



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

PROJECTO FINAL

**Estimativa de crescimento de *Pinus taeda* L. em Inhamacari usando a técnica de
análise de tronco**

Autor:

Jamal Andinane Manga

Supervisor:

Eng. Agnelo dos Milagres Fernandes (MSc)

Maputo, Agosto de 2011

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais Andinane Manga (*in memoriam*) e Rosa Jaime e aos meus irmãos Fátima, Abudo, Juma, Assane, Daúdo e Hagira.

AGRADECIMENTOS

É justo expressar os meus agradecimentos a todas as pessoas que, de alguma forma, colaboraram para a concretização deste trabalho. Agradeço sinceramente:

Ao meu supervisor, Eng. Agnelo dos Milagres Fernandes, pela infinita paciência, amizade e orientação com excelência profissional.

Ao Centro Florestal de Machipanda (CEFLOMA) particularmente na pessoa do senhor Alfredo pela concessão da credencial para o desenvolvimento do trabalho.

Agradeço, especialmente, ao senhor Cristóvão "motoserrista" do CEFLOMA, cuja ajuda foi fundamental na confecção de amostras no campo.

À turma do curso de Engenharia Florestal de 2008, pelo companheirismo durante a recolha de dados.

À Universidade Eduardo Mondlane, particularmente ao Departamento de Engenharia Florestal, pela possibilidade da realização da licenciatura. Agradeço em especial aos professores e funcionários do curso pela colaboração.

À toda a minha família, na representação dos meus pais, pelo incentivo no estudo e pela compreensão por minha longa ausência, proporcionando-me todo o apoio do qual necessitei.

Aos colegas e amigos, Eng. Constâncio Deixa, Filimão Maibaze, Hélder Malieque, dr. Javite Uazoé, dr. Saurino do Rosário, Germano Santana, Ricardo Massangula, Amândio Ismael, Samito Valia, Noel Armando, Orlando Muamba, Nery Loforte, Zélia Malate, Paulo Mabica, Eng. Manuelinho Tomo, Eng. Luís Matavela, Eng. Agi Cassimo e Eng. David Machiana pelos momentos agradáveis e convivência harmoniosa.

Meu maior agradecimento a Deus todo-poderoso e ao profeta Muhammad S. A.W, seu mensageiro, por terem proporcionado o discernimento e a paciência necessária para a concretização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho foi realizado na floresta de Inhamacari (Posto Administrativo de Machipanda) na província de Manica no período de Janeiro a Fevereiro de 2010 com o objectivo de estimar o crescimento de *Pinus taeda* L. usando a técnica de análise de tronco. Para atingir os objectivos propostos, foram seleccionadas aleatoriamente para o abate, quatro árvores do estrato dominante com fuste recto, livres de pragas e doenças e que não haviam sofrido nenhuma intervenção silvicultural (desrame). Após o abate as árvores-amostra foram seccionadas a diferentes alturas para confecção de fatias/discos que permitiram obter informações sobre as taxas de crescimento em diâmetro, altura, volume e factor de forma em função da idade. Na estimativa de crescimento através de ANATRO foi registado um padrão de crescimento sigmoidal "S" para as variáveis dendrométricas diâmetro e altura; o volume manifestou um crescimento ilimitado em forma de "J". No desenvolvimento de tabelas de crescimento e incremento, constatou-se que aos 28 anos as variáveis DAP, altura e volume obtiveram um IMA de $0,89\text{cm} \cdot \text{arv}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, $0,55\text{m} \cdot \text{arv}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ e $0,0148\text{m}^3 \cdot \text{arv}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ respectivamente. Quanto ao crescimento máximo (IMAmáx) verificou-se que o diâmetro atingiu um valor de $0,96\text{cm} \cdot \text{arv}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ e a altura $0,62\text{m} \cdot \text{arv}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$, aos 21 e 19,5 anos respectivamente. O máximo crescimento anual em volume não foi alcançado pois não ocorreu a intersecção das curvas de IMA e ICA. No que se refere ao factor de forma, este mostrou um comportamento irregular ao longo do tempo, tendo apresentado um valor máximo de 0,890 e um mínimo de 0,208 aos 2 anos e 25 anos respectivamente. A partir dos dados resultantes da ANATRO foi construída uma tabela de crescimento e produção que permite visualizar o comportamento do diâmetro, altura, área transversal (G), volume e seus incrementos (IMA e ICA) e o factor de forma em função da idade. Assumiu-se ausência de mortalidade e desbaste na floresta para se poder calcular os seguintes parâmetros do povoamento de *Pinus taeda* L.: densidade $N^{\circ} \cdot \text{arv} \cdot \text{ha}^{-1} \approx 1372\text{arv} \cdot \text{ha}^{-1}$; produção em termos de $G \cdot \text{ha}^{-1} \approx 36,63\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ e $\text{Vol} \cdot \text{ha}^{-1} \approx 568,61\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$; e produtividade média em termos de $G \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1} \approx 1,31\text{m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ e $V \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1} \approx 20,31\text{m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ respectivamente.

| ÍNDICE | PÁGINA |
|---|---------------|
| DEDICATÓRIA | i |
| AGRADECIMENTOS | ii |
| RESUMO | iii |
| LISTA DE FIGURAS | vi |
| LISTA DE TABELAS | vi |
| LISTA DE ANEXOS | vi |
| LISTA DE SÍGLAS & ABREVIATURAS | vii |
| I. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1. Problema de estudo e justificação..... | 2 |
| 1.2. Objectivos | 3 |
| 1.2.1. Geral..... | 3 |
| 1.2.2. Específicos | 3 |
| II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 4 |
| 2.1. Caracterização da espécie | 4 |
| 2.3. Idade..... | 4 |
| 2.4. Crescimento e Produção | 5 |
| 2.5. Formação dos anéis de crescimento..... | 8 |
| 2.6. Análise de tronco (ANATRO)..... | 9 |
| 2.6.1. Análise de tronco completa..... | 10 |
| 2.7. Novas tendências da análise de tronco..... | 13 |
| 2.8. Utilização da ANATRO no estudo de crescimento e produção | 15 |
| 2.9. O factor de forma (ff)..... | 16 |
| III. MATERIAL & MÉTODOS | 18 |
| 3.1. Descrição da área de estudo..... | 18 |
| 3.2. Selecção das árvores — amostra..... | 19 |
| 3.3. Colecta de dados no campo..... | 19 |
| 3.4. Marcação e medição dos raios | 20 |
| 3.5. Estimação do factor de forma (ff)..... | 23 |
| 3.6. Estruturação da tabela de crescimento e produção | 24 |
| 3.7. Processamento dos dados..... | 24 |

| | |
|---|-----------|
| IV. RESULTADOS & DISCUSSÃO..... | 25 |
| 4.1. Crescimento de <i>Pinus taeda</i> L. em Inhamacari | 25 |
| 4.1.1. Crescimento em diâmetro em função da idade | 25 |
| 4.1.2. Crescimento em altura em função da idade | 27 |
| 4.1.3. Crescimento em volume em função da idade | 30 |
| 4.2. Factor de forma (ff)..... | 33 |
| 4.3. Estruturação da tabela de crescimento e produção | 34 |
| V. CONCLUSÕES | 36 |
| VI. RECOMENDAÇÕES..... | 37 |
| VII. LIMITAÇÕES DO ESTUDO | 38 |
| VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 39 |
| IX. ANEXOS | 44 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 — Curvas de produção e incremento (adaptado de ASSMANN, 1970)..... | 6 |
| Figura 2 — Localização da área de estrudo..... | 19 |
| Figura 3 — Fatias de <i>Pinus taeda</i> L. <i>in natura</i> acondicionadas para secagem | 20 |
| Figura 4 — Marcação e numeração de raios na fatia..... | 21 |
| Figura 5 — Crescimento em diâmetro em função da idade..... | 26 |
| Figura 6 — IMA e ICA em diâmetro de <i>P. taeda</i> L. em função da idade..... | 27 |
| Figura 7 — Crescimento em altura de <i>P. taeda</i> L. em função da idade | 29 |
| Figura 8 — IMA e ICA em altura de <i>P. taeda</i> L. em função da idade..... | 30 |
| Figura 9 — Crescimento em volume de <i>P. taeda</i> L. em função da idade | 32 |
| Figura 10 — IMA e ICA em volume de <i>P. taeda</i> L. em função da idade | 32 |
| Figura 11 — Evolução do factor de forma de <i>P. taeda</i> L. ao longo do tempo..... | 34 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 — Incremento médio e corrente anual em diâmetro de <i>P. taeda</i> L. | 25 |
| Tabela 2 — Incremento médio e corrente anual em altura de <i>P. taeda</i> L. | 28 |
| Tabela 3 — Incremento médio e corrente anual em volume de <i>P. taeda</i> L. | 30 |
| Tabela 4 — Desenvolvimento de factor de forma de <i>P. taeda</i> L. em função da idade | 33 |

LISTA DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo 1 — Modelo didáctico da ficha ANATRO | 44 |
| Anexo 2 — Tabela de crescimento e produção de <i>P. taeda</i> L..... | 45 |

LISTA DE SÍGLAS & ABREVIATURAS

ac — Antes de Cristo

ANATRO — Análise de Tronco

A.TRANSV — área transversal

árv — árvore

CEFLOMA — Centro Florestal de Machipanda

cm — centímetros

°C — graus centígrados

DAP — Diâmetro a altura do peito

DEF — Departamento de Engenharia Florestal

Eng. — Engenheiro

E.U.A — Estados Unidos de América

FAO — Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura

G — Área basal

H — altura

ha — Hectare

ICA — Incremento corrente anual

IMA — Incremento médio anual

Km — Quilómetro

máx — máximo

m — metros

m² — metros quadrado

m³ — metros cúbico

m³sc — metros cúbico sem casca

MINAG — Ministério da Agricultura

S.A.W — Paz e bênção estejam com ele

UEM — Universidade Eduardo Mondlane

VOL/V — volume

I. INTRODUÇÃO

A demanda crescente de madeira para o suprimento de matéria-prima tem suscitado a necessidade de realização de estudos mais detalhados sobre o crescimento de espécies florestais principalmente as do género *Pinus*.

Moçambique tem um total de 24000ha de plantações de *Pinus sp* dos quais 85% encontram-se na província de Manica. As árvores provenientes dessas espécies, em particular o *Pinus taeda* L. são utilizadas para a produção de madeira serrada e painéis. Consequentemente é importante que se analise a taxa de crescimento dessa espécie para que se possa aplicar um correcto manejo florestal (MINAG, 2006).

O meio mais directo e acurado de se estudar o desenvolvimento de uma árvore, bem como os vários aspectos do seu crescimento, é através da análise de tronco (PRODAN *et al*, 1997).

CHATURVEDI & KHANNA (1982) definem a análise de tronco como sendo a análise de um tronco inteiro através da medição dos anéis anuais num determinado número de secções transversais a diferentes alturas, com a finalidade de determinar as taxas de crescimento passado. As relações idade-diâmetro, idade-altura e idade-volume estudadas ao longo de toda a vida da árvore permitem o acesso às taxas médias de incremento em diâmetro, altura e volume.

TURNBULL (1958) considera a análise de tronco apropriada à elaboração de tabelas de produção, bem como a construção de curvas de índice de sítio e curvas de crescimento em altura.

EMERENCIANO (1981) utilizou a análise de tronco para a obtenção de dados de crescimento em altura de *Pinus elliottii*, que foram empregues na simulação da prognose de altura dominante.

ROSOT *et. al.* (1993) usaram dados de análise de tronco para construir tabelas de produção para *Araucaria angustifolia* no sul do Brasil.

A estimativa da produção de uma espécie/povoamento pode ser feita com base nas medições sucessivas efectuadas em parcelas permanentes de um inventário florestal contínuo ou através de dados de crescimento obtidos por análise de tronco.

Este estudo tem por objectivo estimar o crescimento de *Pinus taeda* L. em Inhamacari usando a técnica de análise de tronco.

1.1. Problema de estudo e justificação

Em Moçambique, as florestas nativas distribuem-se por cerca de 62 milhões de hectares, o que corresponde a 78% da superfície total do país, dos quais 20 milhões são comercialmente viáveis e 8,5 milhões encontram-se em áreas de conservação de flora e fauna. A floresta plantada cobre 46000ha, o que corresponde a 4,6% do potencial de reflorestamento do país, estimado em 1000000ha. A maioria destas plantações localiza-se na província de Manica e são constituídas maioritariamente por espécies do género *Pinus* e *Eucalyptus* e cobrem cerca de 51% do total da área plantada (MINAG, 2006).

Em virtude da maioria desses povoamentos se encontrarem na fase do primeiro desbaste e muitos deles no segundo desbaste, há uma preocupação em se estimar o crescimento e produção das árvores e/ou povoamentos florestais. Para que isso seja possível, deve se ter em mão uma metodologia que forneça com segurança a estimativa de crescimento das árvores ou povoamentos florestais.

