

1 INTRODUÇÃO

Ao longo das últimas duas décadas, o perfil do consumo de madeira oriunda de reflorestamento mudou substancialmente em função das restrições de exploração e, mesmo, da disponibilidade de espécies florestais nativas.

A cadeia produtiva da madeira estendeu-se para as essências de rápido crescimento, plantadas e manejadas, até então principalmente com a visão quantitativa da produção. Atualmente a visão da floresta plantada evoluiu, dando-se ênfase não só para a maximização da rentabilidade, mas também para a qualidade da matéria prima produzida.

Devido ao desenvolvimento acelerado das florestas plantadas entre outros fatores, as propriedades da madeira cultivada são diferentes de muitas essências oriundas de florestas naturais. Os principais problemas relacionados com o processamento e a utilização de florestas plantadas manejadas no Brasil estão relacionados principalmente com as diferentes propriedades devido ao crescimento acelerado (MATOS, 2002).

O planejamento da produção de madeira de uma empresa florestal, geralmente, é determinado em função de vários aspectos que exercem influência direta ou indireta no custo final de sua produção. Dentre os mais importantes, pode-se citar a qualidade do solo, espécie, espaçamento inicial, idade de corte e tratamentos silviculturais.

Por outro lado, a escolha do regime de manejo deve depender principalmente do uso final da madeira, pois é de grande importância a qualidade da madeira sobre as etapas do processo, o rendimento, a qualidade do produto final e a minimização dos custos de produção.

Para plantios realizados num mesmo sítio, a escolha do espaçamento inicial de plantio influenciará no número de tratos silviculturais a serem efetuados, volume de madeira produzido, sortimento, taxa de mortalidade e dominância, manejo e colheita,

custos de produção, dentre outros.

A madeira, por ser um material natural, apresenta várias características que devem ser conhecidas e levadas em conta em qualquer aplicação que seja feita. A classificação da madeira serrada, por categorias, enquanto se desenvolve o seu processamento, permite determinar em boa parte o valor e a utilização possível de cada tábu. Ou seja, o grau de classificação da madeira adquirida pelo fabricante determina o custo e o fator residual.

Segundo AHRENS (1992), na prática da silvicultura de plantações de *Pinus spp.*, sempre existe a necessidade de se tomar decisões acerca do espaçamento inicial a ser utilizado, do regime de desbaste a adotar (em termos da sua intensidade, método e idade de execução) assim como sobre a idade de corte final ou idade de rotação.

Não obstante, em diversos países, assim como no Brasil, decisões desta natureza são, tradicionalmente e com freqüência, tomadas somente com base nas expectativas de produção quantitativa ou volumétrica.

Diante de questões importantes e complexas que compõem o contexto do planejamento da produção de madeira, tornam-se indispensáveis as informações relacionadas às características e à qualidade da madeira que será produzida em função dos espaçamentos iniciais de plantio, como uma ferramenta fundamental para a tomada de decisão.

Este estudo objetivou fornecer subsídios sobre a qualidade da madeira para a implementação de atividades de reflorestamento, com base nas características tecnológicas estudadas.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito do espaçamento sobre algumas características tecnológicas da madeira serrada de *Pinus taeda*, sobre o rendimento da madeira serrada e a relação existente entre ambas, bem como sobre o método de avaliação não destrutiva da qualidade deste material.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar as características dendrométricas das árvores amostradas.
- Determinar o efeito do espaçamento sobre as seguintes propriedades físicas: massa específica básica; massa específica aparente a 12 % de umidade; e retratibilidade da madeira.
- Determinar a proporção de madeira juvenil em relação a área basal das árvores para os diferentes espaçamentos analisados.
- Quantificar a frequência, o diâmetro médio e a área dos nós nas tábuas serradas para os diferentes espaçamentos.
- Avaliar o rendimento da madeira serrada dentro dos diferentes espaçamentos e classes de qualidade. Sendo as classes definidas em função da utilização final da madeira, ou seja, madeira para a produção de carretéis e madeira para móveis.
- Avaliar o grau de afilamento do fuste nos diferentes espaçamentos.
- Avaliar método de determinação da qualidade da madeira através da velocidade de propagação de ondas de tensão nas toras.
- Relacionar as propriedades que definem qualidade à madeira com o rendimento de madeira serrada e outros fatores ligados à variações no rendimento.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE MANEJO FLORESTAL

O manejo de uma floresta plantada para a produção de madeira de alta qualidade para serraria e laminação envolve uma silvicultura diferenciada em relação àquela utilizada para a obtenção de madeiras para outros fins, como celulose, energia, painéis de fibras, etc.

O manejo florestal está centrado na utilização sensata e sustentada dos recursos florestais, de modo que as gerações futuras possam usufruir dos mesmos benefícios da geração presente. Esse conceito se fundamenta em duas premissas: uma que se baseia na visão do manejo florestal como uma prática em que o objetivo maior é aumentar a qualidade do produto final, sua dimensão e, se possível, a sua quantidade, observando em todas as fases a viabilidade sócio econômica e ambiental do processo produtivo. E a outra que se baseia na consideração do manejo florestal como um processo de tomada de decisão, onde o profissional florestal necessita ter uma visão global de planejamento florestal, utilizando-se, para tal, de modelos matemáticos que possibilitem a previsão da produção, assim como gerenciar toda esta gama de informações através de planos de manejos em que a otimização seja a tônica do processo (SCOLFORO, 1997).

De acordo com AHRENS (1992), na prática da silvicultura de plantações de *Pinus spp.*, sempre existe a necessidade de se tomar decisões acerca do espaçamento inicial a ser utilizado, do regime de desbaste a adotar (em termos da sua intensidade, método e idade de execução) assim como sobre a idade de corte final ou idade de rotação.

