m^3$  entre cada árvore amostrada. Já os valores de incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA) aos 26 anos a *Gmelina arborea* possui um ICA médio de 0,0256  $m^3$ /ano e um IMA médio 0,0127  $m^3$ /ano. No estudo encontrou-se para a árvore 2 a idade técnica de corte (ITC) aos 21 anos de idade do indivíduo, ou seja o momento de realizar o corte raso. Dentre os modelos testados, o que apresentou maior representatividade ao volume da espécie foi o Modelo MMF, com baixa dispersão dos resíduos, apresentou valores de parâmetros de avaliação mais coerentes para a estimativa de volume para a espécie em estudo. Para melhor descrever a produção e o crescimento da *Gmelina arborea* no Brasil, indica-se buscar plantios da mesma ou até mesmo amostrar indivíduos que possuíssem alguma intervenção silvicultural, principalmente a nível comercial.

**Palavras-Chaves:** modelagem, espécies exóticas, potencial madeireiro, anéis de crescimento.

## ABSTRACT

SOUZA, Evelyn Raphaela Naegeler de. **VOLUMETRIC GROWTH OF *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm IN THE SOUTHWEST REGION OF PARANÁ.** 2018. 42f. Course Completion Work (Graduation in Forest Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

The use of exotic species in Brasil has been increasing in recent times, aiming to offer alternative wood products and even reduce deforestation of native forests that are not subject to sustainable management plans. Therefore, the objective of this work was to evaluate the volumetric growth of the exotic species *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm, demonstrating its potential for use in forest management for the Southwest region of Paraná. With the analysis of the complete trunk of 5 arboreal individuals, the data were calculated volume ( $m^3$ ), annual increment (ICA) and mean annual increment (IMA). Later, 3 models were tested, using the Microsoft Excel solver function. The individuals of *Gmelina arborea* under study, their ages varying from 23 to 27 years, presenting volume values ( $m^3$ ), from 0.157 to 0.6267  $m^3$  between each tree sampled. However, *Gmelina arborea* had an average ICA of 0.0256  $m^3$  / year and an average IMA of 0.0127  $m^3$  / year. In the study, tree age 2 was the technical cutting age (ITC) at the age of 21 years of the individual, ie the time to perform the cut. Among the models tested, the one that presented greater representativity to the volume of the species was the Model MMF, with low dispersion of the residues, presented values of more coherent evaluation parameters for the volume estimate for the species under study. In order to better describe the production and growth of *Gmelina arborea* in Brasil, it is indicated to seek plantations of the same or even to sample individuals that had some silvicultural intervention, mainly at commercial level.

**Keywords:** modeling, exotic species, timber potential, growth rings.

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>11</b>
2.1 Objetivo Geral.....	11
2.2 Objetivos Específicos.....	11
<b>3 REVISÃO LITERÁRIA.....</b>	<b>12</b>
3.1 <i>Gmelina arborea</i> Roxb. ex Sm.....	12
3.2 Crescimento Florestal.....	15
3.3 Modelagem de crescimento das árvores.....	18
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>20</b>
4.1 Local de Amostragem das Árvores Individuais.....	20
4.2 Preparo do material.....	20
4.3 Mensuração e cálculo do volume.....	22
4.4 Seleção de Modelos.....	24
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>26</b>
5.1 Volume e incremento.....	26
5.2 Análise de modelos.....	30
5.3 Perfil Longitudinal por Árvore.....	32
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>33</b>
<b>7 APÊNDICES.....</b>	<b>34</b>
Apêndice 1.....	34
Apêndice 2.....	35
Apêndice 3.....	36
Apêndice 4.....	37
Apêndice 5.....	38
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>39</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O uso de espécies exóticas no Brasil vem aumentando cada vez mais nos últimos tempos, visando oferecer produtos madeireiros alternativos e até mesmo diminuir o desmatamento de florestas nativas protegidas, que não são passíveis de planos de manejo sustentáveis.

O crescente processo de degradação das florestas nativas leva a empreender esforços na implantação de povoamentos com espécies exóticas destinadas a usos múltiplos para atender a demanda no mercado nacional e internacional, principalmente para madeira serrada (SATO et al., 2007).

Buscando reduzir a degradação de florestas nativas e contornar a falta de matéria prima em grande quantidade, principalmente no sul do Brasil, onde há uma concentração significativa de fábricas madeireiras, tanto de celulose, quanto para madeira serrada, nas décadas de 1960 e 1970, começou-se a introduzir os plantios com espécies exóticas, principalmente dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* (SILVA, 2014).

Em 2017, a área reflorestada no Brasil chegou a 7,84 milhões hectares, sendo 5,7 de Eucalipto, com 1,6 de *Pinus* e 0,54 milhões de hectares de outras espécies exóticas. O setor brasileiro de árvores plantadas é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais e 6,2% do produto interno bruto (PIB) industrial no país (IBÁ, 2017).

Devido a grande demanda e importância de implantação de exóticas se fazem necessários estudos de adaptação e crescimento sobre outras espécies além das já implantadas, visando aumentar a variedade de produtos. O estudo do crescimento de uma floresta é definido pelas mudanças de tamanho (aumento de diâmetro, altura, etc.) ocorridas em um determinado período de tempo (SANQUETTA, DALLA CÔRTE e EISFELD, 2009).

Neste trabalho optou-se por estudar a espécie exótica, *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm, possui boa adaptação no Brasil, mais especificadamente no Sul do país onde as características edafoclimáticas se assemelham ao de seu habitat natural de ocorrência, principalmente em relação a temperatura, solo, altitude e pelo grande potencial de uso para produção de papel e celulose (LORENZI, 2003).

A *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm apresenta um crescimento de 49,6 m<sup>3</sup>/hectare/ano aos 3,9 anos de idade, em uma fazenda localizada em Apartadó – Urabá, na Colômbia, contendo 1100árvores/ha (RODRÍGUEZ, 2008). A madeira apresenta cor amarelada a marrom claro, com poucas diferenças entre cerne e alburno; geralmente não apresenta brilho e odor praticamente não

perceptível; anéis de crescimento são poucos distintos em especial quando procedentes de sítios de alta precipitação; a densidade aparente da madeira é considerada baixa, de 0,35 a 0,50 g/cm<sup>3</sup>; com retrações consideradas estáveis; grã reta (ROQUE, 2005).

Por isso este estudo busca dar aporte sobre o crescimento e produção da espécie de *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm na região sudoeste do Paraná, levando em consideração que, através do comportamento da mesma, pode-se fazer o planejamento do manejo de povoamentos da espécie.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Avaliar o crescimento volumétrico da espécie exótica *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm, demonstrando seu potencial de utilização no manejo florestal para a região Sudoeste do Paraná.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Desenhar o perfil longitudinal de cada árvore amostrada da espécie.
- Obter o volume comercial por idade e por indivíduo amostrado;
- Determinar o incremento médio anual e o incremento corrente anual em volume para árvores individuais de *Gmelina arborea*;
- Representar graficamente a produção e o incremento volumétrico;
- Selecionar o modelo de crescimento volumétrico com melhor desempenho para a espécie;

### 3 REVISÃO LITERÁRIA

#### 3.1 *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm

*Gmelina arborea* pertence à família Lamiaceae, é uma árvore caducifólia, apresenta folhas opostas de pecíolo longo, cordadas a largamente ovadas, podem medir de 10 a 25 cm de comprimento e 7 a 20 cm de largura, apicalmente acuminadas ou cordiformes, com bases truncadas a cordadas apresentado ocasionalmente uma curta atenuação cuneada, onde se insere o pecíolo. Já as flores são amarelas e numerosas, encontram-se em panículas (8 a 40 cm de comprimento) com cimeiras contendo 1 a 3 flores, cada flor mede 2,5 a 5 cm de diâmetro e possui brácteas linear-lanceoladas de 8 mm de comprimento e seu fruto é drupóide e esférico mede de 1,8 a 3 cm e, quando maduro, é brilhante e amarelo, seu epicarpo é coriáceo e seu mesocarpo, suculento e aromático, contendo de 1 a 3 sementes estreito-ovadas, cada uma pontuda em uma das extremidades, medindo de 1,5 a 2 cm (ÁRVORES DA UFMT, 2018). Como exposto na Figura 1.

Figura 1- Características de folha, fruto e flor da *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm.



Fonte: Cook Islands Biodiversity & Natural Heritage, 2018.

Sua floração ocorre de agosto a outubro e frutificação de dezembro a março, isso quando se encontra em local de boa adaptação, sendo uma espécie ornamental e também utilizada para produção de papel e celulose (LORENZI, 2003).

Essa espécie é originária das florestas tropicais da Índia, possui um bom desenvolvimento em sítios com altitude de aproximadamente 1200 m, temperatura máxima de 45°C e precipitação em torno de 1750 a 2300mm/ano, geralmente com estação seca bem definida, dependendo do sítio pode atingir de 25-45 m de altura e até 3 m de diâmetro quando adulta (ROQUE, 2005 A). A espécie prefere solos férteis, de origem aluvial, necessidade de solo bem drenado e não resistente à encharcamentos e inundações contínuas (BOULET, 1977).

Figura 2- Exemplar indivíduo arbóreo de *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm.



Fonte: UNICENTRO, 2012.

Segundo Florez Orjuela (2013), a árvore de *Gmelina arborea* é considerada de tamanho médio, geralmente atingindo em torno de 15 a 20 metros de altura, embora alcance mais de 30 m, possui caule reto e ramificações abundantes, porém no município de Chocó na Colombia, encontram-se plantios comerciais da espécie, como mostrado na Figura 3.

Figura 3- Plantio de *Gmelina arborea* (A) e indivíduo com as ramificações (B).



Fonte: FLOREZ ORJUELA, 2013.

Levando em consideração a precipitação, essa espécie possui grande influência em seus anéis e também na porosidade dos mesmos, quando o sitio é exposto a uma alta precipitação, sem determinação de época seca (ROQUE, 2005 B). Chowdhury (1947), constatou em seu estudo, que há presença de três tipos de porosidade em anel: em árvores com alto vigor de crescimento, encontra-se porosidade difusa com parênquima vasicêntrico reduzido; em condições de clima e solo favoráveis, ocorre formação de semi-anel; e condições não favoráveis, porosidade em anel e presença de parênquima.

Segundo Roque et al. (2005), a discriminação dos anéis de crescimento de *Gmelina arborea* submetidos a qualquer forma de manejo é possível com precipitações médias anuais inferiores a 3500 mm/ano e acima desse valor não há diferenciação dos mesmos.