A estimativa de crescimento e produção pode ser feita usando dois métodos: *O método de parcelas permanentes e o de análise de tronco*. O método de parcelas permanentes tem a vantagem de oferecer melhores dados para a estimativa de crescimento, no entanto, a obtenção destes usando este método é bastante dispendiosa e morosa. A análise de tronco proporciona dados com praticamente a mesma qualidade dos obtidos por parcelas permanentes porém, os custos também são considerados altos e, no entanto, os dados podem ser utilizados imediatamente (CLUTTER *et al.*, 1983).

Assim, o presente trabalho procura estimar o crescimento de *Pinus taeda* L. em Inhamacari usando a técnica de análise de tronco.

1.2. Objectivos

1.2.1. Geral

Estimar o crescimento de *Pinus taeda* L. em Inhamacari usando a técnica de análise de tronco

1.2.2. Específicos

- Estimar o crescimento em diâmetro, altura e volume em função da idade;
- Estimar o factor de forma em função da idade e;
- Estruturar uma tabela de crescimento e produção de *Pinus taeda* L.

II. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Caracterização da espécie

Segundo MIROV (1967) citado por TONINI (2000), o género *Pinus* tem sido utilizado pelo Homem desde tempos remotos. O autor cita que, Theophrastus (370-285 ac), no seu inquérito sobre plantas, escreveu sobre a morfologia deste género, sua reprodução e utilidade para o Homem.

O *Pinus taeda* L., também conhecido como Loblolly pine, é natural dos Estados Unidos, ocorrendo entre os paralelos 28° e 39° N, sendo encontrado no sul de New Jersey, Ronda Central, oeste do Texas, ao norte do Vale do Mississippi, no sudeste de Oklahoma e Arkansas, e sul do Tennessee. Sua faixa de dispersão vai desde o nível do mar até 2.500 m de altitude, ocasionalmente até 4.500 m, com ampla variação do tipo de solo (KRONKA *et al.*, 2005).

Segundo MARCHIORI (1996) estas árvores alcançam cerca de 20 m de altura e 100 cm de diâmetro à altura do peito (DAP), produzindo copa densa, casca gretada e ramos acinzentados. As folhas, aciculares e verde-escuras, reúnem-se em grupos de 3 por fascículo e medem 15 a 20 cm de comprimento.

MARCHIORI (1996) comenta que a madeira é indicada para construções, móveis e caixotaria. As fibras são longas, adequadas à fabricação de papel e produzem bastante resina.

2.3. Idade

A idade de qualquer organismo vivo é o período de vida que ele tem, considerado desde a sua origem ou surgimento até um ponto determinado no tempo.

SOUZA (1973) define a idade da árvore como o número de anos transcorridos desde a germinação da semente, ou da brotação das touças de uma raiz, até o momento em que é observado ou medido.

A idade de uma floresta ou povoamento florestal é um conceito vago, pois nem todas as árvores que as compõe iniciam o seu crescimento ao mesmo tempo. Nesse sentido, emprega-se a idade média das árvores como maneira de aproximação. Porém para as práticas de manejo florestal, torna-se necessário que as florestas nativas e os reflorestamentos possam ser caracterizados por uma idade definida (MACKAY, 1964).

A idade de uma árvore é uma variável muito importante, especialmente na estimativa da produção florestal. Fundamentalmente é utilizada nas avaliações do crescimento e da produtividade de um sítio e nos ordenamentos florestais. Ela é também utilizada como ferramenta para práticas silviculturais, na determinação do crescimento presente e futuro da floresta e nas decisões dos planos de manejo pois permite:

- Avaliar o incremento em termos de diâmetro, área basal, volume e altura de uma espécie em um determinado local, permitindo comparar a capacidade produtiva de diferentes locais onde estes povoamentos estão implantados;
- Estimar o crescimento em altura das árvores dominantes nos povoamentos, para que sejam construídas curvas de índice de sítio de modo a se determinar a capacidade produtiva dos locais onde estes povoamentos estão implantados;
- Definir parâmetros a serem utilizados nas práticas de manejo florestal, servindo principalmente como base comparativa entre povoamentos e decidindo metas na exploração da floresta.

2.4. Crescimento e Produção

O estudo do crescimento e produção e o entendimento deste processo na floresta é uma ferramenta básica para uma planificação posterior do manejo florestal, devido à necessidade de se obter predições da produção futura, baseadas em poucas medições (PRODAN *et al*, 1997).

Por definição, crescimento é o incremento gradual de um organismo ou população num determinado período de tempo e, produção, é o crescimento acumulado em uma determinada idade (SPURR, 1973 citado por TONINI, 2000).

Quando as dimensões de um organismo ou população são plotadas sobre as suas respectivas idades, a curva apresenta uma forma sigmoidal ou “S”, e mostra o crescimento acumulado em um determinado período, denominado de curva de produção (HUSCH *et al.*, 1982 citado por SANTOS, 2006).

Esta curva (figura 1) mostra o tamanho alcançado em cada idade, começando do ponto zero e subindo primeiramente de forma lenta até um ponto de inflexão. Após este ponto, a curva muda de concavidade, a inclinação diminui e aproxima-se assintoticamente do valor final (FINGER, 1992).

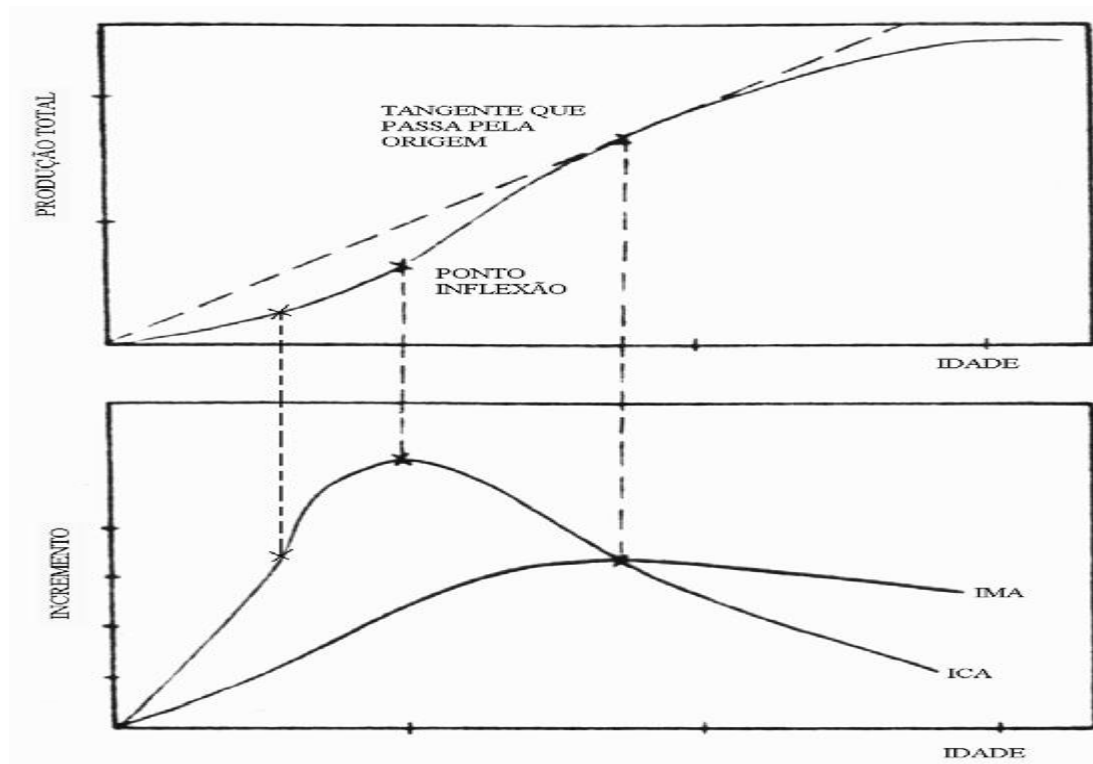


Figura 1— Curvas de produção e incremento (adaptado de ASSMANN, 1970)

O incremento das dimensões de uma árvore pode ser quantificado em diferentes períodos, porém quando é definido o intervalo de medições em períodos anuais, tem-se o *incremento corrente anual* (ICA). A curva de crescimento é obtida associando-se os valores de ICA às suas respectivas idades (HUSCH *et al.*, 1982 citado por SANTOS, 2006).

De acordo com HUSCH *et al.* (1982) citado por SANTOS (2006), a curva de produção é dividida basicamente em três períodos. O primeiro período é definido como a fase juvenil e apresenta uma alta aceleração do crescimento (SPURR, 1952 citado por TONINI, 2000). Neste período a taxa de crescimento atinge o valor máximo, fazendo coincidir o ponto de inflexão da curva de produção com o valor máximo da curva de crescimento ICA.

O segundo período é denominado de período de maturação e apresenta um baixo nível de crescimento. Este estágio é caracterizado pelo valor máximo do IMA coincidindo com o ponto de tangência máxima na curva de produção. Este ponto também coincide com o cruzamento das curvas de IMA e ICA (CRECHI, 1996).

HUSCH *et al.* (1982) citado por SANTOS (2006) define *incremento médio anual* (IMA) como sendo o incremento médio anual para cada ano, calculado dividindo-se o crescimento cumulativo pela idade.

No terceiro período o crescimento é interrompido e a árvore atinge a dimensão máxima, denominada de fase de senescência (HUSCH *et al.*, 1982; citado por SANTOS, 2006).

O manejo florestal demanda dados em forma de séries temporais sobre a produção do povoamento em termos de diâmetro, altura, área basal, volume e biomassa. Estes dados podem ser conseguidos através de medições periódicas de parcelas permanentes num inventário florestal contínuo, análise de tronco parcial utilizando rolos de incremento ou, ainda, por análise de tronco completa (ROSOT, 2002).

Avaliar a produção através de inventários florestais contínuos utilizando unidades amostrais permanentes, implica na tomada de dados em longos períodos de tempo, acarretando altos custos e demora para obtenção de dados confiáveis, o que em geral equivale a uma rotação. Desta forma a análise de tronco adquire uma importância singular, pois em qualquer época pode-se reconstruir o crescimento passado de uma árvore desde o estado de plântula até o momento de abate, desde que a espécie em questão possua anéis de crescimento anuais facilmente observáveis (FINGER, 1992).

2.5. Formação dos anéis de crescimento

O crescimento das árvores consiste na actividade dos meristemas primário e secundário; o meristema primário estabelece o crescimento em altura e o meristema secundário ou câmbio é responsável pelo crescimento em diâmetro da árvore (HUSCH *et al.*, 1982; citado por SANTOS, 2006).

O anel de crescimento surge com a actividade cambial da árvore, onde camadas justapostas de material lenhoso surgem ano a ano, e uma nova camada de lenho no período vegetativo envolve antigas formações (GOMES, 1957).

A composição típica da camada anual de lenho de uma espécie que a apresenta bem individualizada é formada no início do período vegetativo por elementos longitudinais com paredes celulares finas e lúmens grandes (lenho primaveril) e elementos no fim do período, com paredes muito espessas e lúmens reduzidos (lenho outonal) (GOMES, 1957).

A identificação da camada anual do anel de crescimento sucede para o exterior com uma zona clara que determina o início do período vegetativo, denominado lenho primaveril; logo após, uma transição suave para uma coloração escura, é denominada de formação intermediária, e, por fim, uma zona densa e escura denominada lenho outonal; o fim do período vegetativo é caracterizado por um final abrupto do lenho outonal (RICHTER & BURGER, 1978; citado por ESBELÃO, 2008).

Normalmente, em zonas de clima temperado, os anéis de crescimento representam o incremento anual da árvore. Em locais onde as condições climáticas se mantêm constantes durante grande parte do ano, os anéis de crescimento são pouco evidentes, dependendo, obviamente, das características próprias da espécie (GARCIA *et al.*, 1996; citado por TONINI, 2000).

Em termos gerais, o estudo dos anéis de crescimento nas gimnospérmicas é mais simples do que nas angiospérmicas pelo facto de as primeiras se caracterizarem por uma forma de crescimento relativamente simétrica, ramificação monopodial e por troncos

aproximadamente cilíndricos ou cónicos, enquanto as últimas frequentemente apresentam crescimento simpodial, troncos assimétricos e contrafortes. Nas gimnospérmicas ocorre, geralmente, uma transição gradual do lenho primaveril para o lenho outonal (em *Pinus taeda* L., por exemplo) e uma transição abrupta do lenho outonal para o lenho primaveril do período seguinte (ECKSTEIN *et al.*, 1980; citado por MUNHOZ, 2011).

STOKES & SMILEY (1968) citados por SANTOS (2006), relatam que a presença de uma coloração escura nos anéis do lenho primaveril caracteriza os chamados falsos anéis de crescimento ou duplos anéis. Este facto causa uma complicação na determinação da idade da árvore, bem como na mensuração do crescimento, onde, num período de um ano são contados dois ou mais pares de anéis.

A actividade do câmbio, porém, não é contínua no tempo nem no espaço. Pode ocorrer generalizadamente na árvore toda em determinadas épocas e, em outras – como durante as secas, por exemplo – pode ser localizada, causando a ausência de anéis ao longo do fuste, dificultando a datação deste (KRAMER & KOZLOWSKI, 1979).