Segundo o mesmo autor, o manejo florestal trata do desenvolvimento e da aplicação de análise quantitativa nas decisões acerca da composição, da estrutura e da localização de uma floresta, de tal maneira que sejam produzidos produtos, serviços

e/ou benefícios diretos ou indiretos na quantidade e na qualidade requeridas por uma organização florestal ou por uma sociedade.

A densidade inicial, o desbaste, a poda e rotação final constituem elementos de extrema importância na determinação da qualidade do produto final (SPELTZ, 2000).

Segundo VILLELA FILHO (1994), os regimes de manejo têm evoluído historicamente de acordo com o nível de conhecimento sobre as florestas de *Pinus*. O melhoramento genético, a interação genótipo-ambiente, o conhecimento das necessidades dos clientes e a certeza de que as margens para erro se estreitaram, resultam em um índice de seleção crescente, através dos desbastes. Em contrapartida, indivíduos mais uniformes requerem menor seleção, possibilitando implantações com densidades mais baixas e proporcionando indivíduos superiores volumetricamente. Se, por um lado, tende-se a uma pequena diminuição por unidade de área, por outro, propicia-se maior diversidade de produtos de maior valor agregado, aumentando-se a rentabilidade do negócio.

HOCHHEIN & MARTIN (1993) afirmam que a qualidade das toras a serem desdobradas influencia o rendimento da madeira e tem reflexos sobre todo o sistema de produção.

PONCE (1983) considera como tora ideal, aquela que, com um mínimo de custo de produção, resulta no máximo rendimento em madeira de qualidade. Ou seja, é a tora com um mínimo de defeitos, com dimensões que permitam a máxima obtenção de produto exigido pelo mercado na unidade de tempo.

Da mesma forma, DENIG (1993) comenta que as características individuais das toras dependem de fatores genéticos do sítio e competição.

No processo de produção de madeira serrada, as características das toras como diâmetro, comprimento, conicidade, tortuosidade e outros defeitos exercem significativa influência no rendimento em volume e qualidade.

Conforme BAMPI (1991), para o manejo florestal interessa saber até que ponto se pode controlar a qualidade da madeira. Para isso, é necessário um certo conhecimento das propriedades que determinam a qualidade da madeira e até que

ponto estas são influenciadas pelas características genéticas e pelas modificações do ambiente (espaçamento, proporção de copa viva e taxa de crescimento).

3.2 QUALIDADE DA MADEIRA

Segundo DUFFIELD (1961), existem grandes diferenças nas propriedades da madeira e os estudos da variação dentro das espécies é pouco conhecido, sendo isto causado pela multiplicidade e interação das causas de variação dentro das espécies. Estas causas podem ser controladas geneticamente, ambientalmente e em função do posicionamento do tronco da árvore. O autor classifica estas variações em fatores inerentes às árvores, ditos fatores internos e fatores inerentes ao ambiente e tratos silviculturais, também conhecidos como fatores externos.

De acordo com VIANNA NETO (1983), os principais fatores referentes à tora que influem no resultado operacional são: o diâmetro, o comprimento, a conicidade ao longo do comprimento, a excentricidade da medula e o abaulamento da tora, entre outros. Também influem, significativamente, no desdobro, aspectos relacionados com a qualidade da tora, sejam eles: Sanidade, áreas resinadas, carreira de nós, madeira de compressão, medula excêntrica, madeira juvenil, valores de contração volumétrica, entre outros.

Embora o conceito de qualidade possa ser difícil de explicar, vários fatores influenciam a adequação da madeira para diversos propósitos. Esses fatores incluem massa específica, uniformidade de anéis de crescimento, porcentagem de cerne e alborno, comprimento da fibra, inclinação de grã, porcentagem de vasos em folhosas, e presença de madeira juvenil e de reação, além da composição celular, presença de nós, orientação de grã e composição química.

3.3 ESPAÇAMENTO

A escolha do espaçamento tem como principal objetivo proporcionar para cada árvore o espaço suficiente para se obter o crescimento máximo com melhor qualidade e menor custo.

Durante a fase inicial de crescimento, a demanda de uma planta é, principalmente, por umidade e calor. Se estes elementos estão presentes em quantidade adequada, qualquer sítio é capaz de suportar o crescimento inicial de um povoamento, mesmo com alta densidade. Entretanto, após alguns anos de crescimento, há um aumento na demanda e as árvores entram em competição por água, nutrientes, luz e pelo espaço para crescimento da copa e do sistema radicial.

De acordo com SCOLFORO (1997), um dos pontos do planejamento de implantação de uma floresta é a definição do espaçamento de plantio. No tocante à qualidade da madeira, o espaçamento influi nos seguintes aspectos: tamanho dos nós, retidão do tronco, conicidade e densidade básica. O tamanho e quantidade de nós na madeira serrada dependem de sua posição na tora e das características da tora que, por sua vez, dependem de fatores genéticos, do espaçamento da floresta e do manejo a que foi submetida.

Para LOETSCH et al. (1973), o termo densidade pode ser interpretado, sob um aspecto geral, como a quantidade que define o grau de utilização da área florestal pelas árvores ali existentes.

PONCE (1983) afirma que o espaçamento tem um efeito modesto na qualidade da madeira, mas pode ter efeito significativo na qualidade da árvore e volume produzidos.

Para SIMÕES (1988), citado por SPELTZ (2000), o espaçamento apresenta implicações silviculturais, tecnológicas e econômicas, influenciando as taxas de crescimento das plantas, a qualidade da madeira, a idade de corte, as práticas de

exploração e manejo e, por conseguinte, os custos de produção.

CLUTTER et al. (1983) comentam sobre a importância da densidade de um povoamento concluindo que, dentro de certos limites, uma maior quantidade de espaço disponível para cada árvore propiciará um crescimento mais rápido da mesma.