Segundo Florido (2002), a *Gmelina arborea* possui inúmeros usos, principalmente para a produção de celulose devido ao seu bom desenvolvimento, crescimento rápido, contendo um rendimento considerado elevado na produção de polpa kraft e pouca utilização de cloro no branqueamento. Além disso, apresenta grande potencial madeireiro para construção civil, marcenaria, confecção de instrumentos musicais, lenha, etc.

No Brasil já houve uma experiência com a *Gmelina arborea*, onde a fábrica de papel e celulose Jari, no estado do Amazonas, realizou a implantação desta espécie na época para suprir a fábrica, e deparou-se com um problema de alta gravidade, onde a mesma sofreu ataques severos de pragas

tropicais, principalmente pela dispersão do ataque do fungo *Ceratocystis fimbriata*, conhecido popularmente como mofo cinzento (RANKIN; FEARNSIDE e PHILIP, 1989).

### 3.2 Crescimento Florestal

O crescimento de um indivíduo arbóreo é influenciado pela genética da espécie e, também, pelas condições do ambiente que compreendem, basicamente, os fatores climáticos, edáficos, topográficos e de competição (LAMPRECHT, 1990).

Segundo Zeide (1993), o crescimento resulta da interação de duas forças opostas, sendo: o componente positivo, que se manifesta na ampliação de um organismo, representa a tendência inata de qualquer ser vivo à multiplicação exponencial, onde isto se associa ao potencial biótico, à atividade fotossintética, à absorção de nutrientes, ao anabolismo, etc. Já o componente oposto representa as restrições ao crescimento impostas por fatores externos (competição, respiração, escassez de recursos naturais, etc., e internos (mecanismos de auto-regulação) sendo conhecidos como resistência ambiental, metabolismo destrutivo, catabolismo, etc.

O crescimento é um processo caracterizado por mudanças na forma e no tamanho do tronco, com a adição contínua de novas camadas de lenho ao longo de todo o material lenhoso existente (CAMPOS; LEITE, 2009). No manejo florestal, a previsão do crescimento e da produção permite o planejamento adequado da atividade florestal, determinando a quantidade de produto esperado em um período de tempo (CHAVES, 2013).

Para a obtenção do crescimento de uma árvore geralmente utiliza-se a análise de tronco (ANATRO), que pode ser parcial ou completa, sendo uma técnica que possibilita "o registro do crescimento passado de uma árvore" (HUSCH, MILLER e BEERS, 1982). Esta técnica é realizada pela contagem e medição dos anéis de crescimento de seções transversais tomadas a diversas alturas no tronco (ROSOT, 2003).

A análise de tronco é a técnica utilizada para se fazer a reconstituição do crescimento passado de árvores que possuem anéis anuais, por meio de estudo de seções transversais retiradas do fuste e, assim determinar as taxas de crescimento passado (CAMPOS e LEITE, 2009).

Segundo Hess (2015), a análise de tronco completa consiste de um procedimento laborioso, em primeiro lugar pelo trabalho de campo propriamente dito, que envolve a derrubada das árvores, a marcação e o seccionamento das fatias e em seguida é necessário transportá-las ao laboratório, onde serão secas e, posteriormente, lixadas para facilitar a visualização dos anéis. Na próxima e última etapa

são efetuadas, sobre cada fatia, a marcação e a medição de raios, cujas médias constituem o conjunto de dados gerador de todas as demais informações obtidas na análise de tronco.

Segundo Scolforo (1998), dentre os resultados da ANATRO completa estão os dados de incremento médio anual (IMA) e incremento corrente anual (ICA). O Incremento Corrente Anual (ICA) expressa o crescimento ocorrido entre o início e o fim da estação de crescimento vegetativo da árvore e o incremento Médio Anual (IMA), expressa a média do crescimento total ao final de um ciclo ou durante um período de tempo (IMAÑA ENCINAS, SILVA e PINTO, 2005).

O método mais difundido para a estimativa da idade das árvores é por meio da análise e contagem dos anéis de crescimento. A atividade cambial da árvore vai acrescentando, ano a ano, camadas justapostas de material lenhoso, formando, assim, os chamados anéis de crescimento que são compostos de duas camadas (STEPKA, 2012).

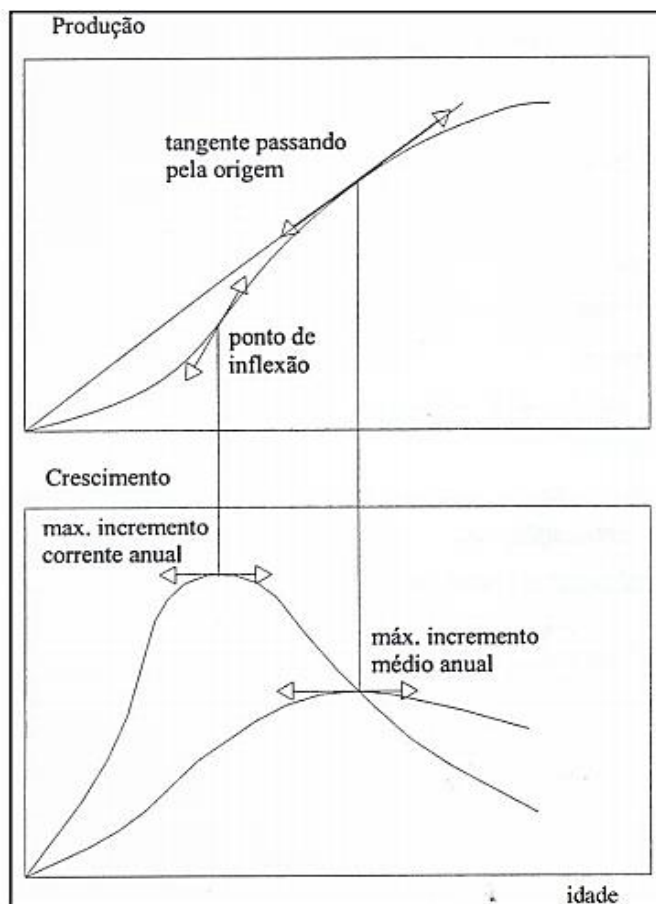
A análise de tronco possui uma importância singular, pois em qualquer época pode-se reconstruir o crescimento passado de uma árvore, desde que a espécie em questão possua anéis de crescimento anuais delimitados, sendo muito úteis, pois fornecem informações precisas em pequenos intervalos de tempo (SCOLFORO, 2006)

Para cada camada do anel de crescimento anual consiste em duas zonas: uma clara que denomina de lenho primaveril, onde o crescimento da árvore é intensificado; e outra mais densa e escura denominada de lenho outonal com crescimento menor (GOMES, 1957).

O estudo do crescimento, produção e o entendimento deste processo na floresta são ferramentas básicas para um posterior planejamento de manejo florestal (PRODAN, 1997). O incremento é afetado por fatores internos e externos, bióticos e abióticos, dentre eles os edafoclimáticos como a temperatura, a luminosidade, a gravidade, a disponibilidade de água e sais minerais, os níveis de CO<sub>2</sub>; como também a hereditariedade, a competição, a fenologia, entre outros (VIEIRA et al., 2010). Dentre eles estão o incremento corrente anual (ICA) e o incremento médio anual (IMA). É possível notar a correlação entre ICA e IMA, como representado na figura 4, segundo Scolforo (2006).



Figura 4- Curvas de produção e crescimento.



Fonte: SCOLFORO, 2006.

No momento em que as curvas de ICA e IMA se cruzam, onde ICA é igual ao IMA tem-se o valor máximo de IMA e também o ponto de máxima tangência na curva de produção, sendo que a partir deste a produção da árvore tende ao valor assintótico (ZAMIN, 2013). Indicando a idade ótima de rotação técnica, ou seja, há uma diminuição na taxa do crescimento.

Segundo Husch, Beers e Kershaw (2003), a curva de produção é dividida em três fases basicamente. A primeira fase é definida como juvenil e possui alta correlação com o crescimento, nesta fase a taxa de crescimento chega ao valor máximo, coincidindo o ponto de inflexão da curva de produção com o valor máximo do incremento corrente anual. A segunda fase é denominada como período de maturação e possui baixo nível de crescimento, caracterizado pelo valor máximo do IMA compatibilizando com o ponto de tangência máxima na curva de produção, também neste ponto coincide o cruzamento de IMA e ICA. Na terceira fase o crescimento é muito baixo e a árvore atinge seu máximo potencial produtivo, conhecida com senescência.

### 3.3 Modelagem do crescimento das árvores

Uma forma de se obter conhecimentos sobre o crescimento das espécies é por meio de modelos de crescimento. Esses modelos auxiliam nas pesquisas e no manejo das florestas de várias formas, possibilitando realizar a predição de produção em tempos futuros, partindo das condições atuais (CHASSOT, 2009).

Enciñas, Silva e Pinto (2005) relataram que, na mensuração florestal, a idade de uma árvore é um parâmetro importante, especialmente quando se trata de estimar a produção florestal, seu planejamento e posterior utilização madeireira.

As estimativas da produtividade de um determinado local são elementos fundamentais para o manejo florestal, pois contribuem para a estimativa da colheita anual, do período de rotação e da escolha de espécies adequadas (VARGAS & LARRETA et al., 2010).

Segundo Hess & Schneider (2010), o manejo florestal envolve-se com as medições de crescimento em duas formas principais: a primeira como uma medida de desempenho ou o que aconteceu no passado, que é basicamente a avaliação de sucessivos inventários; a segunda, indispensável para o planejamento, é a predição do crescimento.

As produções esperadas para as plantações florestais dependem da capacidade produtiva, cujo conhecimento depende das estimativas seguras, que podem ser obtidas somente com uma avaliação precisa do potencial de crescimento (NEWBERRY e PIENAAR, 1978). Sendo assim, a produção e o estudo do crescimento dos parâmetros dendrométricos podem ser quantificados com o uso de funções florestais, visando atender os diferentes objetivos e concepções sobre seu desenvolvimento e sobre a organização da estruturação da produção florestal (HESS, 2015).

A modelagem de crescimento é uma ferramenta muito útil, ressaltando a necessidade de se obter relações cada vez mais eficientes na representação da realidade (SCOLFORO, 1998). A modelagem é utilizada nas estimativas e prognoses de produção madeireira com o emprego de equações volumétricas cujos parâmetros são determinados por regressão, mostra-se um processo eficiente para a quantificação da produção em volume de um povoamento florestal (SANTANA; ENCIÑAS, 2004).