Segundo DÉTIENNE (1989) citado por MATTOS (1999), a presença de falsos anéis, ou ausência dos anéis de crescimento, traz em geral, uma certa imprecisão na avaliação da idade. A presença de falsos anéis pode induzir a uma avaliação super estimada, enquanto os anéis ausentes podem levar a subestimava da idade.

2.6. Análise de tronco (ANATRO)

A análise de tronco é uma técnica que possibilita o registo do crescimento passado de uma árvore através da medição dos seus anéis de crescimento (HUSCH *et. al.*, 1982 citado por SANTOS, 2006).

A ANATRO pode ser completa ou parcial. No primeiro caso a árvore é abatida e dela retirado um determinado número de fatias ao longo do tronco. Quando a árvore não for abatida, retirando-se apenas um rolo de incremento trata-se da análise de tronco parcial (FINGER, 1992).

NAGEL & ATHARI (1982) citados por SANTOS (2006) consideram a ANATRO uma importante fonte de dados para as seguintes linhas de pesquisa:

- Investigação sobre a reacção do crescimento em relação a factores ambientais (biótico, abiótico) e ao manejo do povoamento (adubação, poda e desbaste);
- Avaliação das alterações de forma em função de factores mencionados no item anterior;
- Sincronização das medidas dos anéis de crescimento e determinação do número de anéis ausentes como indicadores do grau de danos sofridos pelas árvores;
- Elaboração de modelos de produção.

2.6.1. Análise de tronco completa

A técnica de análise de tronco completa consiste na contagem e medição dos anéis de crescimento em diversas secções a diferentes alturas (HUSCH *et al.*, 1982; citado por SANTOS, 2006), obtendo relações entre as variáveis de interesse e idade, permitindo acessar as taxas médias de incremento (CHATURVEDI & KHANNA, 1982).

A inexistência de uma metodologia única para a análise de tronco completa fez com que surgissem diversas alternativas para obtenção dos dados. Ciente deste problema, BARUSSO (1977) apresentou um método completo para análise de tronco, relacionando todas as etapas, que vão desde a escolha da árvore ao ajuste dos modelos matemáticos.

2.6.1.1. Colecta e preparação das fatias

A análise de tronco completa inicia com a determinação da árvore a ser abatida. Esta deve ser representativa da população como, por exemplo, aquela correspondente à árvore de diâmetro médio ou de altura dominante (Hdom), utilizada para classificação do sítio (FINGER, 1992). Pode-se, ainda, obter amostras que representem toda distribuição diamétrica (SPURR, 1952; citado por SANTOS, 2006).

Previamente à derruba faz-se uma marcação no fuste à altura do DAP (1,30 m). Após o abate faz-se o desgalhamento e fixa-se a trena, fazendo coincidir 1,30 m com a marcação

no fuste. Em seguida procede-se à marcação dos pontos de corte das secções (BARUSSO, 1977).

BARUSSO (1977) recomenda retirar as fatias a 0,0 m, 0,3 m, 1,0 m, 1,3 metros e as demais entre os nós.

As alturas de retirada das fatias a 0,0 m e 1,3 m são consideradas fixas devido à base (0,0 m) representar a idade real e o maior diâmetro da árvore e a altura de 1,30 m permitir a obtenção de dados sobre a dinâmica de DAP, área transversal e factor de forma (FINGER, 1992).

Além disso, é necessário retirar fatias intermediárias com o objectivo de detectar as mudanças na base da árvore. As demais fatias são cortadas entre os nós, para evitar interferência destes nas medições dos anéis (FINGER, 1992).

BARUSSO (1977) relata que a distância de retirada das fatias acima de 1,30 m vai depender do objectivo da análise de tronco, da espécie em questão e, também, do aproveitamento posterior da árvore derrubada (para serração, laminação, celulose, resíduo). FINGER (1992) recomenda uma distância de 1 a 2 metros para que não haja perda da precisão.

ROSOT *et al.* (1993) estudaram o crescimento e produção de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., retirando fatias à altura de 0,0 m; 0,3 m; 0,7 m; 1,3 m e as demais entre verticilos ou a cada 1 metro.

SCHEEREN (1998), estudando efeitos das propriedades químicas do solo e da copa no crescimento e produção da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze, obteve fatias nas alturas de 0,1 m; 0,5 m; 1,3 m e, acima disto, a cada 2,0 m de altura até o diâmetro limite de 5 cm.

Essas secções devem ser identificadas, transportadas a um laboratório e secadas à sombra para evitar rachaduras. Para uma melhor identificação dos anéis de crescimento, após

secas as fatias devem ser lixadas em sua face superior e, se necessário, utilizar produtos químicos para tornar os anéis mais distintos (BARUSSO, 1977).

2.6.1.2. Marcação e medição dos raios

A marcação dos anéis é feita sobre raios traçados manualmente com auxílio de uma régua e lápis a partir da medula em direção à casca, onde as medidas permitem uma estimativa dos incrementos anuais (FINGER, 1992).

A escolha do número de raios a serem medidos, bem como a sua disposição nas fatias varia em relação a cada autor (ROSOT, 2002).

HUSCH *et al.* (1982) citado por SANTOS (2006), recomenda a medição de apenas um raio médio de cada secção. Depois de definido, uma linha com o auxílio de um lápis e régua é traçada do centro da árvore à extremidade; a contagem dos anéis é feita no sentido da medula para a casca e a medição dos raios é feita no sentido casca - medula, sendo registadas as distâncias do centro da secção até os limites dos anéis.

BARUSSO (1977), com auxílio de um compasso fixado no centro de secções de *Pinus sp.*, definiu o maior raio e marcou no sentido anti-horário, sete raios adicionais, num ângulo de 45° entre si, totalizando oito raios. Investigando a melhor combinação do número e disposição dos raios de forma a obter um valor médio próximo ao obtido por um planímetro, o autor recomendou a medição de quatro raios que formam um ângulo de 90° entre si, partindo do maior raio e os demais no sentido anti-horário.

SIOSTRZONEK (1958) & WEISE (1987) citados por SANTOS (2006), chegaram a resultados similares num estudo sobre os erros na obtenção de áreas transversais de fatias do fuste em relação ao número e localização dos raios e a forma do cálculo da média. Ambos salientaram que os menores erros em relação à área transversal real são obtidos quando se emprega a média quadrática de oito raios, com ângulo de 45° entre si, independentemente de sua orientação sobre a fatia.

2.7. Novas tendências da análise de tronco

Há diversos métodos para a medição dos anéis de crescimento na análise de tronco completa, porém, segundo ROSOT (2002), existe uma tendência em se adoptar sistemas que possuam interface electrónica com um microcomputador, que funciona como um gravador e editor de dados. Pretende-se, com isso, tornar esta metodologia — considerada laboriosa — mais ágil e de fácil aplicação, obtendo-se resultados mais rápidos, principalmente nas colectas das fatias e medição dos anéis de crescimento.

BIGING & WENSEL (1984) relatam que houve várias tentativas bem sucedidas de métodos que simplificaram a obtenção dos números e medições dos anéis de crescimento na análise de tronco. Visando reduzir o tempo necessário para obter as medições.

DOUGLASS (1919), citado por ROSOT (2002), utilizou plástico transparente para obter as dimensões dos anéis de crescimento no campo.

Diversos pesquisadores (BARUSSO, 1977; CHYO *et al.*, 1982; NOGUEIRA, 1989; ROSOT *et al.*, 1993; SCHEEREN, 1998; GERHARD, 2001; ROSOT, 2002) utilizaram o método mais tradicional para medir os raios já definidos nas fatias, empregando régua transparente com auxílio de uma lupa, colocada sobre a fatia e fazendo coincidir o zero da régua com a medula; os comprimentos dos raios para cada anel considerado eram lidos directamente.

ROSOT (2002) cita no seu trabalho diversos sistemas electrónicos desenvolvidos principalmente para a dendrocronologia, que é a ciência que estuda a sequência cronológica de anéis de crescimento com o objectivo de datar eventos.

Um dos primeiros sistemas mecânicos consistia em um microscópio montado sobre uma plataforma que podia ser deslocada ao longo do material a ser medido, de forma que um marcador ocular passasse visualmente sobre o lenho primaveril do anel até a margem externa do lenho outonal no mesmo anel; o deslocamento do microscópio ficava registado num mostrador (STOKES & SMILEY, 1968; citado por SANTOS, 2006).

GRAHAM (1980) desenvolveu um equipamento conhecido como Addo-X, semelhante ao citado anteriormente, porém o deslocamento era feito pela plataforma motorizada e os resultados dos anéis eram automaticamente registados em uma calculadora mecânica e uma perfuradora de cartões IBM 029 cada vez que se pressionava um botão, onde o microscópio ficava fixo a uma base obtendo um erro de 0,001 mm.

LIU (1985) cita o sistema Tree — Ring Scanner, construído em 1982 pelo departamento de Engenharia Florestal de Kentucky (Lexington, E. U. A.), constituído por um sistema de *hardware* e um sistema de *scanner* que possuía três dispositivos, onde o primeiro servia para mover a amostra ao longo do eixo *x*, *y* e *z* (rotação em torno do eixo); o segundo era o de imagem que consistia em um microscópio com *zoom* de projecção estereoscópica, iluminador e câmara e; o terceiro era um mostrador digital, onde eram visualizadas as medições efectuadas, que podiam ser transmitidas directamente para o computador apertando-se um botão.

O programa TSAP (*Time Series Analysis Program*), desenvolvido por Frank Rinn e Siegwad Jaekel, efectua medições, manipulação de banco de dados e apresentação de séries temporais de anéis de crescimento. Trabalha associado ao equipamento LINTAB que consiste numa plataforma com mesa móvel onde é colocada a fatia, além de uma pequena manivela para movimentar a mesa. Com o auxílio de lupa o operador determina o limite dos anéis ao longo do(s) raio(s) seleccionado(s), sendo que o deslocamento da plataforma que contém o disco equivale à largura do anel. Esse valor é automaticamente registado e armazenado para cálculos posteriores pressionando-se o botão de um dispositivo electrónico conectado ao computador e ao equipamento de medição. Com a evolução dos equipamentos electrónicos, o uso das fotografias está sendo difundido em vários sectores da ciência. Na análise de tronco completa a sua utilização pode eliminar a fase de transporte do material ao laboratório, a secagem e a preparação das fatias para medição, tornando o método mais ágil (ROSOT, 2002).

BIGING & WENSEL (1984), utilizaram uma câmara fotográfica de 35 mm com filme colorido para obter fotografias a campo de secções de coníferas para análise de tronco.

As transparências fotográficas foram escanizadas e projectadas em tela com aumento de 20 vezes, onde o operador delimitava os limites dos anéis.

GOELZ & BURK (1987) utilizaram uma câmara fotográfica de 35 mm com filme colorido e pancromático para obter fotografias de secções de *Picea abies* e *Abies balsamea* numa casa de vegetação com 11% de luz incidente. Os resultados mostraram-se satisfatórios para medição dos anéis de crescimento quando comparados com a medição manual.

ROSOT (2002) propôs analisar e comparar procedimentos de obtenção de área transversal para análise de tronco, usando técnicas fotográficas e processamento digital de imagens, estabelecendo uma metodologia para efectuar mapeamento de secção transversal em ambiente de geoprocessamento, associando informações gráficas e alfanuméricas de anéis de crescimento.

2.8. Utilização da ANATRO no estudo de crescimento e produção

Diversos autores têm utilizado a análise de tronco para estimar e avaliar o crescimento de espécies florestais, tanto em florestas naturais como em plantações florestais.

NOGUEIRA (1989) estudou o crescimento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em florestas naturais que sofreram cortes selectivos, utilizando a técnica de análise de tronco em árvores com 3 tipos diferentes de copas.

CHYO *et al.* (1982) executou análise de tronco de uma *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. nativa de 160 anos no Brasil e constatou que, apesar da idade do pinheiro fosse de 160 anos, ainda continuava o processo de crescimento em volume.

SCHEEREN (1998) utilizou a técnica de análise de tronco ANATRO para o estudo dos efeitos dos elementos químicos do solo e da copa no crescimento em altura de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. na região de Canela – RS; colectou fatias de árvores de altura dominante, reconstruindo a evolução destas alturas, para comparação dos sítios definidos através de características naturais com sítios definidos através destas alturas dominantes.

ROSOT *et al.* (1993) elaboraram tabelas de produção para *Pinus taeda* L. em Manica, utilizando dados de análise de tronco de 24 árvores distribuídas ao longo das classes diamétricas definidas em relação à média e o desvio padrão.

2.9. O factor de forma (ff)

Quando se necessita determinar a valia dos recursos florestais disponíveis num povoamento, a variável volume, com certeza, é uma das mais importantes variáveis a ser apreciada. E para se calcular o incremento em volume de uma árvore, deve-se levar em consideração o crescimento em área transversal, altura e o desenvolvimento do factor de forma. A estimativa de volumes total ou parcial de árvores conforme PÉLLICO NETTO (1980) pode ser formalizada através de vários processos, dentre estes, encontra-se o factor de forma.