De acordo com CARDOSO (1989), povoamentos muito densos tendem naturalmente a apresentar árvores de diâmetro menor se comparadas com árvores de povoamentos pouco densos, onde a concorrência por espaço é menor e o crescimento em diâmetro é mais acentuado.

Segundo PATIÑO-VALERA (1986), o espaçamento ótimo é aquele capaz de fornecer o maior volume do produto em tamanho, forma e qualidade desejáveis, sendo função do sítio, da espécie e do potencial do material genético utilizado.

De acordo com SCOLFORO (1997), se o povoamento é muito denso, o espaço para o crescimento de cada árvore é reduzido, o crescimento e o desenvolvimento da planta é retardado, comprometendo o desenvolvimento radicial e da copa, conseqüentemente, afetando a quantidade e qualidade da produção. Por outro lado, espaçamentos muito amplos podem também afetar a qualidade e comprometer a produção.

Conforme SPELTZ (2000), em seu estudo, a menor densidade inicial de plantio e, conseqüentemente, o menor número de árvores remanescentes para o corte final, contribuíram para as mais altas produções de madeira para laminação (diâmetros acima de 40 cm) em todas as situações de sítio.

De acordo com SCOLFORO (1997), a densidade inicial varia com o sítio, espécie e com o produto final desejado. Um estoque inicial muito alto produz o máximo de madeira em rotações curtas, produzindo, portanto, madeira de pequenas dimensões. O autor afirma que madeiras de alto valor comercial (maiores dimensões) são obtidas com plantio em baixa densidade inicial ou através de regimes de desbastes.

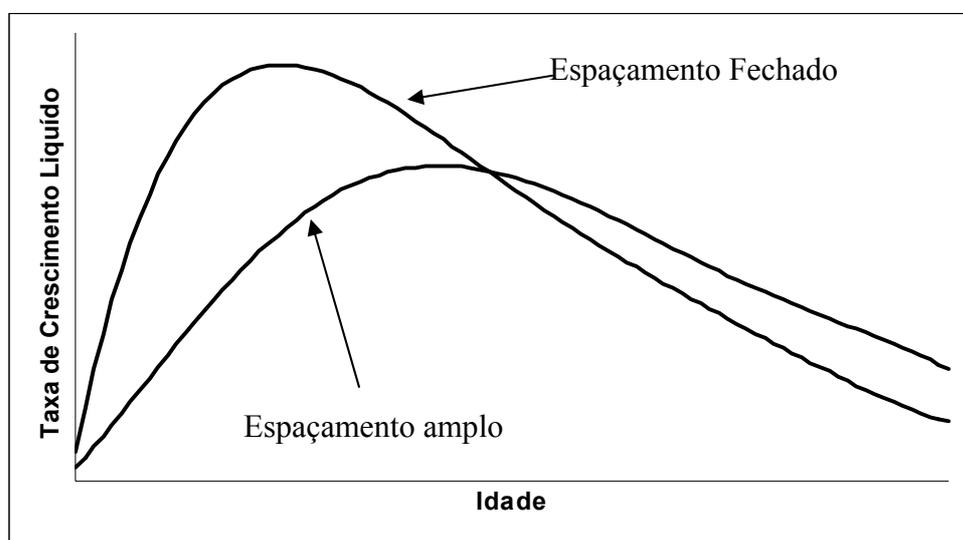
Segundo MAESTRI (1994), para o sistema de manejo denominado “clearwood”, que visa à produção de madeira de maiores dimensões e livres de nós, o ideal é o plantio de poucas árvores por hectare, com desbastes pré-comerciais. As densidades

iniciais, nesse caso, variam de 900 a 1300 árvores/ha (11 a 7,7 m²/planta).

Conforme SCOLFORO (1997), o espaçamento apresenta grande influência sobre a idade de corte da floresta, ou seja, a idade de estagnação do crescimento e, portanto, a exploração ou desbaste será tanto mais precoce e freqüente quanto maior a densidade populacional para uma mesma espécie e sítio.

Com a alta competição por luz, água e nutrientes, nos espaçamentos menores, as árvores alcançam o crescimento máximo suportado pelo sítio mais cedo. Ou seja, a estagnação do crescimento ocorre mais precocemente e a manutenção da floresta com o crescimento estagnado não é economicamente lucrativa. Conseqüentemente, o ciclo de corte será menor ou será necessário fazer desbastes mais cedo e com mais freqüência, implicando na produção de madeira de menor porte, com menor preço de mercado (Figura 01).

FIGURA 01 – COMPORTAMENTO DO INCREMENTO CORRENTE ANUAL (ICA) EM FUNÇÃO DO ESPAÇAMENTO.



Fonte: Adaptado de SCOLFORO, 1994.

De acordo com KIKUTI et al. (1996), o espaçamento é de grande importância para o desenvolvimento das árvores, sob o aspecto silvicultural, tecnológico e econômico, pois pode influenciar várias características quantitativas e qualitativas, interferindo significativamente na morfologia das árvores e no seu crescimento, particularmente em diâmetro, independente de suas características genéticas. A

utilização de um espaçamento mais amplo permite obter árvores de maior diâmetro, essenciais quando o produto final a ser obtido é madeira para serraria e laminação.

O espaçamento é uma das variáveis dentre as que atuam sobre o crescimento de um povoamento e que pode ser controlado eficientemente pelo silvicultor. Árvores plantadas em espaçamentos amplos crescem mais rapidamente em diâmetro que aquelas plantadas em espaçamentos estreitos. Em determinada idade, elas terão maior diâmetro, maior conicidade, galhos mais grossos e copas mais extensas que árvores em plantações mais densas. Além de ter influência marcante na produção, o espaçamento afeta, significativamente, os custos de implantação, manutenção e exploração da floresta, bem como afeta a qualidade da madeira produzida.

SANQUETA et al. (2003), verificaram que as médias de volume de madeira utilizável para serraria crescem à medida que a densidade diminui, isto é, com a ampliação do espaçamento. Tal fato demonstra o efeito do espaçamento inicial na produção de madeira para serraria (Tabela 01).