Muitas equações matemáticas foram desenvolvidas para estimar o volume de povoamentos florestais, e apesar da eficiência de alguns modelos, estes nem sempre se ajustam a todas as espécies e condições, sendo recomendável testá-los e, por meio de estatísticas adequadas, pois cada espécie possui características próprias distintas, para melhor representar seu crescimento e sua produção, faz-se de grande importância buscar o melhor modelo para cada caso (THOMAS, 2006).

Há a classificação dos modelos de crescimento e produção florestal em dois grandes grupos: modelos empíricos e os modelos biológicos. Os modelos empíricos são os amplamente empregados, utilizando-se de modelos de regressão que propiciam estimativas confiáveis do crescimento e da produção. Os modelos biológicos são mais complexos tornando difícil seu ajuste e manuseio, mas permitem uma boa análise do crescimento e da produção (ABREU et al., 2002).

Segundo Hess & Schneider (2009) com o crescente aumento da demanda por produtos florestais, há cada vez mais a necessidade de conhecer as características do local para assim empregar práticas de manejo adequadas para promover um aumento da produtividade das florestas, com o auxílio do estudo de crescimento e o uso de modelos que respondam bem as características da espécie de interesse, facilitando nas tomadas de decisões no planejamento das técnicas de manejo a serem adotadas.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Local de Amostragem das Árvores Individuais

Os indivíduos de *Gmelina arborea* utilizados no estudo foram disponibilizados por uma empresa, localizada no município de Cruzeiro do Iguaçu, no Sudoeste do Estado do Paraná, como representado na Figura 6. A área apresenta a altitude de aproximadamente 365m acima do nível do mar, com latitude de 25°33'56" S e longitude de 53°06'50" O, apresentando clima subtropical, tipo Cfa e solo do tipo Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2006). Na Figura 5, está localizado o mapa do Paraná, com evidência no município de Cruzeiro do Iguaçu- PR:

Figura 5- Local de amostragem das árvores individuais de *Gmelina arborea*, em Cruzeiro do Iguaçu-PR .



Fonte: Google Imagens, 2018.

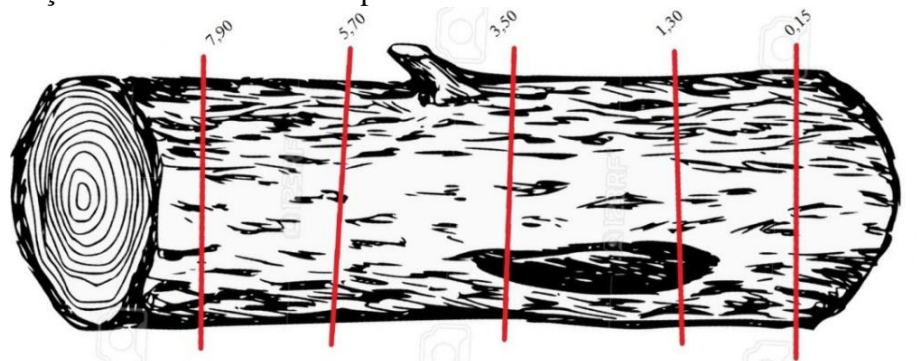
A amostragem dos 5 indivíduos se deu pela escolha principalmente dos que possuíam fuste mais retilíneo, levando em consideração que a espécie fora implantada no local, sem intuito comercial, somente buscando aumentar a diversidade de espécies na área de recuperação da empresa, sendo assim não sofreu nenhum tipo de trato silvicultural.

### 4.2 Preparo do material

Para a realização do trabalho foram abatidas 5 árvores de *Gmelina arborea*. Para cada árvore abatida foi realizada a análise de tronco completa, onde foram retirados discos a 0,15 m, a 1,30

(diâmetro à altura do peito) e os próximos discos a cada 2,2 m, até alcançar a primeira bifurcação, ou seja, até a altura comercial, como ilustrado na figura 6:

Figura 6- Exemplificação do método utilizado para retirar os discos de cada indivíduo.

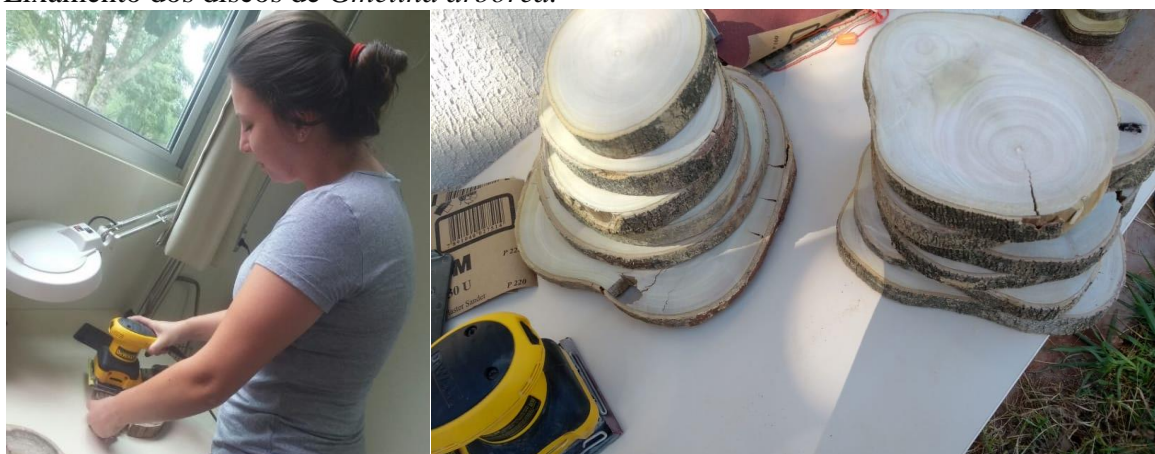


Fonte: Google Imagens (2018), adaptado pela autora.

Os discos foram identificados logo após o corte conforme a árvore e posição, posteriormente embalados e levados para o Laboratório de Manejo Florestal da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos.

Em seguida os discos foram secos em estufa na temperatura de  $\pm 70^{\circ}\text{C}$  em torno de 24 horas e lixados utilizando lixadeira orbital, com três gramaturas diferentes de lixas (100, 400 e 600), para facilitar a visualização dos anéis de crescimento, havendo muito cuidado para que a ordem e as árvores não fossem misturadas. Na figura 7, podem ser observados os detalhes do processo de preparação dos discos:

Figura 7- Lixamento dos discos de *Gmelina arborea*.



Fonte: A autora, 2018.

Devido os discos terem sido retirados até a primeira bifurcação, obteve a altura comercial e consequentemente o volume comercial de cada indivíduo, como exposto no Quadro 1.

Tabela 1- Dados das árvores amostradas.

Árvores	Idade (ano)	DAP (cm)	hc (m)
1	25	18,1	7,9
2	26	53,6	7,9
3	27	30,30	12,3
4	23	20,05	10,1
5	27	21,20	10,1

Onde: DAP= diâmetro a altura do peito (1,30m); hc= altura comercial em metros.

Fonte: A autora, 2018.

### 4.3 Mensuração e cálculo do volume

A medição dos anéis de crescimento foi realizada a partir de 4 raios sobre cada disco amostrado, no sentido da medula até a casca, sendo alocado um raio no maior diâmetro primeiramente (que posteriormente foi descartado), servindo de base para demarcar os próximos quatro raios, 45° para direita e para a esquerda (R1 e R2) e o prolongamento dos mesmos sendo R3 e R4, com auxílio de transferidor, de acordo com a metodologia de Barusso (1997). Em seguida foi realizada a delimitação dos anéis de crescimento utilizando a lupa e após isso mensurou-se a largura e contagem dos mesmos utilizando o escalímetro.

Figura 8- Marcação dos raios (A) e delimitação do anéis de crescimento (B).



Fonte: A autora, 2018.

Posteriormente, ocorreu a elaboração do traçado do perfil longitudinal de cada árvore e a cubagem feita pelo método de Smalian no perfil, nas seguintes alturas a 0, 15 m de altura, a 0,3 m, a 0,5 m, a 0,7 m, a 1,30 m, a partir do diâmetro à altura do peito a cada 1 metro, para cada idade para obtenção do volume comercial.

A sequência de cálculos iniciou-se com a coleta no perfil longitudinal do valor do diâmetro de cada idade, para todos os discos de cada posição. Com este valor calculou-se a área basal através da Equação 1:

$$g = \frac{d^2 * \pi}{40000} \quad \text{Equação 1}$$

Onde: g= área basal (m<sup>2</sup>); d= diâmetro (cm).

Com as áreas basais determinadas, realizou-se o cálculo do volume do toco e volume da seção. Na obtenção dos volumes, não utilizou-se a fórmula do volume do cone, devido não possuir a altura total de cada árvore, somente as alturas até a primeira bifurcação, obtendo assim o volume comercial de cada indivíduo arbóreo.

Para realizar o cálculo do volume do toco utilizou a Equação 2:

$$vt = gt * 0,1 \quad \text{Equação 2}$$

Onde: vt= volume do toco (m<sup>3</sup>); gt: área basal do toco (m<sup>2</sup>).

O volume da seção foi determinado pela Equação 3:

$$Vs_i \text{ e } Vs_{i+1} = \left[ \frac{(g_i + g_{i+1})}{2} \right] * li \quad \text{Equação 3}$$

Onde: V<sub>si</sub>eV<sub>si+1</sub>: volume da seção em questão e a próxima de cada árvore (m<sup>3</sup>); g<sub>i</sub>+g<sub>i+1</sub>= áreas basais de cada sessão (m<sup>2</sup>) ; li: diferença de tamanho do intervalo entre posições (m).

Após o cálculo do volume por idade de cada árvore, foi calculado o IMA (incremento médio anual) e o ICA (incremento corrente anual), por meio das Equações 4 e 5.

$$IMA = \frac{Y_m}{t} \quad \text{Equação 4}$$

$$ICA = Y_m - Y_{m-1} \quad \text{Equação 5}$$

Onde:  $Y_m$ : Volume do ano considerado ( $m^3$ );  $Y_{m-1}$ : Volume do ano anterior ( $m^3$ );  $t$ : idade (ano).

#### 4.4 Seleção de Modelos

Com os dados obtidos anteriormente de volume, testou-se 3 modelos utilizando o Software Microsoft Excel com a função Solver selecionando o de melhor representatividade da espécie em estudo, sendo os modelos:

Tabela 2- Modelos testados, para estimativa de volume de *Gmelina arborea*.