Conceitua-se factor de forma, segundo SILVA (1977) & FINGER (1992), como sendo um factor de redução do volume do cilindro para o volume real da árvore; este deve ser multiplicado pelo volume do cilindro para, então, se obter o volume real da árvore.

O factor de forma, conforme PRODAN *et al.* (1997), pode ser real ou verdadeiro, e falso ou artificial, dependendo da altura que for medido o diâmetro do cilindro de referência. Dessa maneira, se o diâmetro do cilindro de referência for medido em altura relativa, o factor de forma será denominado real ou verdadeiro. E caso seja medido a uma altura absoluta, o factor de forma denominar-se-á falso ou artificial.

SILVA (1977) & PRODAN *et al.* (1997) citam que o factor de forma artificial num povoamento depende de factores genéricos e de factores mensuráveis. Os factores genéricos como a espécie, idade do povoamento, qualidade do sítio e densidade do povoamento podem ter certa dificuldade de se determinar e de se comprovar. Já os factores mensuráveis como diâmetro, altura, tamanho da copa são mais facilmente mensuráveis dentro do povoamento. Devido a isso, na prática e cientificamente, o factor de forma é expresso em função dos factores mensuráveis.

A determinação do factor de forma artificial ou natural se constitui numa importante prática, quando se pretende estimar volume individual de árvores.

CAMPOS *et al.* (1984), ao estudarem a variação da forma do tronco de *P. taeda* L. com a intensidade de desrama artificial e posição das árvores que sofreram este trato cultural, concluíram que não ocorre diferença na forma das árvores desramadas em diferentes níveis e nem entre as árvores situadas em diferentes posições sociológicas.

Estudos realizados por MONTAGNA *et al.* (1993) em *Pinus elliottii* var. *elliottii*, concluíram que o factor de forma é crescente com o aumento da intensidade da desrama.

III. MATERIAL & MÉTODOS

3.1. Descrição da área de estudo

A floresta de Inhamacari situa-se na localidade de Machipanda no distrito de Manica província do mesmo nome na região centro de Moçambique. Esta faz fronteira com a República do Zimbabué numa extensão de 6 km. Geograficamente, localiza-se entre as latitudes 18° 50' de latitude Sul e 32° 52' de longitude Este. Topograficamente a floresta encontra-se numa zona planáltica a uma altitude compreendida entre 400 a 1000 m (FAO, 1984).

Segundo GUACHA (2003), a floresta de Inhamacari pertence ao Departamento de Engenharia Florestal (DEF) da Universidade Eduardo Mondlane (UEM). Ocupa uma área aproximadamente igual a 994 hectares, dos quais 498 hectares correspondem a floresta nativa e 496 hectares estão destinados a plantações.

Os solos dominantes na plantação são vermelhos a castanhos, arenosos a argilosos, óxidos de textura média e dístricos. São de fácil erosão e baixa retenção de água, sendo pobres para agricultura. Por isso são utilizados para florestas, estas são mais resistentes a erosão e mais tolerantes a seca relativamente às culturas agrícolas (CHAMBA, 1994).

O mesmo autor relata que a precipitação média anual varia entre 1200 a 1600 mm/ano, a temperatura máxima do mês mais quente (Outubro) chega a atingir 30,9°C e a mínima do mês mais frio (Julho) chega até 7,3°C, com uma média anual de 21,1°C.

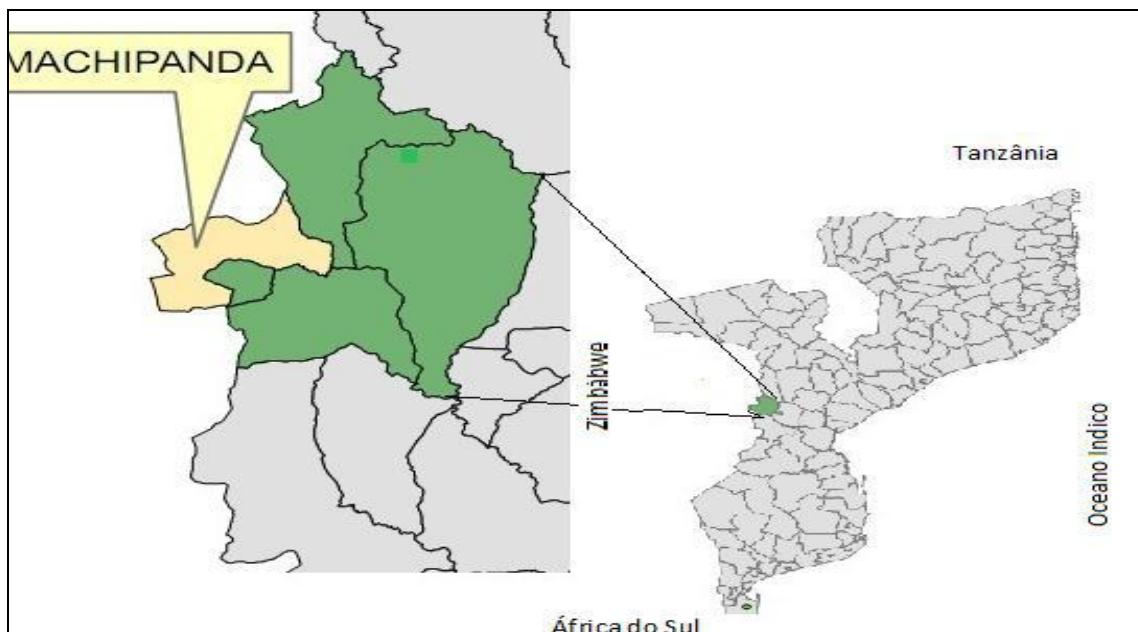


Figura 2 — Localização da área de estudo (Fonte: <http://www.dsr.inpe.br>)

3.2. Selecção das árvores — amostra

Para o estudo dos anéis de crescimento, foram seleccionadas aleatoriamente quatro árvores do estrato dominante com fuste recto, livres de pragas e doenças e que até ao momento da realização do estudo não haviam sofrido nenhuma intervenção silvicultural por exemplo, o debaste e o desrame.

3.3. Colecta de dados no campo

Uma vez seleccionada a árvore, foi medido o DAP com uma suta e a altura total por observação directa. A seguir procedeu-se o abate e desgalhamento da árvore com auxílio de uma motosserra até a altura comercial. Após o abate e desgalhamento, procedeu-se o seccionamento da árvore a 0,0; 0,4 m; 0,7 m; 1,0 m; 1,3 m para a obtenção de fatias. A partir da altura do DAP, a árvore foi seccionada de 1.0 em 1.0 m ou entre os verticilos até ao limite de diâmetro de 5cm. No total foram obtidas quarenta fatias. A espessura dos discos foi de 8 cm.

Após o seccionamento, cada fatia recebeu uma etiqueta de identificação, colada na porção inferior, onde constavam o número da árvore e o número da fatia.

Finalmente, as fatias foram deixadas ao ar livre num local parcialmente coberto e bem ventilado durante 18 dias com as mesmas na posição vertical para melhor ventilação em ambas as faces de modo a facilitar a secagem (figura 3).



Figura 3 — Fatias de *Pinus taeda* L. *in natura* acondicionadas para secagem

3.4. Marcação e medição dos raios

Depois da secagem a face de medição de cada fatia foi lixada, inicialmente com lixas mais grossas e, depois, progressivamente, com lixas mais finas.

Apoiando-se na metodologia de BARRUSSO (1977), determinou-se o maior raio de cada fatia colocando-se a ponta seca de um compasso sobre a medula. A localização desse raio foi marcada com lápis sobre a face de medição. Prolongando-o em linha recta sobre a medula, marcou-se outro raio e, em seguida, mais dois, perpendiculares a este.

Usando-se uma régua comum (figura 3), foram medidos os comprimentos dos raios e a sua média foi plotada na fórmula da área do círculo (fórmula 01) gerando estimativas de áreas transversais correspondentes a cada anel.

$$AT = \pi \cdot \bar{R}^2 \quad (01)$$

Onde:

AT = área transversal (m²)

R = comprimento do raio médio (m)

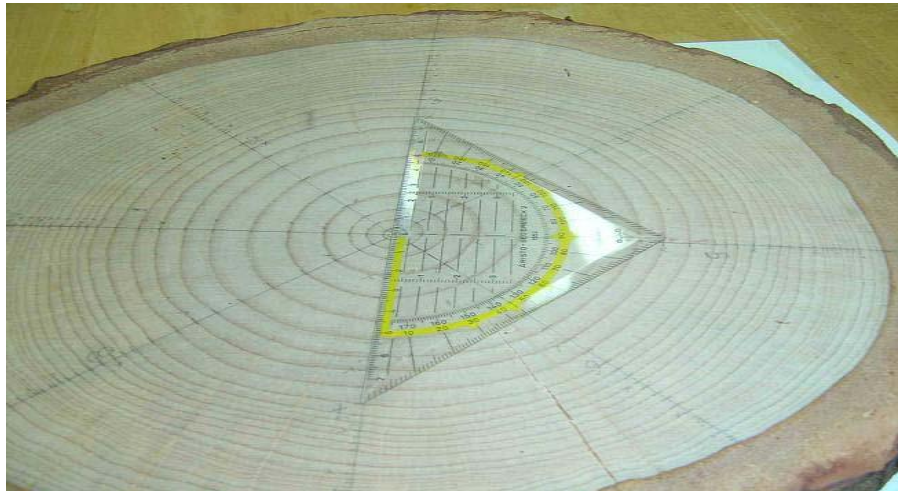


Figura 4 — Marcação e numeração de raios na fatia.

Os raios médios assim obtidos, foram usados também para se estimar as alturas totais a cada idade com base no método do paralelismo ao anel imediatamente anterior (BARUSSO, 1977) a partir da expressão:

$$h = \frac{p \cdot H}{l}, \text{ em que} \quad (02)$$

$$l = d - x$$

Onde:

H = comprimento da secção

h = altura do término do anel

d = comprimento do penúltimo raio da fatia inferior

p = comprimento do último raio da fatia inferior

x = comprimento do último raio da fatia superior

Foi possível calcular, para cada fatia, a idade da árvore associada a cada anel através da expressão:

$$[\text{Idade}] = 28 - [\text{ID}] + 1 \quad (03)$$

Onde:

28 = idade total da árvore utilizada na ANATRO

[ID] = coluna contendo a identificação dos anéis, numerados em ordem crescente da casca para a medula.

Os volumes totais das secções sem casca por idade e por fatia foram calculados pelo método de Smalian:

$$V = \frac{G_b + G_t}{2} \cdot L \quad (04)$$

Onde:

V = volume do toro (m³)

G_b = área basal da base do toro (m²)

G_t = área basal do topo do toro (m²)

L = comprimento do toro (m)

O incremento médio anual (IMA) do DAP para cada fatia foi facilmente calculado a partir da multiplicação dos dados do raio médio por 2 e posterior divisão pela idade, a partir da expressão:

$$IMA = \frac{2\bar{R}}{Idade} \quad (05)$$

Para os restantes parâmetros, o IMA foi calculado dividindo-se o valor do parâmetro à idade considerada pela sua respectiva idade, com base na expressão:

$$IMA = \frac{Y_t}{t_o} \quad (06)$$

Onde:

IMA = incremento médio anual

to = idade a partir do tempo zero

O incremento corrente anual de todos os parâmetros analisados (DAP, altura, e volume) foi calculado através da diferença consecutiva entre o valor final e inicial da variável considerada, a partir da expressão:

$$ICA = Y_{(t+1)} - Y_{(t)} \quad (07)$$

Onde:

ICA = incremento corrente anual

Y = dimensão da variável considerada

3.5. Estimação do factor de forma (ff)

As quatro árvores usadas para a análise de tronco foram consideradas para a estimacão do factor de forma uma vez que foram rigorosamente cubadas para o efeito.

Assim, em cada árvore-amostra foram realizadas determinacões de diâmetro sem casca e altura do fuste a cada idade. A partir dos dados médios de altura e diâmetro das quatro árvores calculou-se a área transversal e volume por idade que permitiram estimar o factor de forma a partir da expressão:

$$ff_j = \frac{V}{W_j} \quad (08)$$

Onde:

ff_j = factor de forma artificial

W_j = volume de um cilindro de diâmetro d_j e altura h (m³)

V = volume rigoroso (m³)

3.6. Estruturação da tabela de crescimento e produção

Os dados de DAP, altura e volume para cada ano desde o início do plantio até a data de colecta de dados em 2010, foram obtidos através da reconstituição do crescimento passado pela técnica de análise de tronco completa.

Considerando cada árvore separadamente, as estimativas obtidas em termos de diâmetro, altura e volume a cada idade, foram somadas e divididas pelo número de árvores resultando numa árvore média.

Utilizando-se os dados médios, elaborou-se uma tabela de crescimento e produção relativa ao desenvolvimento do diâmetro, altura, área transversal, volume e factor de forma em função da idade.