TABELA 01 – COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DOS VOLUMES ATÉ 18 CM DE DIÂMETRO EM UM PLANTIO EXPERIMENTAL DE *PINUS TAEDA* AOS 12 ANOS DE IDADE.

	Espaçamento	Média (m ³ /ha)	Comparação*
1	2,5 m x 1,2 m	0,0013	A
2	2,5 m x 2,0 m	0,0423	AB
3	2,5 m x 2,8 m	0,0871	B
4	2,5 m x 3,6 m	0,1452	C
5	2,5 m x 4,4 m	0,2021	D

Tratamentos com letras diferentes diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Fonte: SANQUETA et. al., 1993.

Os mesmos autores analisaram os dados do mesmo experimento citado acima, considerando a variável volume do fuste até 8 cm de diâmetro, evidenciando um comportamento exatamente oposto aos resultados encontrados. Isto significa dizer que existe uma produção maior de madeira nos espaçamentos mais densos, mas, neste caso, a produção está diluída em indivíduos menores, que não são empregados em serrarias, o que não é desejável. Em espaçamentos mais amplos, embora a produção

volumétrica total seja menor, obtêm-se uma expressiva quantidade de madeira utilizável em serrarias, já no primeiro desbaste.

3.4 TAXA DE CRESCIMENTO

De acordo com YAO (1970), a influência da taxa de crescimento nas propriedades da madeira não é claramente definida, existindo contradições. O autor estudou a influência da taxa de crescimento, avaliando a massa específica, porcentagem de lenho tardio e inicial em quarenta árvores de *Pinus taeda*, concluindo que a taxa de crescimento apresentou pouca influência na massa específica, e que as diferenças normalmente achadas são devido à maior porcentagem de lenho tardio observado em árvores que apresentam uma menor taxa de crescimento.

A maioria dos estudos foram conduzidos para avaliar a influência do crescimento em propriedades tais como massa específica e porcentagem de lenho tardio e inicial.

ERICKSON & HARRISON (1974) citam que súbitas estimulações ao crescimento, normalmente, resultam em um aumento na porcentagem de lenho inicial e, conseqüentemente, em uma redução na massa específica.

Para as coníferas, de maneira geral, a massa específica da madeira aumenta da medula para a casca, e este aumento seria resultante de uma redução na taxa de crescimento.

HARRIS (1963) relata a tendência decrescente da massa específica na madeira de *Pinus radiata*, com o aumento do ritmo do crescimento em diâmetro.

SCHULTZ (1986) afirma ser conhecido que tratamentos silviculturais mudam as propriedades da madeira, mas que os poucos resultados disponíveis são muito inconsistentes, e que também não há relação inversa conclusiva entre a massa específica e a taxa de crescimento e, por conseqüência, árvores de rápido crescimento não terão necessariamente madeira de baixa qualidade.

BAMBER & BURLEY (1983) consideram que a taxa de crescimento por si só não altera significativamente as propriedades da madeira, porém altera a proporção de

madeira juvenil e adulta nas toras de dimensões comerciais. Os autores também consideram que o espaçamento tem dois importantes efeitos nas propriedades da madeira, influenciando as características da ramificação e da taxa de crescimento.

As investigações de possíveis diferenças na qualidade da madeira, como decorrência do ritmo de crescimento, têm-se sucedido através dos anos (ZOBEL, 1978). Entretanto, os resultados encontrados na literatura são bastante conflitantes para que possam permitir e justificar a elaboração de métodos e técnicas florestais específicos.

De acordo com LATORRACA & ALBUQUERQUE (2000), em muitos programas de melhoramento a seleção e escolha de árvores têm sido concentrada sobre características associadas ao crescimento e sobrevivência. A síndrome da “taxa de crescimento” tem resultado em produção de larga quantidade de madeiras com propriedades tão inferiores que a madeira torna-se imprópria para ser utilizada em certas aplicações.

3.5 LARGURA DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO

Algumas características da madeira são empregadas como indicadores de suas propriedades desde o início de sua utilização, devido à fácil visualização. Dentro destas características destaca-se a configuração dos anéis de crescimento, juntamente com a formação do cerne e o aspecto superficial (KNIGGE & SCHULTZ, 1966).

De acordo com KLOCK (2000), na maioria das coníferas a largura dos anéis de crescimento é facilmente identificável em corte transversal e pode ser indicadora de muitas características e do comportamento da madeira, tais como a regularidade e distribuição de determinadas propriedades, manutenção da forma depois de trabalhada, nodosidade interna, massa específica e propriedades mecânicas.

Para o autor, a maioria dos pesquisadores, de forma geral, afirma que, para folhosas de porosidade em anel e coníferas de rápido crescimento que crescem em sítios normais, a correlação entre as propriedades mecânicas e largura dos anéis anuais

de crescimento tem validade, se bem que os valores fornecidos só podem ser considerados como uma estimativa bastante superficial, que pressupõe ainda grande variação. Entretanto, outros autores aconselham utilizar, como parâmetro para o julgamento da qualidade da madeira de coníferas de rápido crescimento, a regularidade e a largura dos anéis de crescimento.

3.6 PORCENTAGEM DE LENHO TARDIO

A proporção entre os lenhos inicial e tardio é uma variável freqüentemente observada em numerosos estudos sobre a qualidade da madeira. Muitos autores determinaram esta proporção, mostrando correlações significativas com a massa específica, propriedades de resistência entre outros fatores.

O lenho inicial corresponde ao incremento da árvore no período vegetativo, quando a atividade vital do vegetal é intensa. As células apresentam paredes finas e lumes grandes e adquirem no conjunto uma coloração clara. O lenho tardio se forma no final do período vegetativo, quando as árvores diminuem suas atividades vitais. As células são de paredes espessas e lumes reduzidos e, no conjunto, apresentam um aspecto mais escuro.