Modelo	Equação
Taxa crescimento	$y = \frac{a \cdot x}{(b + x)}$
Gompertz	$y = a \cdot e^{-e^{b-c \cdot x}}$
Modelo MMF	$y = \frac{(a \cdot b + c \cdot x^d)}{(b + x^d)}$

Fonte: SCHNEIDER, 2009.

A análise dos modelos deu-se através de 3 parâmetros principalmente:

- **Coefficiente de determinação ajustado ( $R^2$  aj):**

$$R_{aj}^2 = R^2 - \left[ \frac{K-1}{(N-K)} \right] \cdot (1 - R^2) \quad \text{Equação 7}$$

Onde:  $K$ = números de variáveis independentes da equação;  $N$ = número de observações;  $R^2$ = coeficiente de determinação.

Esse parâmetro expressa a quantidade da variação total explicada pela regressão, sendo assim seleciona-se a equação que apresenta o maior valor de  $R^2$  ou  $R^2$  ajustado (SCHNEIDER, 2009).

- **Erro padrão da estimativa em porcentagem ( $Sy_x\%$ ):**

$$Sy_x\% = \frac{\sqrt{QMres}}{a} \cdot 100 \quad \text{Equação 8}$$

Onde:  $QMres$  = quadrado médio do resíduo;  $a$  = média aritmética do volume.



Determina o quanto em termos médios os valores estimados estão variando em relação aos observados, ou seja, é desejável que possua o menor valor possível (LEITE et al., 2011).

- **Distribuição de resíduos:**

$$Ei = Yi - \hat{Y}i$$

Equação 9

Onde:  $Ei$ = resíduo de  $i$ -ésima observação;  $Yi$ = volume observado;  $\hat{Y}i$ = volume estimado pela regressão.

Esse método de avaliação averigua se há tendenciosidade na distribuição dos valores ajustados, e quando plotados geram a dispersão ao longo da amplitude de dados observados, então quantos menos amplo melhor a equação (SCHNEIDER, 2009).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Volume e incremento

Através do método de SMALIAN, obteve-se os valores de volume por idade, para cada árvore estudada, como apresentado na Tabela 3.

Tabela 3- Valores de volume por ano da *Gmelina arborea*, obtidos pelo método de SMALIAN.

IDADE	VOLUMES (m <sup>3</sup> )				
	Árvore 1	Árvore 2	Árvore 3	Árvore 4	Árvore 5
1	0,0000686	0,000091	0,00010	0,000035	0,000172
2	0,0001328	0,000536	0,00061	0,000073	0,000619
3	0,0005695	0,001852	0,00167	0,001387	0,001597
4	0,0013425	0,004539	0,00377	0,003553	0,003705
5	0,0026038	0,009448	0,00873	0,005598	0,006214
6	0,0041624	0,020885	0,01465	0,010657	0,010984
7	0,0061628	0,034544	0,02296	0,014953	0,016509
8	0,0084569	0,052211	0,03709	0,020983	0,023504
9	0,0112167	0,063350	0,05290	0,028433	0,031313
10	0,0147769	0,075135	0,06879	0,039739	0,039987
11	0,0191294	0,090695	0,09017	0,049921	0,050188
12	0,0242388	0,106743	0,11103	0,061266	0,060698
13	0,0303376	0,128468	0,13607	0,074851	0,074409
14	0,0367830	0,149906	0,16720	0,086338	0,085843
15	0,0439551	0,167529	0,20095	0,100054	0,098676
16	0,0531836	0,189230	0,22585	0,114923	0,113361
17	0,0634738	0,215283	0,25730	0,125641	0,126827
18	0,0735279	0,235510	0,29480	0,140414	0,140692
19	0,0848398	0,254933	0,32627	0,151882	0,150610
20	0,0957578	0,272930	0,35785	0,168105	0,162850
21	0,1080081	0,287236	0,39671	0,186542	0,174692
22	0,1191008	0,298317	0,43216	0,199729	0,184271
23	0,1304560	0,321246	0,47105	0,221207	0,197256
24	0,1443962	0,343158	0,50133	-	0,210624
25	0,1570986	0,361469	0,53543	-	0,224835
26	-	0,387106	0,57151	-	0,239368
27	-	-	0,62668	-	0,256652

Fonte: A autora, 2018.

Analisando a Tabela 3, observa-se que os indivíduos de *Gmelina arborea* em estudo, contém suas idades variando de 23 a 27 anos, com valores de volume (m<sup>3</sup>), de 0,1571 a 0,6267 m<sup>3</sup> entre cada árvore amostrada.

Nota-se a proximidade na idade entre os indivíduos, porém há distinção considerável entre os volumes na idade final. Como tratam-se de árvores individuais e não de um plantio comercial,

considerando a falta de manejo e que os indivíduos se encontravam plantados junto a nativas, sem sofrer nenhum tipo de intervenção silvicultural, provavelmente sofreram influência de vários fatores, como por exemplo a competição. Sendo assim, com maior área útil por árvore, há um maior desenvolvimento em diâmetro individual o que contribuiu significativamente para a obtenção de maiores volumes (SILVA, 1995).

Através dos volumes, pode-se então calcular os valores de incremento médio anual (IMA) e incremento corrente anual (ICA), possibilitando assim a análise do crescimento da espécie em estudo, Tabela 4.

Tabela 4-Valores de IMA e ICA em volume (m<sup>3</sup>) por indivíduo de *Gmelina arborea*, em Cruzeiro do Iguaçú- PR.

Idade	Árvore 1		Árvore 2		Árvore 3		Árvore 4		Árvore 5	
	ICA	IMA	ICA	IMA	ICA	IMA	ICA	IMA	ICA	IMA
1	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,00004	0,00004	0,0002	0,0002
2	0,0001	0,0001	0,0004	0,0003	0,0005	0,0003	0,00004	0,00004	0,0004	0,0003
3	0,0004	0,0002	0,0013	0,0006	0,0011	0,0006	0,0013	0,0005	0,0010	0,0005
4	0,0008	0,0003	0,0027	0,0011	0,0021	0,0009	0,0022	0,0009	0,0021	0,0009
5	0,0013	0,0005	0,0049	0,0019	0,0050	0,0017	0,0020	0,0011	0,0025	0,0012
6	0,0016	0,0007	0,0114	0,0035	0,0059	0,0024	0,0051	0,0018	0,0048	0,0018
7	0,0020	0,0009	0,0137	0,0049	0,0083	0,0033	0,0043	0,0021	0,0055	0,0024
8	0,0023	0,0011	0,0177	0,0065	0,0141	0,0046	0,0060	0,0026	0,0070	0,0029
9	0,0028	0,0012	0,0111	0,0070	0,0158	0,0059	0,0074	0,0032	0,0078	0,0035
10	0,0036	0,0015	0,0118	0,0075	0,0159	0,0069	0,0113	0,0040	0,0087	0,0040
11	0,0044	0,0017	0,0156	0,0082	0,0214	0,0082	0,0102	0,0045	0,0102	0,0046
12	0,0051	0,0020	0,0160	0,0089	0,0209	0,0093	0,0113	0,0051	0,0105	0,0051
13	0,0061	0,0023	0,0217	0,0099	0,0250	0,0105	0,0136	0,0058	0,0137	0,0057
14	0,0064	0,0026	0,0214	0,0107	0,0311	0,0119	0,0115	0,0062	0,0114	0,0061
15	0,0072	0,0029	0,0176	0,0112	0,0337	0,0134	0,0137	0,0067	0,0128	0,0066
16	0,0092	0,0033	0,0217	0,0118	0,0249	0,0141	0,0149	0,0072	0,0147	0,0071
17	0,0103	0,0037	0,0261	0,0127	0,0314	0,0151	0,0107	0,0074	0,0135	0,0075
18	0,0101	0,0041	0,0202	0,0131	0,0375	0,0164	0,0148	0,0078	0,0139	0,0078
19	0,0113	0,0045	0,0194	0,0134	0,0315	0,0172	0,0115	0,0080	0,0099	0,0079
20	0,0109	0,0048	0,0180	0,0136	0,0316	0,0179	0,0162	0,0084	0,0122	0,0081
21	0,0123	0,0051	0,0143	0,0137	0,0389	0,0189	0,0184	0,0089	0,0118	0,0083
22	0,0111	0,0054	0,0111	0,0136	0,0354	0,0196	0,0132	0,0091	0,0096	0,0084
23	0,0114	0,0057	0,0229	0,0140	0,0389	0,0205	0,0215	0,0096	0,0130	0,0086
24	0,0139	0,0060	0,0219	0,0143	0,0303	0,0209	-	-	0,0134	0,0088
25	0,0127	0,0063	0,0183	0,0145	0,0341	0,0214	-	-	0,0142	0,0090
26	-	-	0,0256	0,0149	0,0361	0,0220	-	-	0,0145	0,0092
27	-	-	-	-	0,0552	0,0232	-	-	0,0173	0,0095

Onde: IMA = incremento médio anual (m<sup>3</sup>); ICA = incremento corrente anual (m<sup>3</sup>).

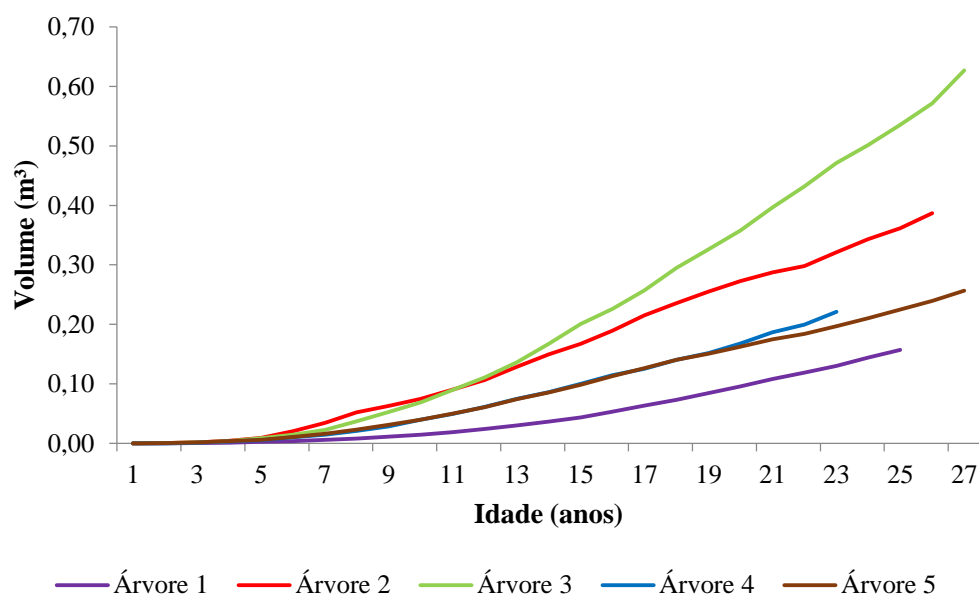
Fonte: A autora, 2018.