3.7. Processamento dos dados

Os dados dos principais parâmetros dendrométricos analisados foram processados usando as fórmulas acima descritas que permitiram caracterizar o crescimento e incremento bem como a construção de tabela de crescimento e produção. Para calcular a magnitude desses parâmetros, recorreu-se ao pacote Excel 2003.

IV. RESULTADOS & DISCUSSÃO

4.1. Crescimento de *Pinus taeda* L. em Inhamacari

No estudo do crescimento e produção de *Pinus taeda* L. através da ANATRO resultou na formulação das tabelas 1, 2 e 3 referentes ao crescimento em diâmetro, altura e volume e seus respectivos IMA e ICA em função da idade permitindo a obtenção das respectivas curvas de crescimento e incremento.

4.1.1. Crescimento em diâmetro em função da idade

Os resultados da ANATRO para estimar o crescimento em diâmetro em função da idade, a partir do total de dados amostrados, encontram-se discriminados na tabela 1.

Tabela 1 — Incremento médio e corrente anual em diâmetro de *P. taeda* L.

| IDADE (anos) | DAP (cm*ár ^{v-1}) | IMA (cm*ár ^{v-1} *ano ⁻¹) | ICA (cm*ár ^{v-1} *ano ⁻¹) |
|--------------|-----------------------------|--|--|
| 1 | 0.07 | 0.0700 | 0.070 |
| 2 | 0.3 | 0.1500 | 0.230 |
| 3 | 0.69 | 0.2300 | 0.390 |
| 4 | 1.23 | 0.3075 | 0.540 |
| 5 | 1.91 | 0.3820 | 0.680 |
| 6 | 2.74 | 0.4567 | 0.830 |
| 7 | 3.69 | 0.5271 | 0.950 |
| 8 | 4.74 | 0.5925 | 1.050 |
| 9 | 5.88 | 0.6533 | 1.140 |
| 10 | 7.04 | 0.7040 | 1.160 |
| 11 | 8.34 | 0.7582 | 1.300 |
| 12 | 9.62 | 0.8017 | 1.280 |
| 13 | 10.9 | 0.8385 | 1.280 |
| 14 | 12.18 | 0.8700 | 1.280 |
| 15 | 13.43 | 0.8953 | 1.250 |
| 16 | 14.65 | 0.9156 | 1.220 |
| 17 | 15.82 | 0.9306 | 1.170 |
| 18 | 16.95 | 0.9417 | 1.130 |
| 19 | 18.02 | 0.9484 | 1.070 |
| 20 | 19.04 | 0.9520 | 1.020 |
| 21 | 20 | 0.9524 | 0.960 |
| 22 | 20.9 | 0.9500 | 0.900 |
| 23 | 21.74 | 0.9452 | 0.840 |

| | | | |
|----|--------------|---------------|--------------|
| 24 | 22.53 | 0.9388 | 0.790 |
| 25 | 23.26 | 0.9304 | 0.730 |
| 26 | 23.95 | 0.9212 | 0.690 |
| 27 | 24.58 | 0.9104 | 0.630 |
| 28 | 25.17 | 0.8989 | 0.590 |

Com os dados de diâmetro médio disponíveis na tabela acima, estimou-se o crescimento médio em diâmetro em função da idade, representado na figura 5.

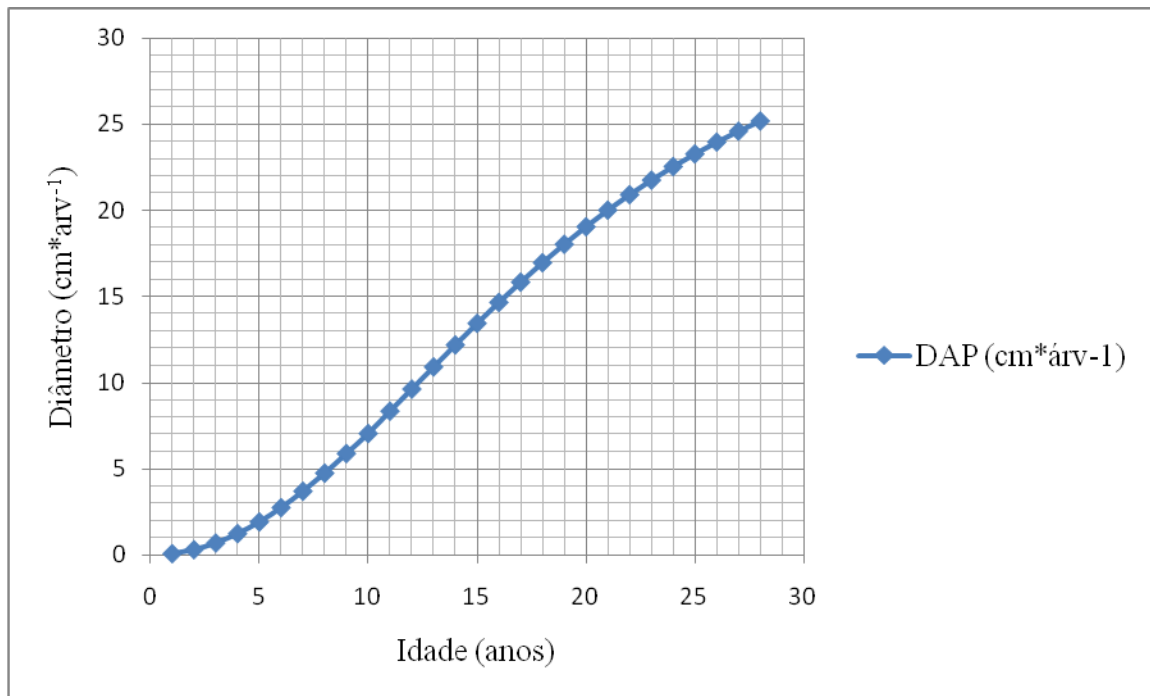


Figura 5 — Crescimento em diâmetro em função da idade

Na figura 5, observa-se o padrão sigmoidal do crescimento em diâmetro, o qual aumenta lentamente no início, depois rapidamente e após a taxa de crescimento vai diminuindo. Nota-se que a curva tende ao início da assíntota, aos 28 anos, indicando a maturidade, que segundo ODUM (1988), é o limite superior de crescimento, além do qual não ocorre nenhum aumento importante. Essa assíntota superior é chamada de capacidade máxima de suporte.

Para completar a análise do crescimento, foram calculados o incremento médio anual (IMA) e o incremento corrente anual (ICA) em diâmetro para a espécie, representado na tabela 1.

Com os incrementos médio e corrente anual por idade, foi gerada a figura 6, onde se observa que o máximo incremento médio anual em diâmetro ocorreu aos 21 anos ($IMA \max \approx 0,96 \text{ cm} \cdot \text{árv}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$), quando interceptou a curva de incremento corrente anual, indicando ser esta a idade aproximada de maximização do crescimento em diâmetro. Nesta idade, recomenda-se fazer o corte da árvore ou da floresta pois ao longo de várias rotações florestais estar-se-á, em média, a obter o máximo crescimento em diâmetro.

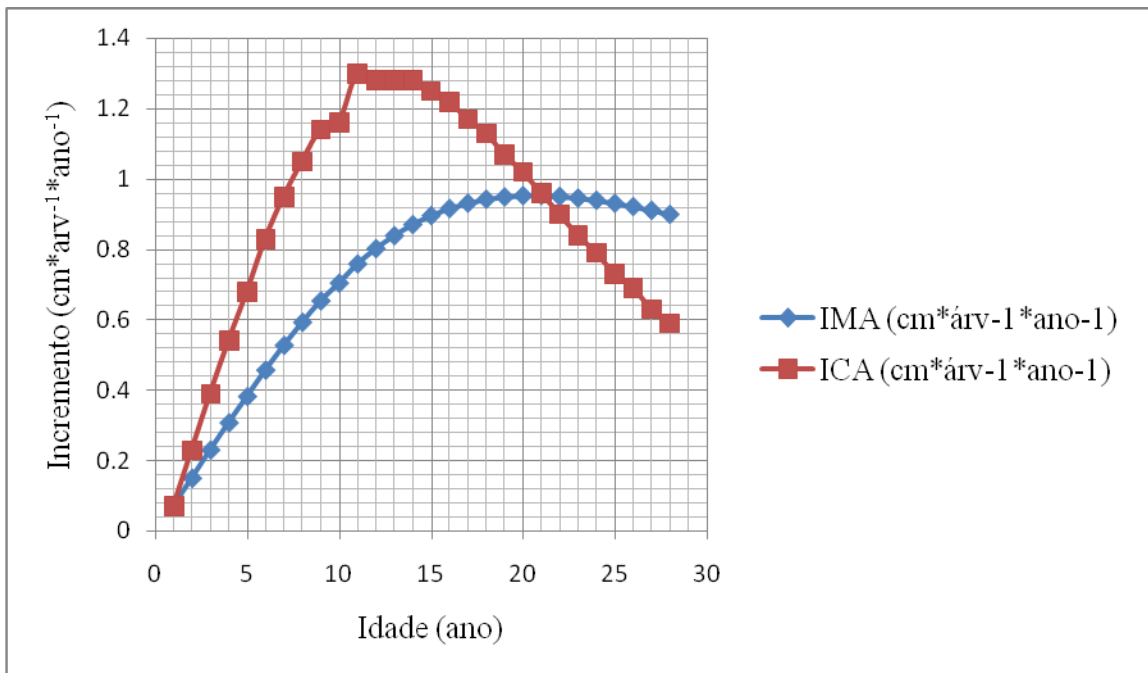


Figura 6 — IMA e ICA em diâmetro de *P. taeda* L. em função da idade

4.1.2. Crescimento em altura em função da idade

Os resultados da ANATRO para estimar o crescimento em altura em função da idade, a partir do total de dados amostrados, encontram-se discriminados na tabela 2.

Tabela 2 — Incremento médio e corrente anual em altura de *P. taeda* L.

| IDADE (anos) | H (m*árv⁻¹) | IMA (m*árv⁻¹*ano⁻¹) | ICA (m*árv⁻¹*ano⁻¹) |
|---------------------|-------------------------------|--|--|
| 1 | 0.05 | 0.0500 | 0.050 |
| 2 | 0.21 | 0.1050 | 0.160 |
| 3 | 0.47 | 0.1567 | 0.260 |
| 4 | 0.84 | 0.2100 | 0.370 |
| 5 | 1.32 | 0.2640 | 0.480 |
| 6 | 1.88 | 0.3133 | 0.560 |
| 7 | 2.52 | 0.3600 | 0.640 |
| 8 | 3.23 | 0.4038 | 0.710 |
| 9 | 3.99 | 0.4433 | 0.760 |
| 10 | 4.79 | 0.4790 | 0.800 |
| 11 | 5.61 | 0.5100 | 0.820 |
| 12 | 6.43 | 0.5358 | 0.820 |
| 13 | 7.24 | 0.5569 | 0.810 |
| 14 | 8.04 | 0.5743 | 0.800 |
| 15 | 8.82 | 0.5880 | 0.780 |
| 16 | 9.56 | 0.5975 | 0.740 |
| 17 | 10.27 | 0.6041 | 0.710 |
| 18 | 10.94 | 0.6078 | 0.670 |
| 19 | 11.56 | 0.6084 | 0.620 |
| 20 | 12.15 | 0.6075 | 0.590 |
| 21 | 12.7 | 0.6048 | 0.550 |
| 22 | 13.2 | 0.6000 | 0.500 |
| 23 | 13.67 | 0.5943 | 0.470 |
| 24 | 14.11 | 0.5879 | 0.440 |
| 25 | 14.51 | 0.5804 | 0.400 |
| 26 | 14.87 | 0.5719 | 0.360 |
| 27 | 15.21 | 0.5633 | 0.340 |
| 28 | 15.52 | 0.5543 | 0.310 |

Com estes dados, estimou-se o crescimento médio em altura em função da idade, representado na figura 7. Observa-se que as árvores tiveram um padrão de crescimento sigmoidal, o qual aumenta lentamente no início, depois mais rapidamente e após a taxa de crescimento vai diminuindo. Este crescimento em altura tende ao início da assíntota aos 28 anos, indicando a maturidade, que é o limite superior além do qual não ocorre aumento significativo.