De acordo com BROW et al. (1952), o efeito do lenho tardio na massa específica é devido ao fato deste conter maior quantidade de material lenhoso por unidade de volume. Isto se torna evidente em madeiras de coníferas com transição abrupta de lenho inicial e tardio, e em madeiras de folhosas com porosidade em anel.

Para DADSWELL (1957), as condições externas e a variação climática podem influenciar a porcentagem de lenho tardio nos diversos anos de crescimento.

Pesquisas realizadas por GURFINKEL (1973) indicaram que a porcentagem de lenho tardio influencia diretamente a massa específica e a resistência da madeira.

Segundo KNIGGE & SCHULZ (1966), a quantidade de lenho tardio é de grande importância para as propriedades mecânicas da madeira, sobretudo tratando-se de espécies que possuem pronunciadas diferenças de massa específica entre as zonas de

lenho inicial e tardio. Existe uma alta correlação entre a massa específica e a porcentagem de lenho tardio, como foi visto anteriormente, sendo de se esperar que, quanto maior for a porcentagem deste, tanto maior será a massa específica e a resistência da madeira.

MUÑIZ (1993), estudando a porcentagem de lenho tardio de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, observou que os primeiros anéis formados em árvores de rápido crescimento, na direção medula casca, são largos e a faixa de lenho tardio é estreita. À medida que se aproxima da casca, a porcentagem de lenho tardio aumenta de maneira significativa, sendo mais proeminente na região da base da tora.

Segundo LARSON (1963), a porcentagem de lenho tardio num povoamento fechado varia em função da classe e do desenvolvimento da copa. Uma árvore dominante com copa vigorosa deverá produzir faixas relativamente largas de lenho inicial no fuste. Entretanto, árvores dominantes com copa vigorosa e uma porção longa do fuste isenta de galhos produzem largas faixas de lenho tardio. Um decréscimo na classe social normalmente é acompanhado por alterações na qualidade da madeira, no desenvolvimento da copa e forma do fuste. Árvores de estratos inferiores possuem maior percentual de lenho tardio, portanto, possuem madeira com maior massa específica do que as dos estratos superiores do mesmo povoamento.

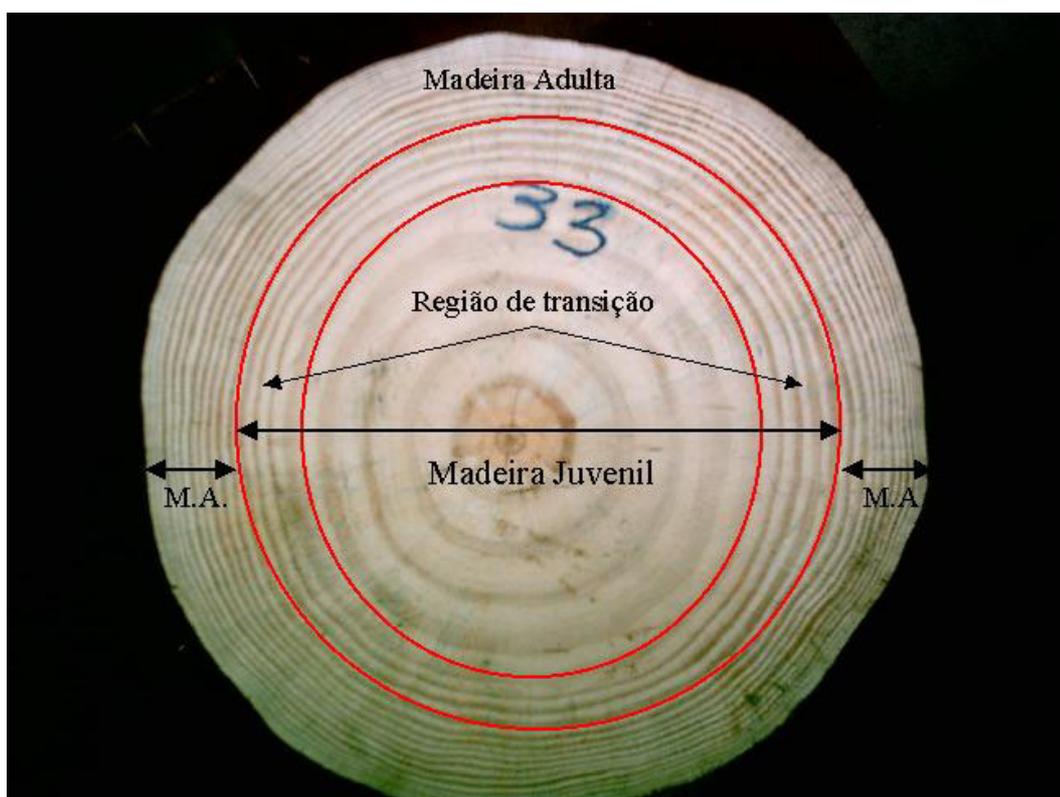
3.7 MADEIRA JUVENIL

PANSHIN & DE ZEEW (1980) definiram as madeiras adulta e juvenil. A madeira juvenil é aquela formada próxima a medula da árvore, caracterizada pelo progressivo aumento nas dimensões, pela mudança das características e pelo arranjo das células. A madeira adulta possui células de tamanho relativamente constante, padrão estrutural bem desenvolvido, com comportamento físico estável.

ZOBEL et al. (1981) consideraram madeira juvenil aquela formada até o 10º anel de crescimento e que o lenho adulto se forma a partir do intervalo do 7º ao 20º anel anual.