Na Tabela 4, estão dispostos os valores de incremento corrente anual (ICA) e incremento médio anual (IMA) a cada ano, onde nota-se que aos 26 anos a *Gmelina arborea* possui um ICA médio de 0,0256 m<sup>3</sup>/ano e um IMA médio 0,0127 m<sup>3</sup>/ano. Já a *Araucaria angustifolia*, aos 26 anos, contém IMA de 0,0136 m<sup>3</sup>/ano um ICA de 0,0601 m<sup>3</sup>/ano, para indivíduos do Planalto Médio do RS, sendo uma espécie nativa de grande influência no Sul do país (HESS, 2010). Relacionando os valores, pode-se constatar que a espécie em estudo, apesar de ser uma exótica e não sofrer nenhum tipo de manejo, apresenta desenvolvimento razoável no local, foi em média maior que *Araucaria angustifolia*.

Segundo Silva (2012), para crescimento de *Tectona grandis* L.f, com amostras coletadas em Cuiabá-MT, encontrou ICA de 0,0100 m<sup>3</sup>/ano e IMA de 0,0166 m<sup>3</sup>/ano aos 13 anos. Para a *Gmelina arborea* analisando a média entre os 5 indivíduos obteve-se ICA de 0,0160 m<sup>3</sup>/ano e IMA de 0,0068 m<sup>3</sup>/ano aos 13 anos, levando em consideração que as duas espécies exóticas são originárias da Índia, e possuem um bom desenvolvimento no Brasil, principalmente devido ao clima.

Para melhor visualização dos dados de volume, fez-se a disposição gráfica dos mesmos, facilitando a análise. Na figura 9, a representação da produção da *Gmelina arborea*.

Figura 9- Produção volumétrica de cada um dos 5 indivíduos de *Gmelina arborea* estudados.



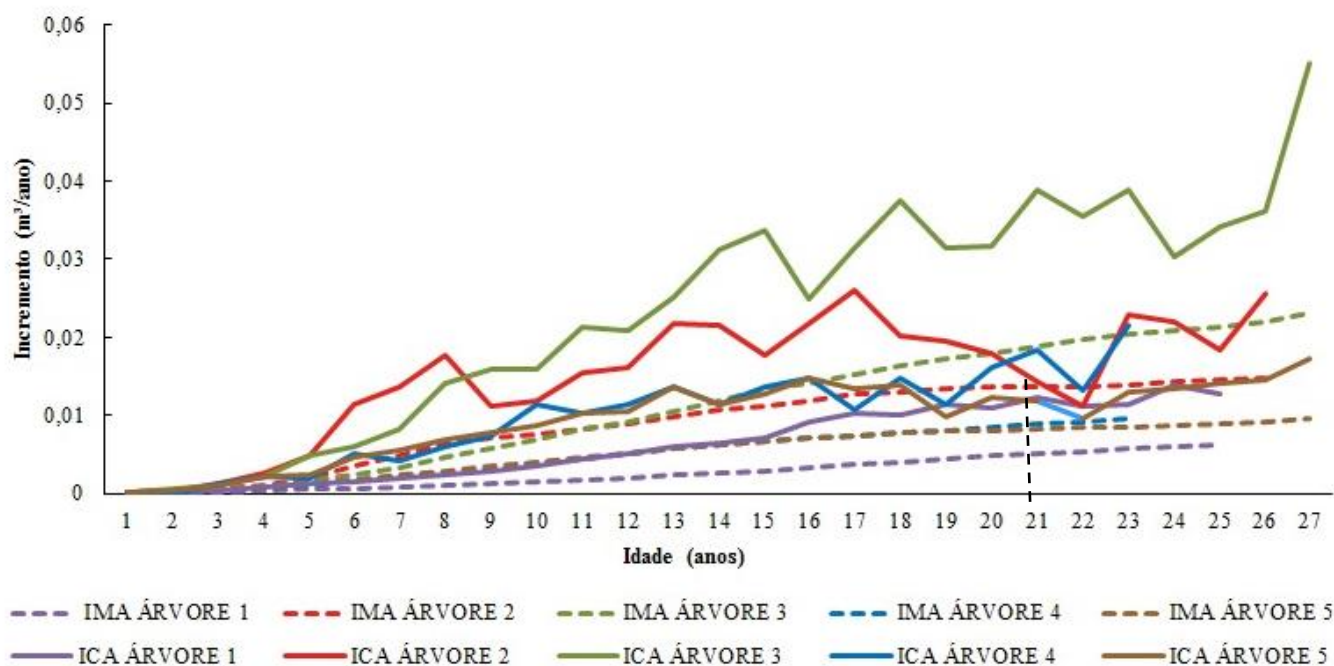
Fonte: A autora, 2018.

Analisando a disposição dos volumes por indivíduo arbóreo na Figura 9, pode-se verificar a produção entre as 5 árvores, verifica-se que as Árvores 2 e 3 se sobressaem dentre as outras na produção. Isso pode ser explicado devido ao local onde estavam dispostas, que certamente obtiveram

maior incidência de luz, disposição de nutrientes, disponibilidade de água e possivelmente a competição não influenciou diretamente nas mesmas.

Buscando obter uma análise mais consistente nos dados de crescimento, fez-se a representação gráfica, com objetivo observar a relação entre o ICA e IMA por indivíduo, facilitando a visualização da idade técnica de corte (ITC).

Figura 10- Crescimento em volume de cada indivíduo de *Gmelina arborea* estudados.



Fonte: A autora, 2018.

Na figura 10, nota-se que somente na Árvore 2, houve a intersecção da linha do ICA e IMA onde a mesma está indicada por uma linha vertical, demonstrando que aos 21 anos de idade ocorre a idade técnica de corte (ITC) do indivíduo, ou seja o momento de realizar o corte raso.

Para Nascimento (2015), no seu estudo avaliou o crescimento e produção para povoamentos de *Pinus taeda* na região norte de Santa Catarina. O autor demonstrou que a idade técnica de corte se deu entre os anos de 19, 20 e 21 anos de idade. Pode-se verificar o bom desenvolvimento da *Gmelina arborea* na região sul, comprovando a potencialidade de uso da espécie. Já Coelho (2015), estudando o *Eucalyptus urophylla* na região do Vale do Jequitinhonha, em Minas Gerais, obteve uma idade técnica de corte aos 6 anos. Porém é um comparativo com uma espécie já adaptada e, principalmente, melhorada geneticamente.

Nota-se a grande variação entre os valores do ICA em volume de cada indivíduo, isso pode ser explicado pelas variações dos fatores edafoclimáticos na região, afetando diretamente o crescimento de uma ano para o seguinte.

Analisando de forma geral a disposição gráfica dos dados, é possível observar a tendência ICA e do IMA se cruzarem, porém a competição e falta de intervenção silvicultural afetam diretamente o crescimento do indivíduo arbóreo.

## 5.2 Análise de modelos

Através dos dados trabalhados no Software Microsoft Excel com a função Solver, possibilitou testar 3 modelos, que foi selecionado por meio da análise dos parâmetros apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Parâmetros para tomada de decisão entre os modelos testados para estimar volume (m<sup>3</sup>) de *Gmelina arborea*, no município de Cruzeiro do Iguaçu- PR.

Nº	Modelo	a	b	c	d	R <sup>2</sup> aj	Syx%
1	Taxa crescimento	1,3489	138,1047	-	-	0,5261	0,0776
2	Gompertz	0,0645	0,0400	3,3511	-	0,4567	0,0889
3	Modelo MMF	0,0410	0,1014	0,0056	1,0939	0,5632	0,0825

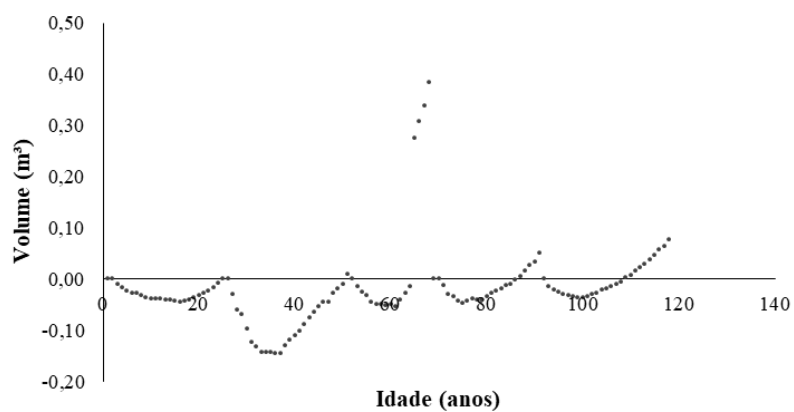
FONTE: A autora, 2018.

De certo modo, os modelos testados se mostraram semelhantes entre si, mediante aos parâmetros de avaliação adotados. O ajuste apresentou valor de R<sup>2</sup>aj de 0,4567 para o modelo (2) de Gompertz, já para erro padrão da estimativa percentual (Syx%) o modelo de taxa de crescimento (1) obteve o valor mais baixo sendo de 0,0776. Interpretando a Tabela 4, pode-se constatar que o modelo de MMF (3), apresentou valores mais coerentes para a estimativa de volume para a espécie em estudo.

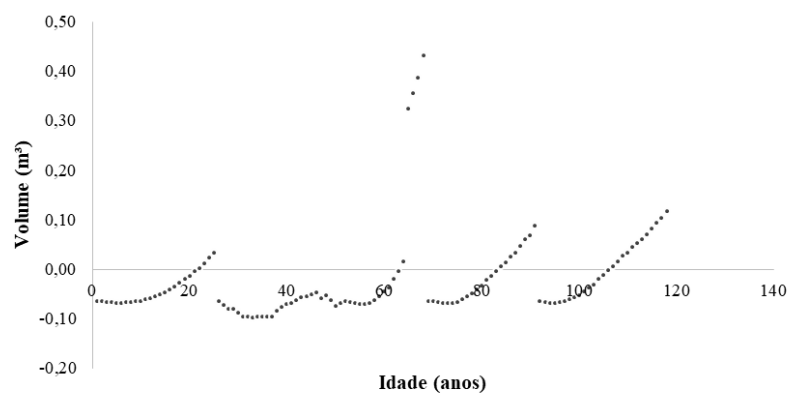
Observando os gráficos de dispersão em volume presentes na Figura 11, nota-se a similaridade entre os resíduos dos modelos, com isso buscou-se embasar principalmente nos parâmetros de R<sup>2</sup> aj e Syx%, para uma análise mais precisa.