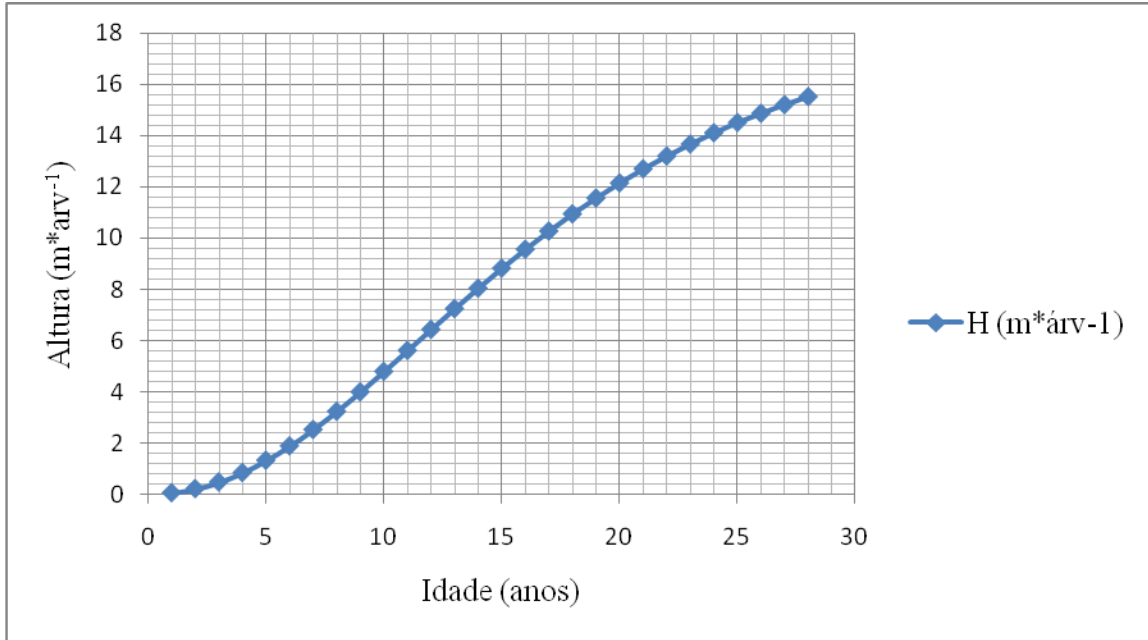


Figura 7 — Crescimento em altura de *P. taeda* L. em função da idade

Para complementar a análise de crescimento, foram calculados o incremento médio anual em altura (IMA) e o incremento corrente anual (ICA) para a espécie, na região fitogeográfica em estudo, apresentado na tabela 2.

Com os incrementos médios e corrente anuais por idade, foi gerada a figura 8, onde se observa que o máximo crescimento anual em altura ocorreu aos 19,5 anos ($IMA_{max} \approx 0,62m \cdot arv^{-1} \cdot ano^{-1}$), o que se observa pelo cruzamento das curvas de IMA e ICA, indicando ser esta a idade aproximada de maximização do crescimento em altura. É nesta idade que se recomenda fazer o corte da árvore ou da floresta pois ao longo de várias rotações florestais estar-se-á, em média, a obter o máximo crescimento em altura.

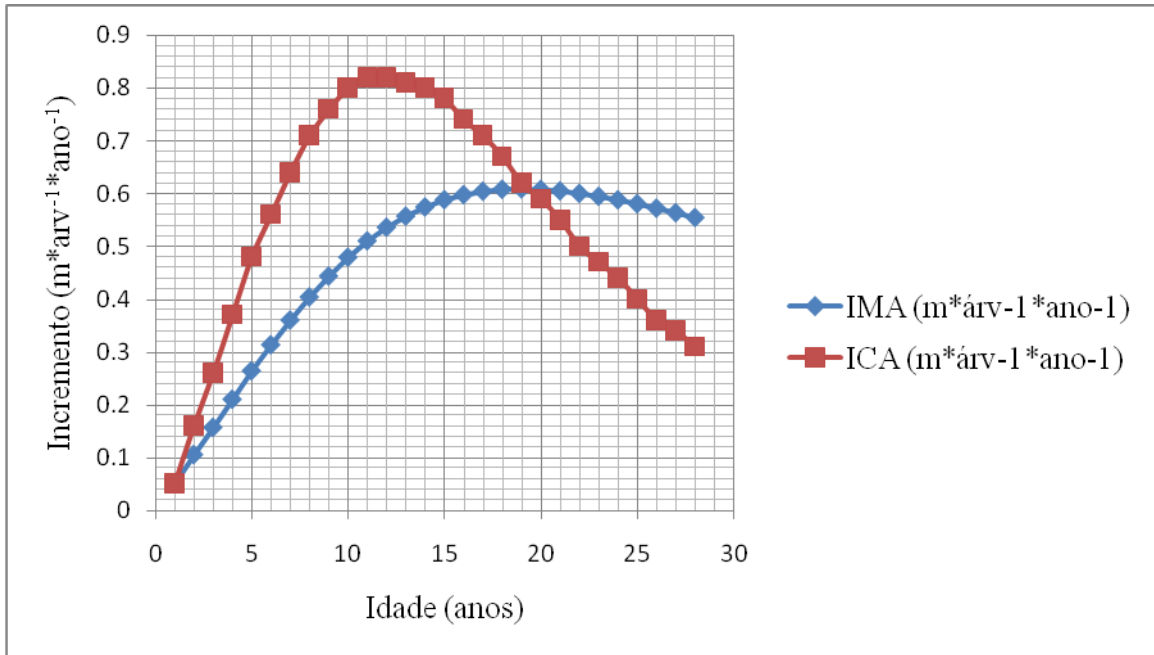


Figura 8 — IMA e ICA em altura de *P. taeda* L. em função da idade

4.1.3. Crescimento em volume em função da idade

Os resultados da ANATRO obtidos a partir do total de dados amostrados foram usados para estimar o crescimento em volume em função da idade e encontram-se na tabela 3.

Tabela 3 — Incremento médio e corrente anual em volume de *P. taeda* L.

| IDADE (anos) | VOL (m³*árv⁻¹) | IMA (m³*árv⁻¹*ano⁻¹) | ICA (m³*árv⁻¹*ano⁻¹) |
|--------------|----------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 3.6883E-09 | 3.6883E-09 | 3.6883E-09 |
| 2 | 1.16797E-06 | 5.83985E-07 | 1.1643E-06 |
| 3 | 2.13333E-05 | 7.1111E-06 | 2.0165E-05 |
| 4 | 0.0001 | 0.000025 | 7.8667E-05 |
| 5 | 0.0005 | 0.000100 | 0.0004 |
| 6 | 0.0014 | 0.000233 | 0.0009 |
| 7 | 0.0031 | 0.000443 | 0.0017 |
| 8 | 0.0058 | 0.000725 | 0.0027 |
| 9 | 0.0100 | 0.001111 | 0.0042 |
| 10 | 0.0159 | 0.001590 | 0.0059 |
| 11 | 0.0235 | 0.002136 | 0.0076 |
| 12 | 0.0322 | 0.002683 | 0.0087 |
| 13 | 0.0449 | 0.003454 | 0.0127 |
| 14 | 0.0587 | 0.004193 | 0.0138 |

| | | | |
|----|---------------|---------------|--------------|
| 15 | 0.0746 | 0.004973 | 0.0159 |
| 16 | 0.0925 | 0.005781 | 0.0179 |
| 17 | 0.1122 | 0.006600 | 0.0197 |
| 18 | 0.1338 | 0.007433 | 0.0216 |
| 19 | 0.1571 | 0.008268 | 0.0233 |
| 20 | 0.1818 | 0.009090 | 0.0247 |
| 21 | 0.2079 | 0.009900 | 0.0261 |
| 22 | 0.2351 | 0.010686 | 0.0272 |
| 23 | 0.2634 | 0.011452 | 0.0283 |
| 24 | 0.2925 | 0.012188 | 0.0291 |
| 25 | 0.3223 | 0.012892 | 0.0298 |
| 26 | 0.3527 | 0.013565 | 0.0304 |
| 27 | 0.3834 | 0.014200 | 0.0307 |
| 28 | 0.4144 | 0.0148 | 0.031 |

Conforme demonstrado na tabela 3 verifica-se que o volume é sempre crescente em qualquer idade. Nela pode-se verificar que o crescimento em volume até aos 28 anos é de $0,4144 m^3 \cdot arv^{-1}$, sendo $0,0148 m^3 \cdot arv^{-1} \cdot ano^{-1}$ e $0,031 m^3 \cdot arv^{-1} \cdot ano^{-1}$ de IMA e ICA respectivamente.

Ainda na tabela 3 se verifica que o volume é sempre crescente. Este é decorrente do maior diâmetro e altura das árvores, resultantes de melhores condições de crescimento. Graficamente, pode ser representado por meio da curva de crescimento em volume em função da idade ilustrado na figura 9.

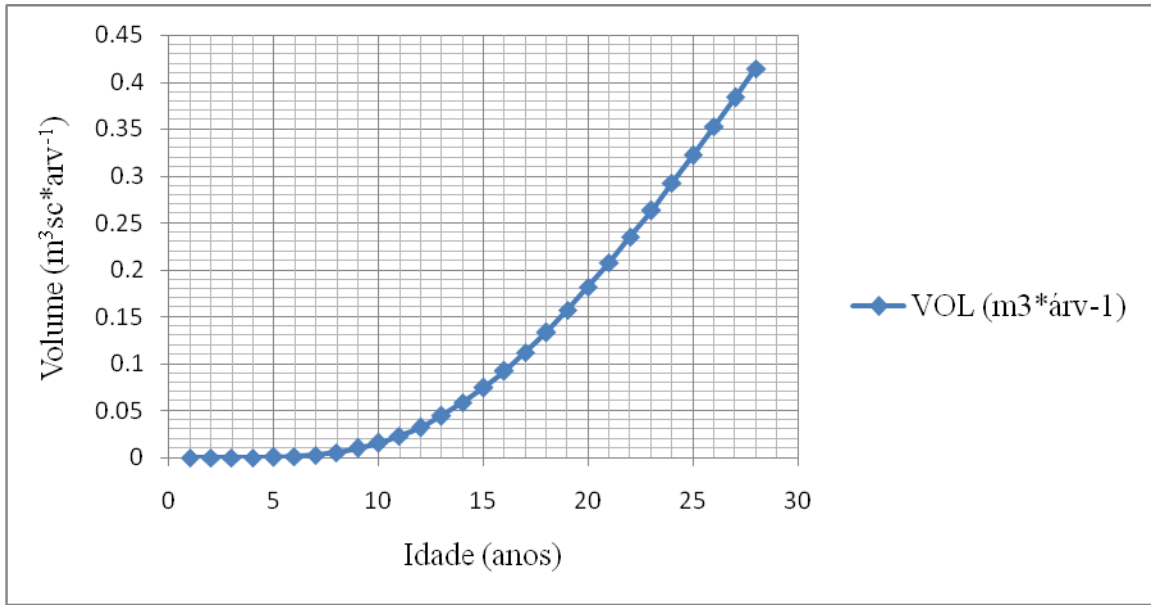


Figura 9 — Crescimento em volume de *P. taeda* L. em função da idade

Para completar a análise de crescimento, foi calculado o incremento médio anual e o incremento corrente anual em volume para a espécie na região em estudo, apresentado na tabela 2. Com os incrementos médios e corrente anuais por idade foi gerada a figura 10.

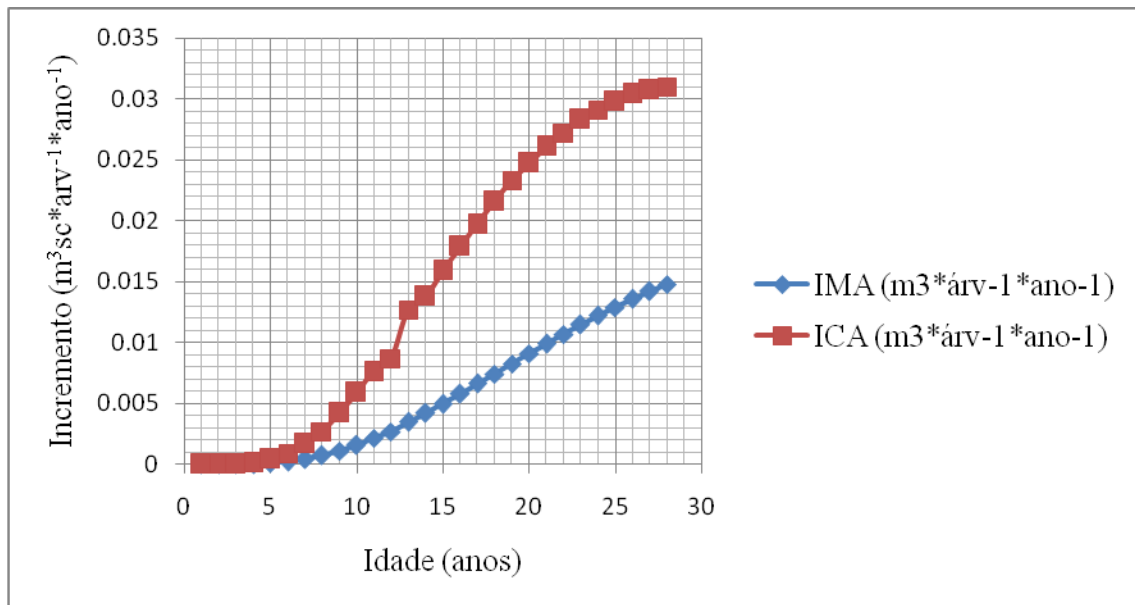


Figura 10 — IMA e ICA em volume de *P. taeda* L. em função da idade

As curvas de IMA e ICA em volume em função da idade representadas na figura 10 apresentam um comportamento distinto de crescimento até a idade de 28 anos não havendo cruzamento das curvas de IMA e ICA. Este facto pode ocorrer quando a espécie ainda se encontra em crescimento. Resultado semelhante foi obtido por CHYO *et al.* (1982) ao executar a análise de tronco de uma *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. de 160 anos de idade nativa do Brasil e constatou que ainda continuava o processo de crescimento em volume.