Visualizando um corte transversal de um fuste, é possível observar duas fases na madeira. A primeira, próxima à medula, corresponde à madeira juvenil, e a segunda, mais afastada da medula em direção à casca, é constituída da madeira adulta. A madeira juvenil representa uma fase de rápido crescimento longitudinal celular com mudanças fundamentais quanto à composição da parede celular, associada ao período de maturação cambial (Figura 02). Esta fase se estende por um período médio de 10 a 20 anos, mas pode apresentar situações de curta duração (5 anos), e de longos períodos, em torno de 60 anos (PANSWIN & DE ZEEW, 1980).

FIGURA 02 – SEÇÃO TRANSVERSAL DE ÁRVORE DE PINUS TAEDA COM 21 ANOS DE IDADE, MOSTRANDO AS REGIÕES DE MADEIRA JUVENIL, REGIÃO DE TRANSIÇÃO E MADEIRA ADULTA.



Fonte: CHIES, 2005

O período de tempo de formação de madeira juvenil é variável entre diferentes espécies e entre árvores da mesma espécie. A quantidade de madeira juvenil, em comparação com a madeira adulta, depende da extensão das condições de crescimento e de fatores genéticos.

VILLIERS (1970) comenta que a taxa de crescimento inicial, bem como podas drásticas, influenciam a produção em volume de madeira juvenil, que pode ser reduzida.

A demarcação entre madeira juvenil e adulta não é suficientemente clara, devido à mudança gradual nas propriedades da madeira (BENDSTEN, 1978).

Segundo PEARSON & GILMORE (1971), árvores jovens possuem maior porcentagem de madeira juvenil que árvores mais velhas.

Segundo BENDSTEN (1978), a massa específica da madeira juvenil de várias espécies do gênero *Pinus* é baixa em relação à madeira adulta, 360 kg/m³ e 680 kg/m³ para madeira juvenil e adulta respectivamente. A proporção encontrada foi de 60% de madeira juvenil em árvores de 40 anos de idade.

Segundo KELLINSON (1981), a proporção de madeira juvenil numa tora é também influenciada pela idade de corte. O autor, comparando a porcentagem de madeira juvenil em *Pinus taeda* do sul dos EUA, obteve os resultados apresentados na tabela 2.

SAUCIER (1989) em seus estudos com espécies do gênero *Pinus*, concluiu que o espaçamento não influenciou na idade de formação da madeira juvenil, mas sim influenciou na proporção de madeira juvenil produzida, sendo que nos menores espaçamentos se produziu menor proporção de madeira juvenil. Por outro lado, a idade de rotação influenciou mais significativamente na proporção de madeira juvenil, decrescendo esta proporção com o aumento da rotação.

TABELA 02 – INFLUÊNCIA DO ESPAÇAMENTO NA PROPORÇÃO DE MADEIRA JUVENIL EM RELAÇÃO A ÁREA BASAL, PARA ÁRVORES COM 30 ANOS DE IDADE (SAUCIER, 1989).

Espaçamento	Proporção de madeira juvenil em relação a área basal
1,83m X 1,83m	42 %
2,44m X 2,44 m	44 %
3,05m X 3,05m	46 %
3,66m X 3,66m	47 %

As propriedades da madeira não são uniformes da medula para o exterior. A madeira dos primeiros anéis formados apresenta menor massa específica, fibras mais curtas, entre outras variações. Em anéis sucessivos, a partir do centro da árvore, verifica-se o aumento de massa específica, da espessura das paredes celulares e assim por diante. A taxa de mudança na maioria das propriedades é muito rápida nos primeiros anéis. Os anéis posteriores vão adquirindo gradativamente as características da madeira adulta (Tabela 03)

TABELA 03 – VARIAÇÃO DA PORCENTAGEM DE MADEIRA JUVENIL EM FUNÇÃO DA IDADE DA ÁRVORE (KELLINSON, 1981)

Idade	Porcentagem de madeira juvenil	
	Peso seco (%)	Volume (%)
15	76	85
25	50	55
45	15	19

Muitos pesquisadores, Como ERICKSON & HARRISON (1974), GOGGANS (1961), HALLOCK (1968) entre outros, concordam que a madeira juvenil tem seu limite em alguma parte do 5° ao 20° anel.

ZOBEL (1971) caracteriza esses tipos de madeira baseado na evolução dos elementos anatômicos que os constituem. A madeira adulta refere-se àquela que apresenta traqueóides estabilizados em crescimento. Para *Pinus taeda*, essa estabilização foi encontrada a partir do intervalo do 11° ao 13° anel de crescimento para árvores de 30 anos de idade.

MENDONÇA (1982) encontrou a estabilização do comprimento dos traqueóides de *Pinus elliottii* com 17 anos de idade, a partir do intervalo do 8º ao 11º anel de crescimento.

PEARSON & GILMORE (1980) relatam diferenças de 42% a 82 % entre as médias de várias propriedades de *Pinus taeda* em três idades diferentes, obtidas entre corpos de prova de lenho interno, próximo à medula, e de lenho externo, afastado da medula.

OLSON et al (1947), citados por BENDSTEN (1978), estudaram sete espécies do gênero *Pinus* para avaliar a massa específica e a resistência da madeira com e sem a inclusão da medula (madeira juvenil) e verificaram que as amostras que continham a medula deram resultados inferiores, tanto em massa específica como em resistência.

De acordo com BENDSTEN & SENFT (1986), dever-se-ia realizar estudos interdisciplinares entre pesquisadores, silvicultores e tecnólogos para definir as diferentes linhas de pesquisa, tais como: comparação entre propriedades de madeira adulta e juvenil e decisões sobre espaçamento, fertilização e período de rotação com base na proporção de madeira juvenil e adulta na árvore.

Apesar da madeira juvenil, em geral, apresentar anéis anuais de crescimento largos, este aspecto não está necessariamente associado à mesma, já que existem outras variáveis que podem determinar o estado juvenil da madeira, como fatores silviculturais, de manejo, da plantação, ou fatores genéticos (TSOUMIS, 1991).