Figura 11- Dispersão dos resíduos de cada modelo testado para estima o volume (m<sup>3</sup>) de *Gmelina arborea* no município de Cruzeiro do Iguaçu- PR.

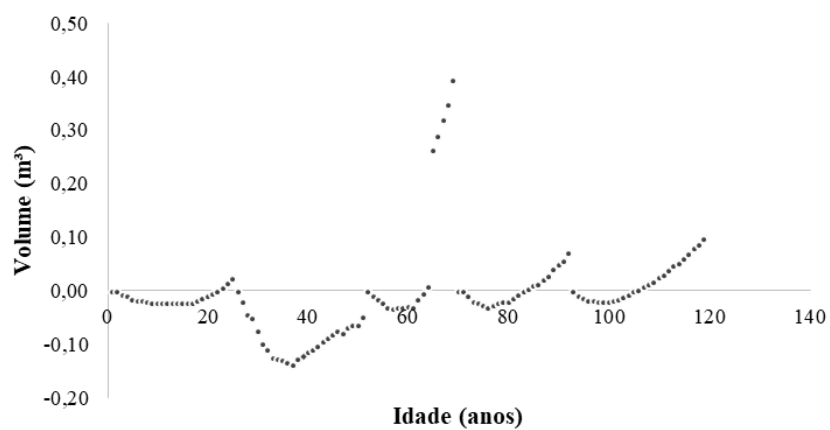
Modelo 1



Modelo 2



Modelo 3



Fonte: A autora, 2018.

Os modelos para estimar o volume das árvores foram testados com as 5 árvores como amostra e devido isso os resíduos apresentaram muito semelhantes e provavelmente isso resultou em alguma interferência análise final.

### **5.3 Perfil Longitudinal por Árvore**

Os perfis foram desenhados utilizando os dados amostrados da análise de tronco, para cada árvore, com cautela, para obter mais precisão possível nos desenhos, estão dispostas nos Apêndices 1, 2, 3, 4 e 5.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o estudo pode-se conhecer o volume comercial por indivíduo arbóreo amostrado, conseqüentemente obteve-se o IMA e ICA da cada árvore, constatando que a espécie possui um desenvolvimento considerável na região em estudo.

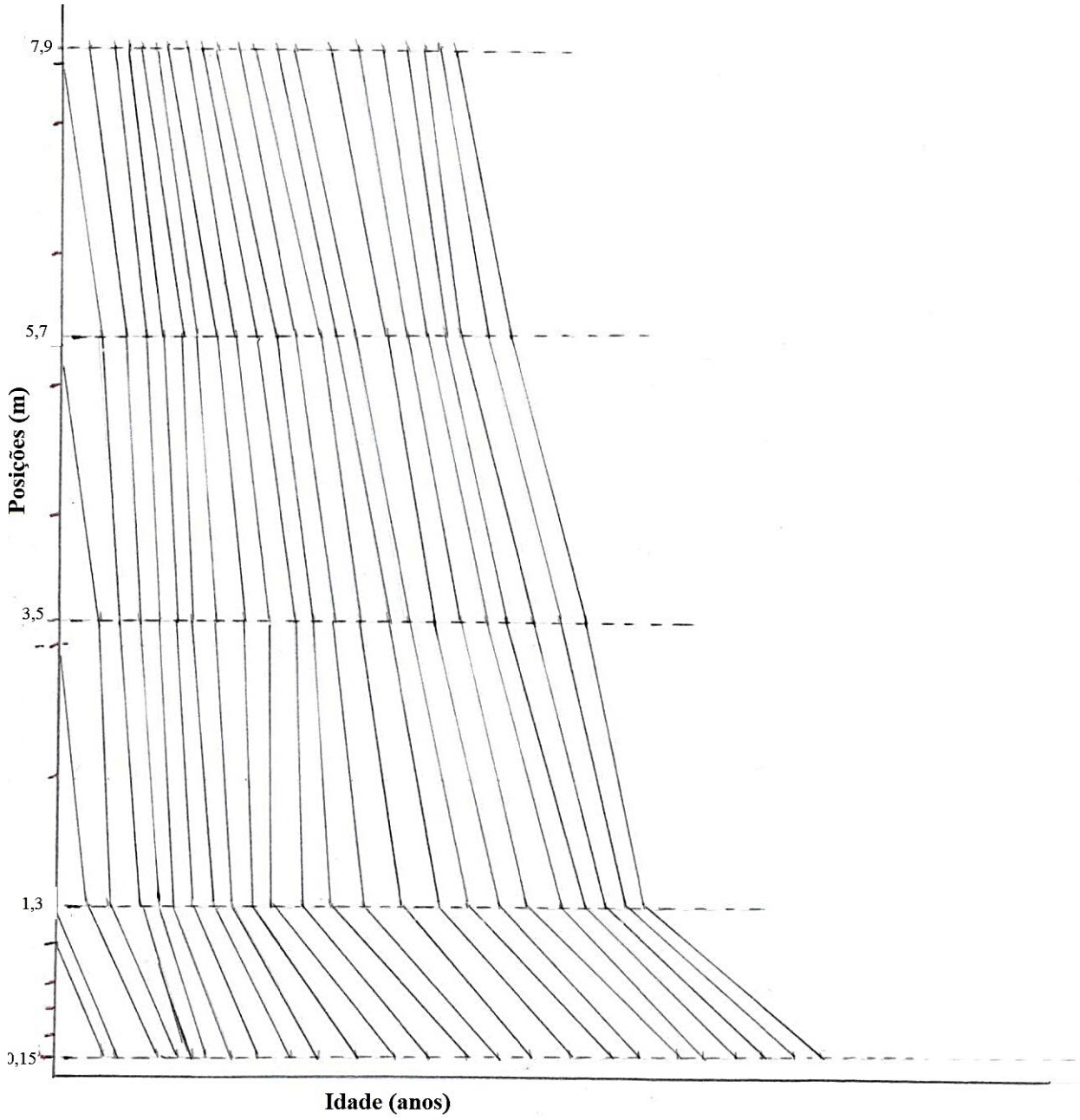
O modelo que a apresentou maior representatividade ao volume da espécie foi o Modelo MMF, com baixa dispersão dos resíduos e possuindo parâmetros aceitáveis.

Para melhor descrever a produção e o crescimento da *Gmelina arborea* no Brasil, indica-se buscar plantios da mesma ou até mesmo amostrar indivíduos que possuíram alguma intervenção silvicultural, principalmente a nível comercial.

## 7 APÊNDICES

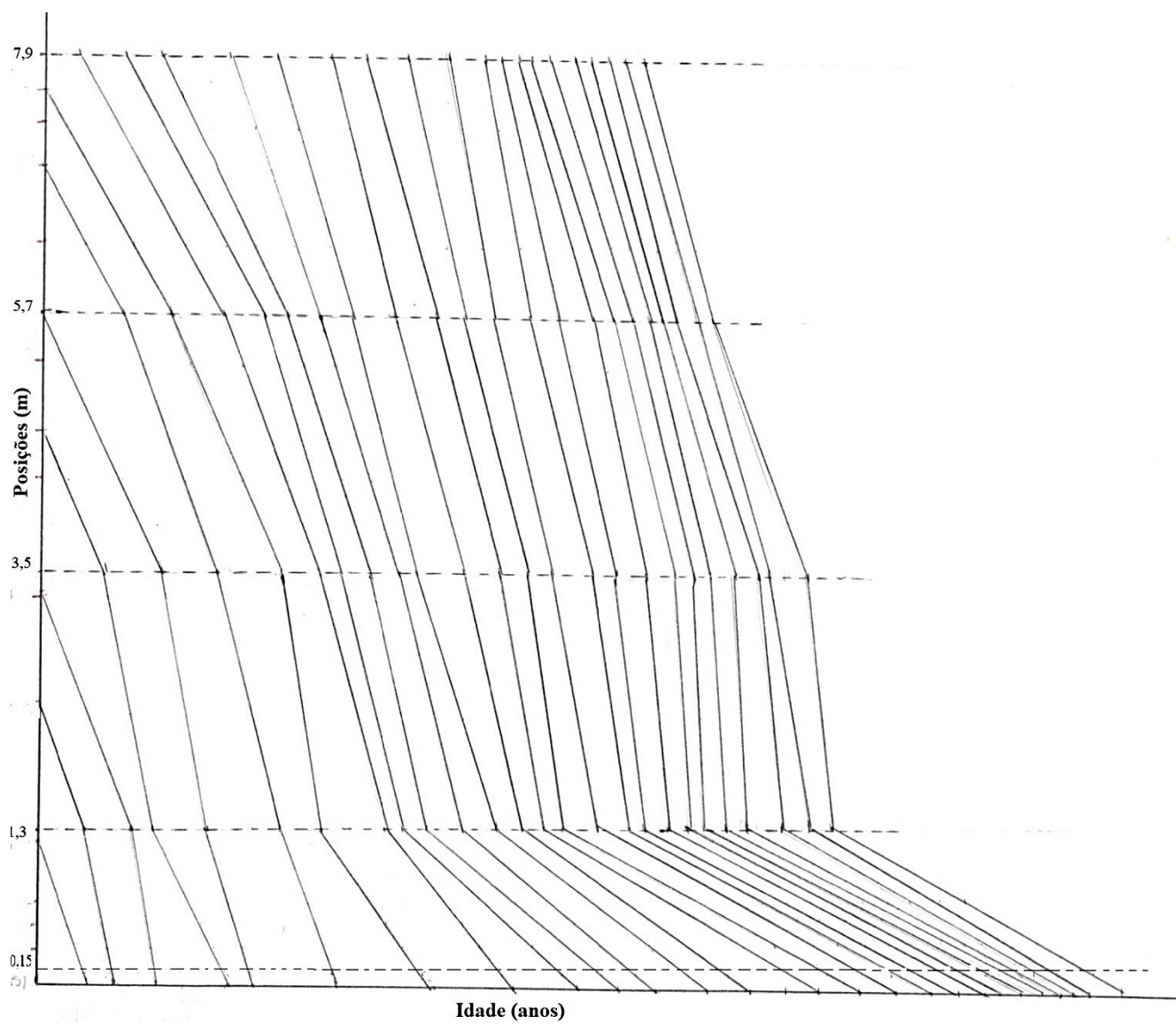
### Apêndice 1

- Árvore 1:



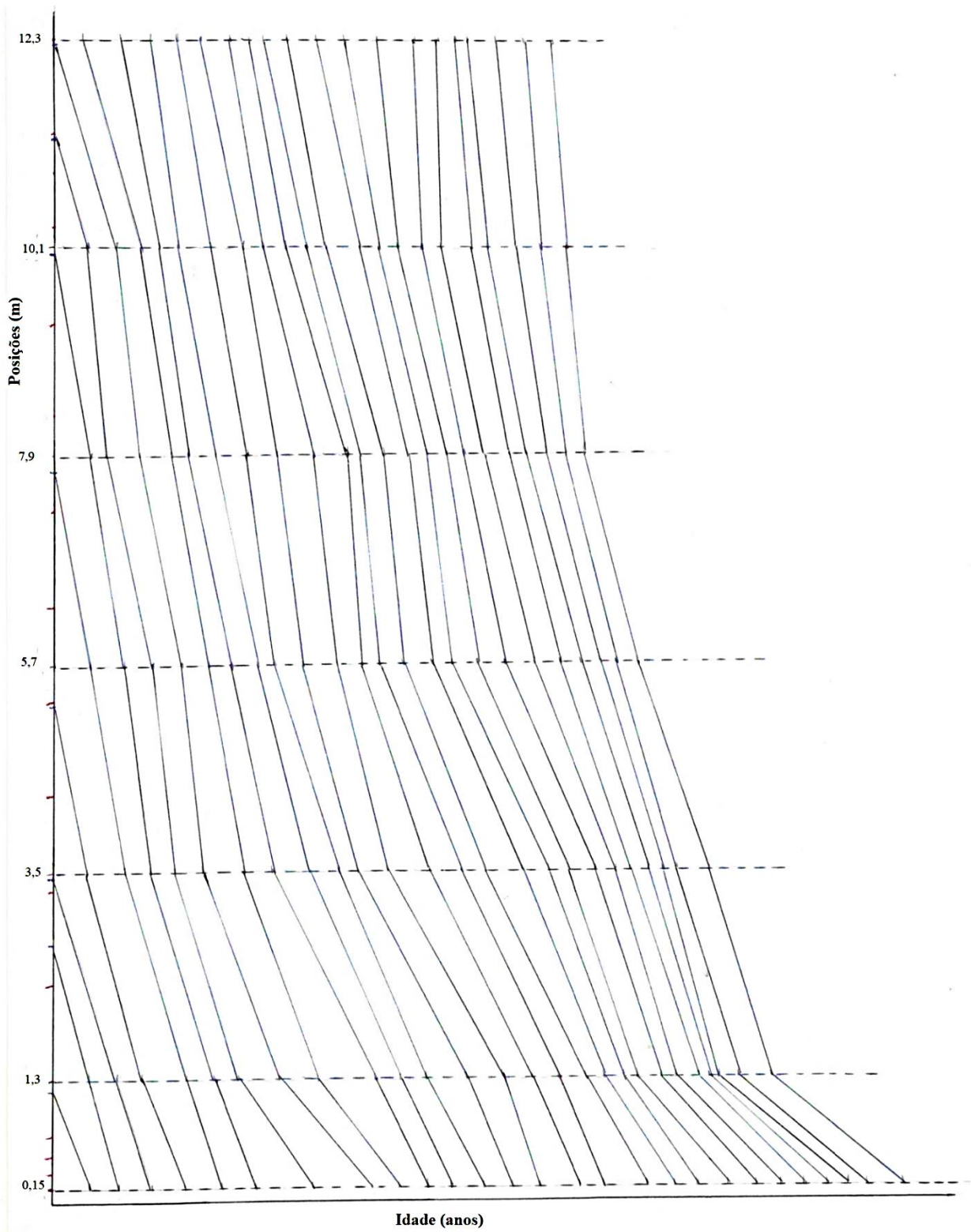
## Apêndice 2

- Árvore 2:



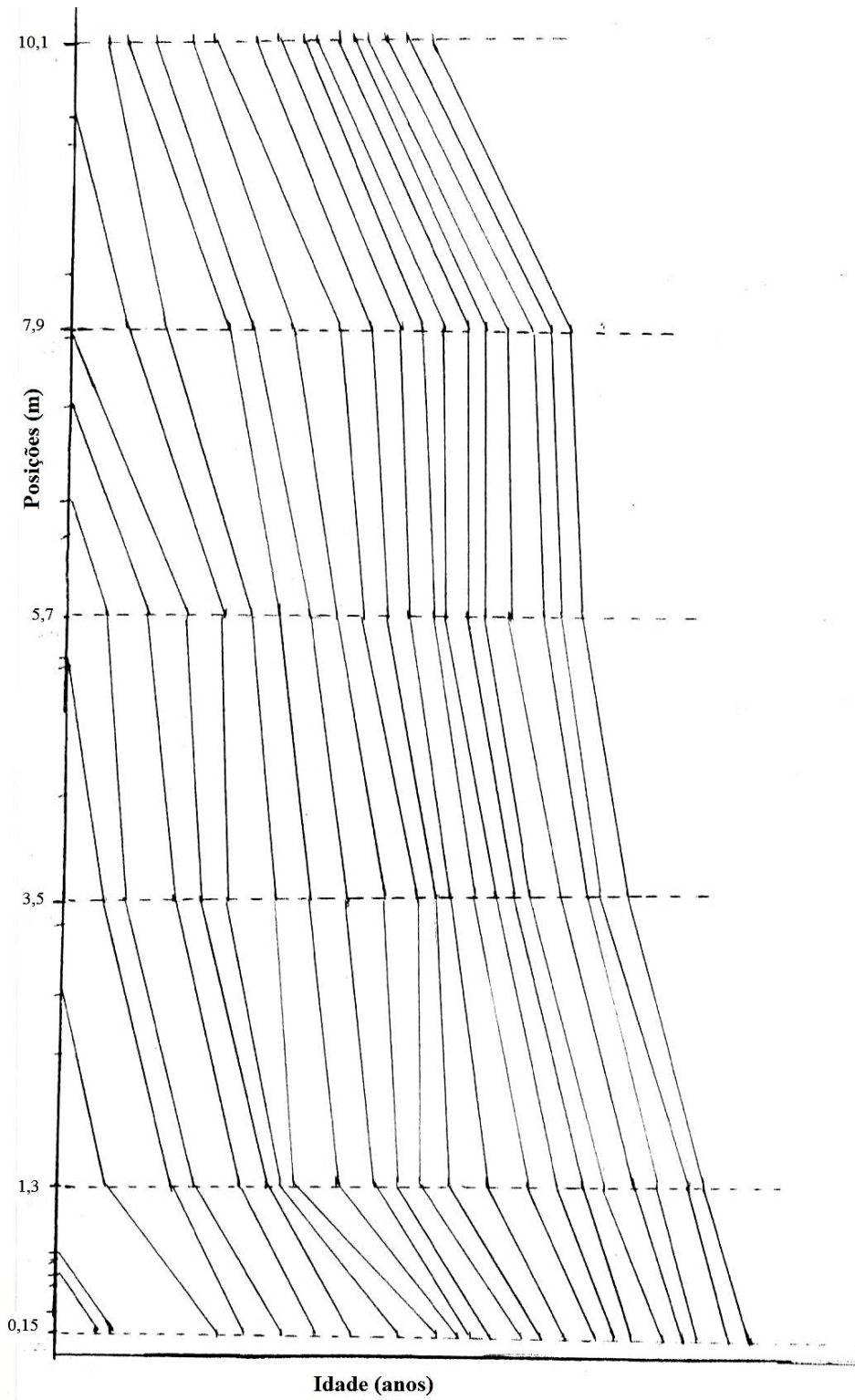
## Apêndice 3

- Árvore 3:



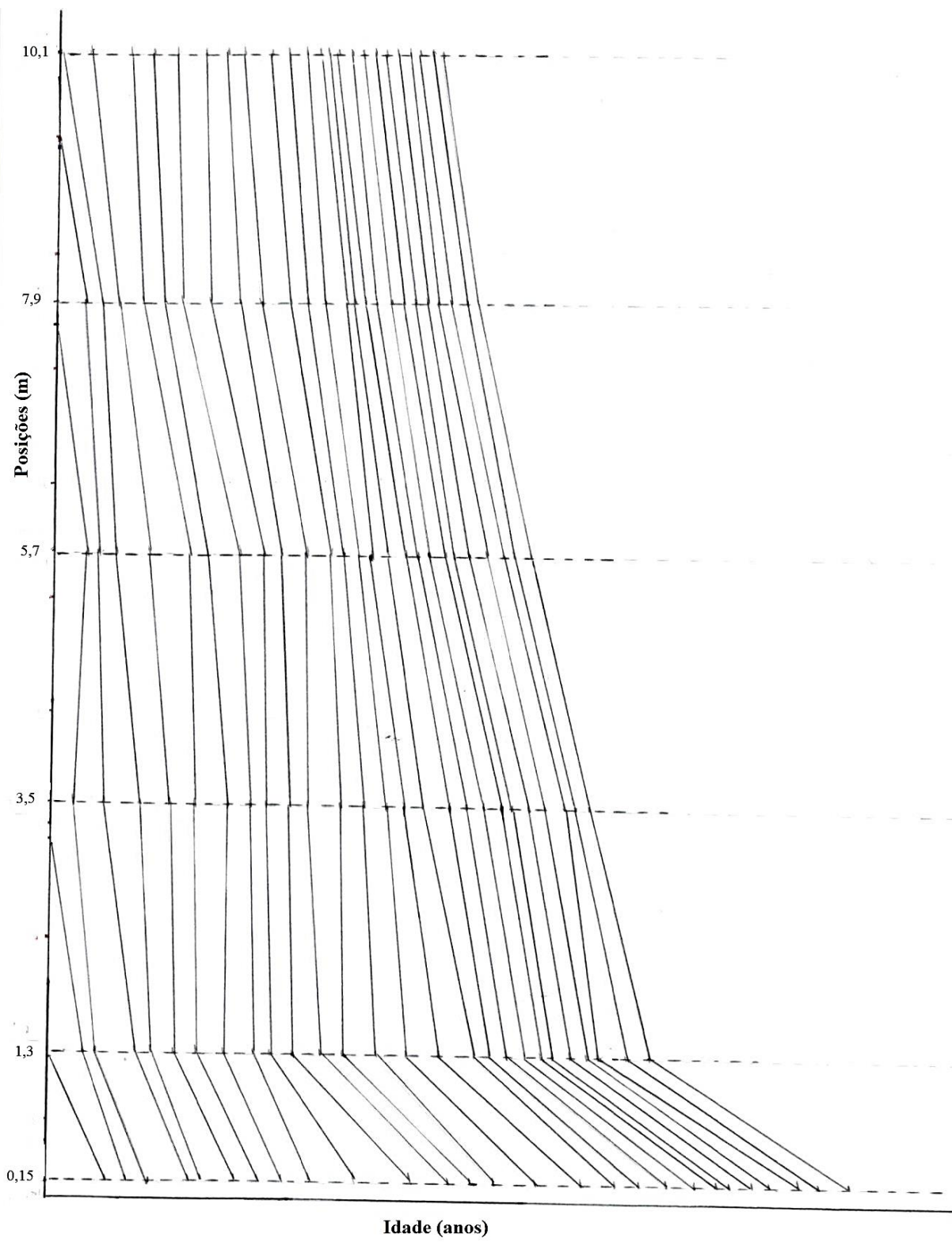
## Apêndice 4

- Árvore 4:



## Apêndice 5

- Árvore 5:



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, E. C. R. et al. **Modelagem par prognose precoce do volume por classe diamétrica para *Eucalyptus grandis***. Scientia Forestalis, Piracicaba, n. 61, p. 86-102, 2002.
- BARUSSO A.P. **A determinação de funções de crescimento mediante análise de tronco**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Curitiba, p. 133, 1997.
- BOULET, M. Culturas de lenha. **Espécies para produção de energia**, p. 46-47, 1977.
- CAMPOS, J. C. C.; LEITE, H. G. **Mensuração florestal: perguntas e respostas**. 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 548 p, 2009.
- CAMPOS, J. C. C., LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2013. 605 p.
- CAMPOS, J. C. C., LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, p.548, 2009.
- COELHO, Priscila Dini. **Análise comparativa da idade de corte de plantações florestais com base em unidades volumétricas e gravimétricas**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa- MG, 2015.
- CHASSOT, Tatiane et al. **Modelos de crescimento em diâmetro de árvores individuais de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze na Floresta Ombrófila Mista**. 2009.
- CHAVES, A. G. S. **Modelagem do crescimento e da produção de *Tectona grandis* L. f. até a idade de rotação**, 2013.
- CHOWDHURY, K. A. Células parênquimas iniciais em dicotiledôneas, **Natureza**. v. 160 p.609, 1947.
- COOK ISLANDS BIODIVERSITY & NATURAL HERITAGE. **Banco de Biodiversidade: *Gmelina arborea***. Disponível em: <<http://cookislands.bishopmuseum.org/species.asp?id=6182>> . Acesso em: 30/10/2018.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, P. 306, 2006.
- ENCINAS, J. I.; SILVA, G. F.; PINTO, J.R.R. **Idade e crescimento das árvores**. Brasília: Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Florestal, 2005. 43p. il.1 (Comunicações técnicas florestais; ISSN 151711922; v.7, n.1).

FLOREZ ORJUELA, John Alexander; FLOREZ ORJUELA, Orlando Raul. **Estudio del crecimiento de “*Gmelina arborea*” en los consejos comunitarios de Quiparádó y Domingodó** (Choco-Colombia). 2013.

FLORIDO, L. V., CORNEJO, A. T., PALAYPAYON, C. M., e BATALON, J. M. *Gmelina arborea* (**Roxb.**), v. 14, n° 3, p.3, 2002.

GOMES A. M. A. **Medição de arvoredos**. Lisboa: Livraria As da Costa, 1957, 413p.

GOOGLE IMAGENS. **Cruzeiro do Iguaçu- PR**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/search?q=cruzeiro+do+igua%C3%95>> Acesso em: 01/11/2018.

GOOGLE IMAGENS. **Tora madeira de desenho**. Disponível em: <<https://www.google.com.br/search?q=cruzeiro+do+igua%C3%95>> Acesso em: 15/10/2018.

HESS, André Felipe; SCHNEIDER, Paulo Renato. **Crescimento em altura de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze em três locais do Rio Grande do Sul**. *Ambiência*, v. 5, n. 2, p. 213-232, 2009.

HESS, André Felipe; SCHNEIDER, Paulo Renato. **Volume Growth Of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze In Three Regions Of Rio Grande Do Sul, Brazil**. *Ciência Florestal*, v. 20, n. 1, p. 107-122, 2010.

HESS, André Felipe; SCHNEIDER, Paulo Renato. **Volume Growth Of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze In Three Regions Of Rio Grande Do Sul, Brazil**. *Ciência Florestal*, v. 20, n. 1, p. 107-122, 2010.

HESS, Andre Felipe et al. **Aplicação dos modelos lineares generalizados para estimativa do crescimento em altura**. *Pesquisa Florestal Brasileira*, v. 35, n. 84, p. 427-433, 2015.

HUSCH, B.; BEERS, T. W.; KERSHAW, J. A. **Mensuração Florestal**. 4 ed. New Jersey: John Wiley & Sons, p. 443, 2003.

HUSCH, B.; MILLER, C. I. & BEERS, T. W. **Mensuração Florestal**. USA: John Wiley e Sons. 402p. 1982.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES- IBÁ. **Relatório 2017**. 17 p. São Paulo- SP, 2017.

IMANÃ ENCINAS, J.; SILVA, G. F.; PINTO, J. R. R. **Idade e crescimento das árvores**. Brasília, DF: UNB, p. 40, 2005.

LORENZI, H. **Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, p. 368, 2003.

NASCIMENTO, Flávio Augusto Ferreira do et al. **A SYSTEM FOR *Pinus taeda* GROWTH AND YIELD IN THE NORTH OF SANTA CATARINA**. *Cerne*, v. 21, n. 2, p. 235-242, 2015.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F.; REAL, P. **Mensura Forestal**. San José, Costa Rica: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, p. 586, 1997.



RANKIN, J. M.; FEARNSIDE, Philip Martin. **Jari Revisitada: Mudanças de Perspectivas de Sustentabilidade Na Amazônia**. 1989.

Rodríguez, M. (2008). **Crecimiento de *Gmelina arborea* en Atrato y Urabá**. Dirección Forestal. (s.l.): Pizano S.A.

ROQUE, M.; ALONSO, R.. **Variação da anatomia e da densidade básica da madeira de *Gmelina arborea* (Roxb.), em diferentes condições de clima e de manejo na Costa Rica**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2005 A.

ROQUE, R. M.; TOMAZELLO, M. Avaliação da densidade da madeira de árvores de *Gmelina arborea* pela aplicação da densitometria de raios X. In: **Conferência Internacional do Atlântico Nuclear**, 2005 B.

ROSOT, M. A. D., FIGUEIREDO Filho, A., DISPERATI, A. A., e EMERENCIANO, D. B. Análise de tronco digital: uma nova metodologia para a medição de anéis de crescimento. **Floresta**, v. 33, n. 3, 2003.

SANQUETTA, Carlos Roberto; DALLA CÔRTE, Ana Paula; DE LOYOLA EISFELD, Rozane. **Crescimento, mortalidade e recrutamento em duas florestas de Araucária (*Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze.) no Estado do Paraná, Brasil**. RECEN-Revista Ciências Exatas e Naturais, v. 5, n. 1, p. 101-112, 2009.

SANTANA, O. A.; ENCINAS, J. I. Equações volumétricas para uma plantação de *Eucalyptus urophylla* destinada a produção de lenha. **Simpósio Latino-Americano Sobre Manejo Florestal**, 3. Anais Santa Maria: UFSM/PPGEF, 2004. p. 107-111.

SATO, A. S., SEBBENN, A. M., MORAES, E., ZANATTO, A. C. S., & FREITAS, M. L. M. Seleção dentro de progênies de *Eucalyptus resinifera* aos 21 anos de idade em Luiz Antônio-SP. **Revista do Instituto Florestal**, v. 19, n. 1, p. 93-100, 2007.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria florestal: modelos de crescimento e produção florestal**. Lavras: FAEPE-UFLA, p. 393, 2006.

SCOLFORO, J. R. S. **Modelagem do crescimento e da produção de florestas plantadas e nativas**. Lavras: UFLA/FAEPE, p. 441, 1998.

SILVA, F. R. **Crescimento e Produção de *Tectona grandis* L. f. em um plantio no município de Alta Floresta, Mato Grosso**. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais)–Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá-MT, 2012.

SILVA, Ramon Marcel da. **Silvicultura em pequenas e médias propriedades e a dinâmica da agricultura familiar no Planalto Sul de Santa Catarina**. 2014.

SILVA, M. L. da; MACHADO, C. C. **Influência do diâmetro e do número de árvores por hectare no custo de corte do eucalipto**. Revista Árvore, Viçosa, MG; v. 19, n. 3, p. 308-318, jul./set. 1995.

STEPKA, Thiago Floriani. **Modelagem do crescimento e dendrocronologia em árvores nativas de *Araucaria angustifolia*, *Cedrela fissilis* e *Ocotea porosa* no sul do Brasil.** 2012.

VARGAS-LARRETA, B.; ÁLVAREZ-GONZÁLEZ, J. G.; CORRAL-RIVAS, J. J.; AGUIRRE CALDERÓN, O. A. **Construcción de curvas dinámicas de índice de sitio para *Pinus cooperi* Blanco.** Revista Fitotecnia Mexicana, Chapingo, v. 33, n. 4, p. 343-351, 2010.

VIEIRA, E.L. et al. **Manual de Fisiologia.** São Luiz: EDUFMA, p. 230, 2010.

ZAMIN, N. T. **Avaliação do crescimento e modelagem da produção mensal em povoamentos juvenis de *Araucaria angustifolia* e *Pinus taeda* com inclusão de variáveis climáticas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal), UFPR, Curitiba. 98 p. 2013.

ZEIDE, B. Analysis of growth equations. **Forest Science**, v. 39, n.3, p. 594-616, 1993.