4.2. Factor de forma (ff)

Com os dados de altura, área transversal e volume, calculou-se os factores de forma correspondentes a cada idade ilustrados na tabela 4.

Tabela 4 — Desenvolvimento de factor de forma de *P. taeda* L. em função da idade

| | | | | | | | |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Idade (anos) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Factor de Forma | 0,796 | 0,890 | 0,509 | 0,445 | 0,426 | 0,427 | 0,421 |
| Idade (anos) | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Factor de forma | 0,434 | 0,45 | 0,461 | 0,476 | 0,486 | 0,498 | 0,508 |
| Idade (anos) | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| Factor de Forma | 0,516 | 0,405 | 0,391 | 0,377 | 0,363 | 0,349 | 0,335 |
| Idade (anos) | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |
| Factor de Forma | 0,321 | 0,307 | 0,294 | 0,208 | 0,266 | 0,252 | 0,238 |

A tabela 4 mostra que o factor de forma diminui a medida que os indivíduos vão atingindo idades mais avançadas sendo notório um decréscimo na ordem de 0,890 nos primeiros 2 anos até um valor de 0,208 quando os indivíduos já estão na idade de 25 anos. Esta tendência de decréscimo do factor de forma com a idade deve estar associada à falta de desrame ao longo da vida dos indivíduos que segundo MONTAGNA *et al.* (1993) ajudaria a espécie a se tornar mais cilíndrica e conseqüentemente aumentar o factor de forma.

A partir dos dados da tabela 4, foi ajustada uma curva característica que mostra a evolução do factor de forma ao longo do tempo representada pela figura 11.

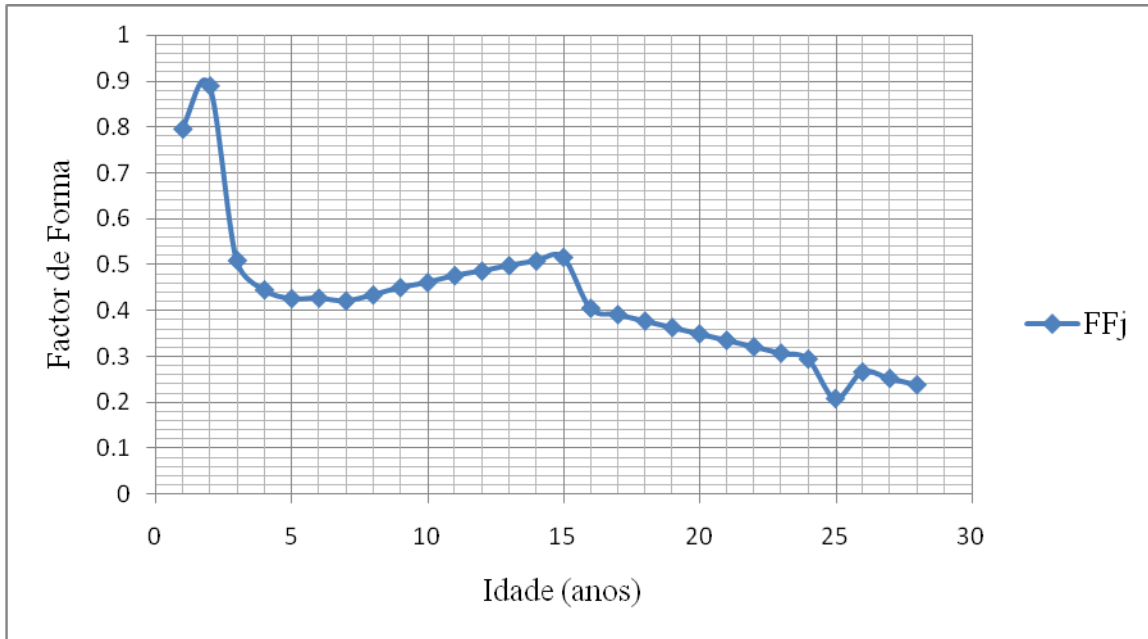


Figura 11 — Evolução do factor de forma de *P. taeda* L. ao longo do tempo

4.3. Estruturação da tabela de crescimento e produção

Através dos dados de análise de tronco foi elaborada uma tabela de crescimento e produção para o *P. taeda* L. com 28 anos de idade (tabela 5 do anexo 2). Nela pode se ver o desenvolvimento do diâmetro, altura média das árvores dominantes, da área basal e do volume total sem casca bem como os respectivos incrementos médio e corrente anuais e o factor de forma.

Com base na tabela 5, observa-se que a área transversal estimada foi de $0,026701 \text{ m}^2 \cdot \text{arv}^{-1}$ enquanto que o volume foi de $0,4144 \text{ m}^3 \cdot \text{arv}^{-1}$, na idade de 28 anos. Os incrementos médios anuais da área transversal e do volume foram $0,000954 \text{ m}^2 \cdot \text{arv}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ e $0,0148 \text{ m}^3 \cdot \text{arv}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ respectivamente.

Assumindo-se ausência de mortalidade e desbaste na floresta até a altura da colecta dos dados, era de esperar uma densidade de $N^{\circ} \cdot \text{arv} \cdot \text{ha}^{-1} = \frac{10000 \text{ m}^2}{2,7 \times 2,7 \text{ m}^2} \approx 1372 \text{ arv} \cdot \text{ha}^{-1}$ considerando um espaçamento inicial de 2,7mx2,7m.

Mediante a validade do pressuposto anterior, pode se inferir que a floresta de *P. taeda* L. de Inhamacari cresce em média em termos de área basal e volume por hectare $G \cdot ha^{-1} = 0,026701 \times 1372 \approx 36,63m^2 \cdot ha^{-1}$ e $Vol \cdot ha^{-1} = 0,4144 \times 1372 \approx 568,61m^3 \cdot ha^{-1}$ respectivamente. Assim, o incremento médio anual (IMA) por hectare por ano para

ambas variáveis seria de $G \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1} = \frac{36,63m^2 \cdot ha^{-1}}{28anos} \approx 1,31m^2 \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ e

$V \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1} = \frac{568,61m^3 \cdot ha^{-1}}{28anos} \approx 20,31m^3 \cdot ha^{-1} \cdot ano^{-1}$ respectivamente.

V. CONCLUSÕES

Os resultados da análise de crescimento dos parâmetros diâmetro, altura e volume em função da idade permitiram concluir que:

- O crescimento demonstrado pelo *Pinus taeda* L. no local de estudo segue um padrão de crescimento sigmoïdal ‘S’ para os parâmetros dendrométricos diâmetro e altura e em forma de ‘J’ para o parâmetro volume.
- A análise da evolução da variável diâmetro médio permitiu constatar a estagnação do crescimento para as árvores amostradas em torno dos 21 anos quando o $IMA \max \approx 0,96 \text{ cm} \cdot \text{arv}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$. A estagnação do crescimento da variável altura média ocorreu perto dos 19,5 anos quando o $IMA \max \approx 0,62 \text{ m} \cdot \text{arv}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$.
- O volume das árvores dominantes aos 28 anos foi de $0,4144 \text{ m}^3 \cdot \text{arv}^{-1}$, tendo um IMA de $0,0148 \text{ m}^3 \cdot \text{arv}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$. O incremento corrente anual à mesma idade foi de $0,031 \text{ m}^3 \cdot \text{arv}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$. O $IMAmáx$ não foi alcançado uma vez que não se verificou o cruzamento das curvas de IMA e ICA.
- O factor de forma diminuiu ao longo dos anos de 0,890 para 0,238 aos 2 e 25 anos respectivamente.
- Na ausência de mortalidade e desbaste, a floresta de *Pinus taeda* L. de Inhamacari apresenta uma produção em termos de área basal e volume por hectare de $36,63 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1}$ e $568,61 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$; e uma produtividade média (IMA) em área basal e volume por hectare por ano estimada em $1,31 \text{ m}^2 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ e $20,31 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ respectivamente. Estes valores não podem ser extrapolados para outras plantações ou regiões do país sendo específicos para a área de estudo a não ser que as condições do sítio e o espaçamento sejam semelhantes.
- A tabela de crescimento e produção ora estruturada, traduz a dinâmica de crescimento e produção de *Pinus taeda* L. e permite dotar os utilizadores de um meio simples para previsão da produção lenhosa ao longo do tempo.

VI. RECOMENDAÇÕES

Em Moçambique, poucas se não nenhuma investigação foi realizada relacionada com a ANATRO apesar de se reconhecer a qualidade de dados obtidos por esta técnica. O estudo de crescimento a partir de parcelas permanentes é oneroso e demanda um período longo de monitoramento. Ciente dessas limitações, recomenda-se para que nos próximos estudos de crescimento usando essa técnica:

- Nos próximos estudos de crescimento usando esta técnica, aconselha-se aumentar o número de árvores-amostra ou disponibilizar dados de cubagem rigorosa do povoamento de modo a melhorar a estimativa do crescimento das variáveis dendrométricas principalmente o volume por hectare.
- Se efectue um estudo de crescimento de *Pinus taeda* L. bem como de outras espécies úteis cujas taxas de crescimento ainda são desconhecidas.
- Se melhore o Laboratório de Silvicultura ou de Tecnologia de Madeira com alguns equipamentos digitais tais como microcomputador, planímetro, mesa digitadora, Lintab, lupa, etc. para acomodar as novas tendências da ANATRO.
- Se disponibilize alguns equipamentos auxiliares como microcomputador, planímetro, mesa digitadora, Lintab, lupa, etc. para acomodar as novas tendências da ANATRO.
- Recomenda-se o uso de ANATRO às empresas que não possuem um sistema de inventários florestais contínuos ou curvas de produção já desenvolvidas, pois com baixo custo e boa precisão, pode-se elaborar tabelas de produção para povoamentos não desbastados sem necessidade de medições anuais de parcelas permanentes.

VII. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

O presente trabalho esteve sujeito às seguintes limitações:

- Número reduzido de árvores-amostra e falta de dados de cubagem rigorosa do povoamento o que de certa maneira impossibilitou a estimativa do crescimento das variáveis dendrométricas por hectare.
- Falta de alguns equipamentos auxiliares tais como microcomputador, planímetro, mesa digitadora, Lintab e lupa que impossibilitaram o desenho do perfil de crescimento das árvores.

VIII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSMANN, E. (1970). The principles of forest yield study. Oxford: Pergamon. 506p.

BARRUSSO, A. P. (1977). Determinação de funções de crescimento mediante análise de tronco. Universidade Federal de Paraná. Sector de Ciências Agrárias. Curitiba. 122p.

BIGING, G. S. & WENSEL, L. C. (1984). A photographic technique for use with stem analyses. **Forest Science**, Bethesda, and v.30 p. 715-729.

CAMPOS, W. O.; SPELTZ, G. E. & CORDEIRO, J. A. (1984). O efeito de três níveis de desrama sobre o crescimento volumétrico e forma de fuste em *Pinus taeda* Lim. In: CONGRESSO FLORESTAL ESTADUAL. Nova Prata. Nova Prata, v. II. 408p.

CHAMBA, E. (1994). Inventário florestal das plantações de Inhamacari. Tese de licenciatura, FAEF, UEM, Maputo, Moçambique.

CHATURVEDI, A. N. & KHANNA, L. S. (1982). Forest mensuration. Dehra Dun: International Book Distributors. 406p.

CHYO, M., OAKI, H. & HAGA, F. (1982). Análise de tronco de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. nativa do parque estadual de Campos do Jordão-SP. In: Congresso Nacional Sobre Essências Nativas. ANAIS. Campos do Jordão-SP, vol-2. p. 919-927.

CLUTTER, J. L.; FORSTSON, J. C.; PIENAAR, L. V.; BRIESTER, G. H. & BAILEY, R. L. (1983). Timber management. Quantitative approach. John Wiley & Sons, New York. 307p.

CRECHI E. H. (1996). Efeitos da densidade da plantação sobre a produção, crescimento e sobrevivência de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Em Missiones. Curitiba. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Sector de Ciências Agrárias – Universidade Federal do Paraná. 172p.

ECKSTEIN, D., BORMAN, E. H. & BERLYN, G. (1981). Age and growth rate determination in tropical trees: the application of dendrochronological methods. In: **Age**

and growth rates of tropical trees: new directions for research. Yale: University School of Forestry & Environmental. (Studies Bulletin, 94). Proceedings of the Workshop on Age and Growth Rate Determination for Tropical Trees, Harvard Forest, 1980. p. 83-106.

EMERENCIANO, D. B. (1981). Avaliação de métodos de prognose da altura aplicados em *Pinus elliottii* da floresta nacional de Capão Bonito — SP. Curitiba. 160p.

ESBELÃO, L. E. G. (2008). Crescimento e produção de *Pinus taeda* L. na região dos Campos de Cima da Serra, Rio Grande do Sul. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Silvicultura, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), Brasil. 75p.