COWN (1980) concluiu que talvez o método mais fiel para detectar a presença de madeira juvenil seria considerar como tal a madeira com massa específica menor que 400 kg/m^3 . Entretanto, outros pesquisadores, como GOGGANS (1961), HALLOCK (1968) e ERICKSON & HARRISON (1974), sustentam que a determinação ou definição da localização da madeira juvenil tem como principal critério o comprimento dos traqueóides, já que estes se associam mais com a qualidade desta.

A madeira juvenil tende a possuir menor teor de celulose e maior em lignina, comparada com a madeira adulta natural. A aceleração do crescimento no início de rotação aumenta a proporção de madeira juvenil e pode causar uma redução indesejável na proporção de celulose.

Na indústria de polpa e papel, a presença da madeira juvenil causa problemas na manufatura quando os cavacos oriundos de árvores jovens de rápido crescimento são misturados com cavacos de árvores de idades mais avançadas. O resíduo das toras de madeiras enviadas para serrarias (topo remanescente), que são utilizadas pelas indústrias de polpa e papel, apresentam 100 % de madeira juvenil. A desigualdade entre o alto conteúdo de lignina e o baixo teor de celulose, entre madeira juvenil e adulta, frequentemente resulta no processo de deslignificação inadequado, produzindo porções de madeira com cozimento excessivo, assim como, porções de madeira com baixo cozimento. O rendimento da polpa depende da massa específica da madeira, e a baixa massa específica da madeira juvenil reduz significativamente o rendimento. Geralmente, isso é admitido no próprio processo de cozimento e não proporciona sérios problemas (SENFT, 1986).

CLARK III & SAUCER (1989) estudaram a influência do espaçamento inicial sobre a formação da madeira juvenil em *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* no sul dos EUA. Para examinar o efeito do espaçamento inicial foram extraídas amostras, à altura do peito (DAP) para cada árvore amostrada, sendo que foram selecionadas para o estudo 15 árvores da espécie *Pinus elliottii* e 10 árvores da espécie *Pinus taeda*.

Segundo os autores, as amostras extraídas foram divididas em segmentos correspondentes a intervalos de dois em dois anos, começando na medula e terminando no 20º anel de crescimento, sendo determinada para cada segmento a massa específica. A idade estimada, na qual ocorreu a transição da madeira juvenil para adulta em cada amostra, foi feita através de análise visual, em conjunto com os valores de massa específica.

Na tabela 04, a seguir, são apresentados os espaçamentos estudados por CLARK III & SAUCIER (1989), e o diâmetro médio de madeira juvenil produzido para as espécies estudadas.

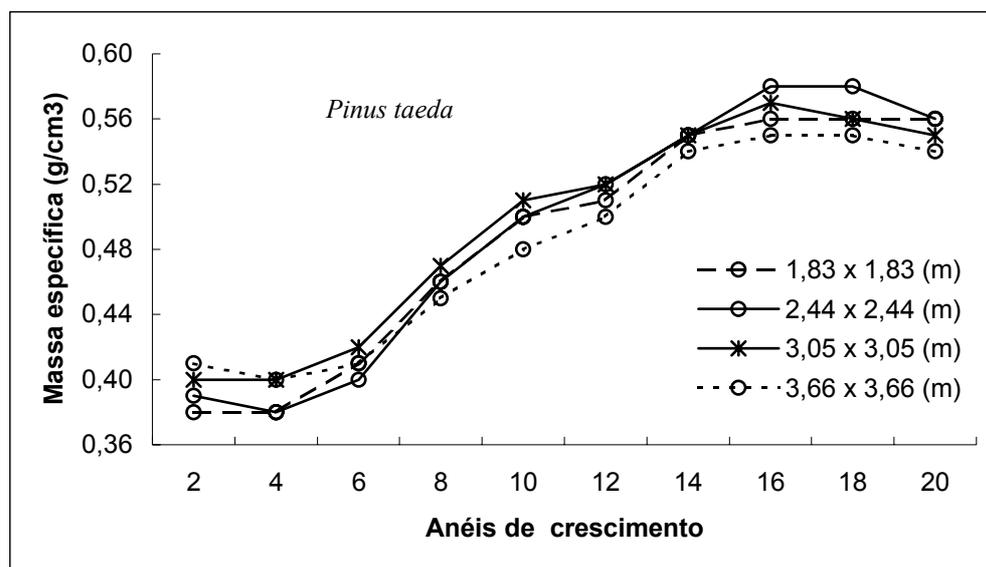
TABELA 04 – DIÂMETRO MÉDIO DE MADEIRA JUVENIL PRODUZIDO NOS DIFERENTES ESPAÇAMENTOS AOS 20 ANOS DE IDADE.

Espécies	Espaçamentos (m)	Diâmetro médio (cm)
Pinus elliottii	1,83 x 1,83	10,00
	2,44 x 2,44	11,50
	3,05 x 3,05	13,75
	4,57 x 4,57	15,75
Pinus taeda	1,83 x 1,83	13,00
	2,44 x 2,44	15,00
	3,05 x 3,05	16,50
	3,66 x 3,66	19,25

De acordo com os resultados da análise efetuada pelos autores, o espaçamento influenciou a massa específica durante o desenvolvimento da floresta, sendo que, durante os primeiros anos, as árvores com maior espaçamento apresentaram uma maior massa específica. Porém, após o fechamento das copas, o inverso foi observado. A figura 03, apresentada pelos autores apresenta essa característica claramente.

Ainda segundo CLARK III & SAUCIER (1989), os resultados indicaram que, no sentido medula casca, o diâmetro da madeira juvenil, para as duas espécies, não foi influenciado significativamente pelo espaçamento inicial em plantações que não sofreram desbastes.

FIGURA 03 – COMPORTAMENTO DA MASSA ESPECÍFICA COM O AUMENTO DA IDADE NOS DIFERENTES ESPAÇAMENTOS PARA PINUS TAEDA.