FINGER, C. A. G. (1992). Fundamentos de biometria florestal. Santa Maria: UFSM, CEPEF, FATEC. 269p.

GERHARD, E. J. (2001). Contribuição da análise multivariada na classificação de sítios em povoamentos de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., baseado nos factores físicos e morfológicos do solo e no conteúdo de nutrientes da serapilheira. Ciência Florestal, Santa Maria, v.11, n.2. p.41-57.

GOELZ, J. C. G. & BURK, T. E. (1987). Testing a photographic method for measuring stem cross-sections. **Forest Science**, Amsterdam, Bethesda, v. 3, n3. p. 784-789.

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

GRAHAM, R. T. (1980). Measuring annual grown rings using an electronic measuring machine. USDA Forest Service. 13p.

GUACHA, A. S. (2003). Avaliação da eficiência técnica de conversão de toros de *Pinus taeda* na serra portátil de disco. Tese de Licenciatura. UEM/FAEF/DEF, Maputo. 48p.

HUSCH, B. (1982). Forest mensuration. New York: Ronald Press Co. 410p.

KRAMER, P. J. & KOZLOWSKI, T. T. (1979). Physiology of woody plants. New York: Academic Press. 811p.

KRONKA, F.J.N.; BERTOLANI, F. & HERRERA PONCE, R. (2005). A cultura de Pinus no Brasil. São Paulo: SBS. 160p.

LIU, C. J. (1985). On single tree height increment with spline approximation. In: SCHMID-HASS; Johann, K. (Ed.). **Growth of Single Tree Development of Stands: Proceedings of the IUFRO Conference S4:01-00 and S4:01-06**. Maine: Maine-Agricultural-Experimental- Station, (Miscellaneous Publication, 691).132p.

MACKAY, E. (1964). Dasometria, teoria y técnica de las mediciones forestales. Madrid: Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes. 125p.

MARCHIORI, J. N. C. (1996). Dendrologia das gimnospérmicas. Santa Maria: Ed. UFSM.

MARZOLI, A. (2008). Inventário florestal nacional — Avaliação integrada das florestas de Moçambique-DNTF edição Ebano Lda, Maputo — Moçambique.

MATTOS, P. P. (1999). Identificação de anéis anuais de crescimento e estimativa de idade e incremento anual em diâmetro de espécies nativa do pantanal da Nhecolândia, MS. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Sector de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná-Brasil. 182p.

MINAG (2006). Estratégia Nacional de Reflorestamento: Por um Desenvolvimento de Plantações Florestais Sustentáveis. Maputo-Moçambique. 22p.

MONTAGNA, R.G; FERNANDES, P. S; ROCHA, F.T.; FLORSHEIM, S. M. B. & DO COUTO, H. T. Z. (1993). Influência da desrama artificial sobre o crescimento e a densidade da madeira de *Pinus elliottii* var. *elliottii*. **Série Técnica IPEF, Piracicaba, v.9, n.27. 46p.**

MUNHOZ, J.S.B. (2011). Caracterização da produtividade florestal e dos padrões de crescimento de *Pinus taeda* L. no sul do Brasil através de análise de tronco. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) — Área de concentração: Recursos Florestais. Com opção em Maneio Florestal. Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’. 117p.

NAGEL, J & ATHARI, S. (1982). Stammanalyse und ihre Durchführung, **Allgemeine Forst-und Jagdzeitung**, Frankfurt am Main, v. 153, n. 9/10, p. 179-182.

NOGUEIRA, A. C. (1989). Reação do crescimento radial da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. em florestas naturais que sofreram corte selectivo. Curitiba, 107 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) — Sector de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

ODUM, H.T. (1988). Environmental Systems and Public Policies. University of Florida Press, EUA. 45p.

PÉLLICO NETTO, S. (1980). Estimativas volumétricas de árvores individuais – síntese teórica. **Revista Floresta**, Curitiba, v.11, n.2. 73p.

PRODAN, M.; PETERS, R.; COX, F. & REAL, P. (1997). Mensuração forestal. San José – Costa Rica: GTZ-IICA. 501p.

RICHTER, H. G. & BURGER, L. M. (1978). Anatomia da madeira. 2. ed. Curitiba: UFPR, Sector de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia e Tecnologia Rurais. 76p.

ROSOT, M. A. D. (2002). Processamento digital de imagens aplicado à medição de anéis de crescimento na análise de tronco. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Sector de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 162p.

ROSOT, N. C.; EMERENCIANO, D. B. & ROSOT, M. A. D. (1993). Yield table for *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Plantation by stem analysis in Southern Brazil. In: VANCLAY, J. K. (1993). Grown and yield estimation from successive forest inventories:

proceedings from The IUFRO Conference... Lyngby: Danish Forest and Landscape Research Institute. (Forknings série n, 3). 139p.

SANTOS, W. C. (2006). Análise de características dendrométricas e factores edáficos no crescimento e produção de um povoamento de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. Dissertação (Mestrado em Engenharia Floretal) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal do Sector de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná–Brasil. 136p.

SCHEEREN, L. W. (1998). Efeito dos elementos químicos do solo e da copa no crescimento em altura de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze., na região de Canela-RS. Santa Maria, 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Sector de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Maria. 96p.

SILVA, J. A. (1977). Biometria e estatística florestal. Santa Maria : UFSM. 235p.

SOUZA, P. F. (1973). Terminologia florestal, glossário de termos e expressões florestais. Guanabara (RJ): Fundação IBGE. 304p.

TONINI, H. (2000). Crescimento em altura de *Pinus elliottii* Engelm em três unidades de mapeamento de solo, nas regiões da Serra de Sudeste e Litoral, no Estado de Rio Grande do Sul-Brasil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Floretal)- Programa de Pós-graduação em Engenharia Floretal, da Universidade Federal de Santa Maria. 113p.

IX. ANEXOS

9.1. Anexo 1 — Modelo didáctico da ficha ANATRO

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| Árvores | Fatia | Idade | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | |
| | | raio 01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | raio 02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | raio 03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | raio 04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Árvores | Fatia | Idade | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | |
| | | raio 01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | raio 02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | raio 03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | raio 04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Árvores | Fatia | Idade | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | |
| | | raio 01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | raio 02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | raio 03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | raio 04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Árvores | Fatia | Idade | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 | 19 | 18 | 17 | 16 | 15 | 14 | 13 | 12 | 11 | 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | |
| | | raio 01 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | raio 02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | raio 03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | raio 04 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

9.2. Anexo 2

Tabela 5 — Crescimento e produção de *Pinus taeda* L.

| Idade (anos) | DAP (cm*árv ⁻¹) | IMA (DAP) | ICA (DAP) | H (m*árv ⁻¹) | IMA (H) | ICA (H) | A. TRANSV (m ² *árv ⁻¹) | IMA (G) | ICA (G) | VOL (m ³ *árv ⁻¹) | IMA (V) | ICA (V) | FF _i |
|--------------|-----------------------------|-----------|-----------|--------------------------|---------|---------|--|------------|------------|--|-------------|-------------|-----------------|
| 1 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,0000001 | 0,00000007 | 0,00000007 | 0,000000004 | 0,000000004 | 0,000000004 | 0,796 |
| 2 | 0,3 | 0,15 | 0,23 | 0,21 | 0,11 | 0,16 | 0,000006 | 0,000003 | 0,000005 | 0,000001 | 0,000001 | 0,000001164 | 0,89 |
| 3 | 0,69 | 0,23 | 0,39 | 0,47 | 0,16 | 0,26 | 0,000045 | 0,000015 | 0,000040 | 0,000021 | 0,000007 | 0,000020 | 0,509 |
| 4 | 1,23 | 0,31 | 0,54 | 0,84 | 0,21 | 0,37 | 0,000119 | 0,000030 | 0,000074 | 0,000100 | 0,000025 | 0,000079 | 0,445 |
| 5 | 1,91 | 0,38 | 0,68 | 1,32 | 0,26 | 0,48 | 0,000379 | 0,000076 | 0,000260 | 0,000500 | 0,000100 | 0,000400 | 0,426 |
| 6 | 2,74 | 0,46 | 0,83 | 1,88 | 0,31 | 0,56 | 0,000745 | 0,000124 | 0,000366 | 0,001400 | 0,000233 | 0,000900 | 0,427 |
| 7 | 3,69 | 0,53 | 0,95 | 2,52 | 0,36 | 0,64 | 0,001230 | 0,000176 | 0,000485 | 0,003100 | 0,000443 | 0,001700 | 0,421 |
| 8 | 4,74 | 0,59 | 1,05 | 3,23 | 0,40 | 0,71 | 0,001796 | 0,000224 | 0,000566 | 0,005800 | 0,000725 | 0,002700 | 0,434 |
| 9 | 5,88 | 0,65 | 1,14 | 3,99 | 0,44 | 0,76 | 0,002506 | 0,000278 | 0,000711 | 0,010000 | 0,001111 | 0,004200 | 0,45 |
| 10 | 7,04 | 0,70 | 1,16 | 4,79 | 0,48 | 0,80 | 0,003319 | 0,000332 | 0,000813 | 0,015900 | 0,001590 | 0,005900 | 0,461 |
| 11 | 8,34 | 0,76 | 1,30 | 5,61 | 0,51 | 0,82 | 0,004189 | 0,000381 | 0,000870 | 0,023500 | 0,002136 | 0,007600 | 0,476 |
| 12 | 9,62 | 0,80 | 1,28 | 6,43 | 0,54 | 0,82 | 0,005008 | 0,000417 | 0,000819 | 0,032200 | 0,002683 | 0,008700 | 0,486 |
| 13 | 10,9 | 0,84 | 1,28 | 7,24 | 0,56 | 0,81 | 0,006202 | 0,000477 | 0,001194 | 0,044900 | 0,003454 | 0,012700 | 0,498 |
| 14 | 12,18 | 0,87 | 1,28 | 8,04 | 0,57 | 0,80 | 0,007301 | 0,000521 | 0,001099 | 0,058700 | 0,004193 | 0,013800 | 0,508 |
| 15 | 13,43 | 0,90 | 1,25 | 8,82 | 0,59 | 0,78 | 0,008458 | 0,000564 | 0,001157 | 0,074600 | 0,004973 | 0,015900 | 0,516 |
| 16 | 14,65 | 0,92 | 1,22 | 9,56 | 0,60 | 0,74 | 0,009676 | 0,000605 | 0,001218 | 0,092500 | 0,005781 | 0,017900 | 0,405 |
| 17 | 15,82 | 0,93 | 1,17 | 10,27 | 0,60 | 0,71 | 0,010925 | 0,000643 | 0,001249 | 0,112200 | 0,006600 | 0,019700 | 0,391 |
| 18 | 16,95 | 0,94 | 1,13 | 10,94 | 0,61 | 0,67 | 0,012230 | 0,000679 | 0,001305 | 0,133800 | 0,007433 | 0,021600 | 0,377 |
| 19 | 18,02 | 0,95 | 1,07 | 11,56 | 0,61 | 0,62 | 0,013590 | 0,000715 | 0,001360 | 0,157100 | 0,008268 | 0,023300 | 0,363 |
| 20 | 19,04 | 0,95 | 1,02 | 12,15 | 0,61 | 0,59 | 0,014963 | 0,000748 | 0,001373 | 0,181800 | 0,009090 | 0,024700 | 0,349 |
| 21 | 20 | 0,95 | 0,96 | 12,7 | 0,60 | 0,55 | 0,016370 | 0,000780 | 0,001407 | 0,207900 | 0,009900 | 0,026100 | 0,335 |
| 22 | 20,9 | 0,95 | 0,90 | 13,2 | 0,60 | 0,50 | 0,017811 | 0,000810 | 0,001441 | 0,235100 | 0,010686 | 0,027200 | 0,321 |
| 23 | 21,74 | 0,95 | 0,84 | 13,67 | 0,59 | 0,47 | 0,019268 | 0,000838 | 0,001458 | 0,263400 | 0,011452 | 0,028300 | 0,307 |
| 24 | 22,53 | 0,94 | 0,79 | 14,11 | 0,59 | 0,44 | 0,020730 | 0,000864 | 0,001462 | 0,292500 | 0,012188 | 0,029100 | 0,294 |
| 25 | 23,26 | 0,93 | 0,73 | 14,51 | 0,58 | 0,40 | 0,022212 | 0,000888 | 0,001482 | 0,322300 | 0,012892 | 0,029800 | 0,208 |
| 26 | 23,95 | 0,92 | 0,69 | 14,87 | 0,57 | 0,36 | 0,023719 | 0,000912 | 0,001507 | 0,352700 | 0,013565 | 0,030400 | 0,266 |
| 27 | 24,58 | 0,91 | 0,63 | 15,21 | 0,56 | 0,34 | 0,025207 | 0,000934 | 0,001488 | 0,383400 | 0,014200 | 0,030700 | 0,252 |
| 28 | 25,17 | 0,90 | 0,59 | 15,52 | 0,55 | 0,31 | 0,026701 | 0,000954 | 0,001494 | 0,414400 | 0,014800 | 0,031000 | 0,238 |