Fonte: Adaptado de CLARK III & SAUCIER, 1989.

3.8 PROPRIEDADES FÍSICAS

3.8.1 Massa específica

Sabe-se que a massa específica está relacionada diretamente a outras propriedades da madeira, sendo, portanto, um importante índice de qualidade. A massa específica influencia a higroscopicidade, a contração e o inchamento, as propriedades mecânicas, térmicas, acústicas, elétricas e outras propriedades básicas, bem como as propriedades relacionadas ao processamento industrial da madeira.

MITCHELL (1958), citado por HIGA (1973), ao estudar espécies do gênero *Pinus* no sul dos Estados Unidos da América, relatou que a massa específica era influenciada pelo ritmo de crescimento.

BAKER & SHOTTAFER (1970) desenvolveram estudos com *Pinus resinosa* tomados ao acaso em dez blocos com diferentes espaçamentos. Os resultados indicaram uma tendência de aumento na massa específica com o aumento do espaçamento.

A idade é outro fator que afeta a massa específica da madeira. A afirmação de que a massa específica básica média das árvores de coníferas tende a aumentar com a idade é compartilhada por vários pesquisadores.

A presença de madeira juvenil em grandes proporções colabora marcadamente para que, nas idades mais jovens, a média da massa específica das árvores seja bem inferior à da madeira mais velha. A proporção de madeira juvenil sobre a madeira adulta decresce rapidamente em povoamentos mais velhos (ZOBEL et al., 1972, citado por BARRICHELO et al. 1975).

Segundo MORESCHI (1977), a massa específica, além de ser um excelente índice de quantidade de substância lenhosa contida num pedaço de madeira, em termos anatômicos é uma função da proporção entre o volume das paredes celulares e o volume de seus lúmens que, conseqüentemente, é afetada pelas suas dimensões médias, pela quantidade de extrativos da madeira e outros componentes não fibrosos, tais como os raios e o tecido medular.

MENDONÇA (1982), estudando diferentes idades de *Pinus elliottii*, concluiu que a idade tem influência na massa específica básica média da madeira das árvores. Uma menor idade implicou em uma menor porcentagem de lenho tardio e, conseqüentemente, uma menor massa específica básica. O autor concluiu também que a massa específica básica decresce da base para o ápice da árvore, independente de idade, parecendo ser relacionado principalmente à porcentagem de lenho tardio, que diminuiu significativamente nesta direção.

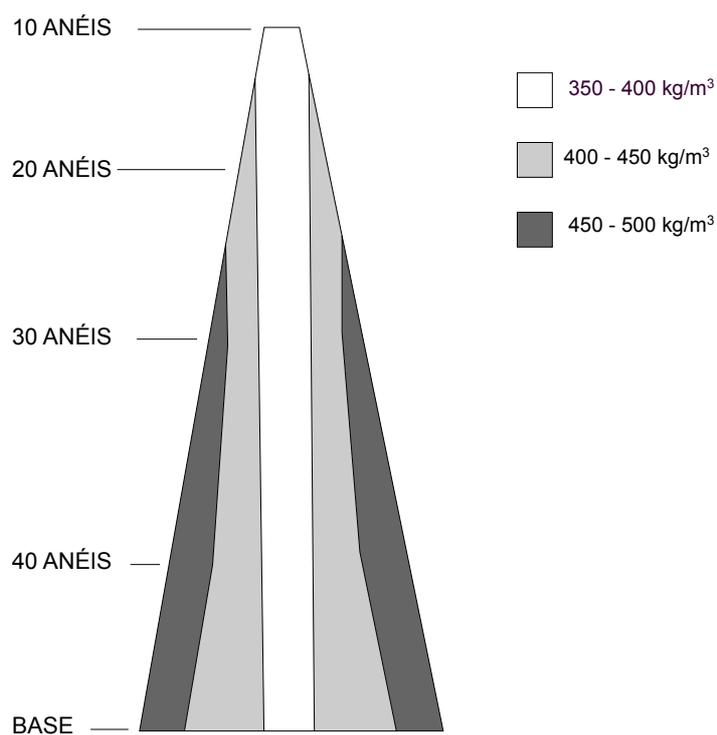
Segundo IWAKIRI (1982), as propriedades de resistência da madeira dependem da quantidade do material lenhoso presente. A relação entre a massa específica e as diversas propriedades de resistência da madeira verde e seca demonstram que tais propriedades aumentam com o aumento na massa específica, sendo que essa relação é mais acentuada para madeiras secas do que para as verdes. Contudo, a massa específica só é um excelente indicativo sobre as propriedades mecânicas da madeira para madeiras de grã direita e livre de defeitos, ou seja, sem a influência de outros fatores negativos.

Para BUSNARDO *et al.* (1987), a massa específica da madeira é uma característica complexa, resultante da combinação de caracteres anatômicos, físicos e químicos.

A respeito da variabilidade da massa específica básica, deve-se considerar as variações existentes entre gêneros, entre espécies pertencentes ao mesmo gênero, bem como entre árvores de um povoamento.

Ela varia significativamente em função da taxa de crescimento, local de origem, espaçamento, idade, procedência, entre gêneros, espécies, entre árvores da mesma espécie, e dentro da mesma árvore e ainda no sentido base-topo e medula-casca (Figura 04).

FIGURA 04 - ESQUEMA DE VARIAÇÃO DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DENTRO DA ÁRVORE – *PINUS RADIATA*



Fonte: COWN; McCONCHIE (1980).

3.8.2 Contração e inchamento da madeira.

A contração e o inchamento da madeira, são propriedades importantes para a avaliação da qualidade da madeira (BOTOSSO, 1997).

A secagem da madeira é um processo bastante complexo e que depende da sua massa específica, porosidade e dimensões da peça. Quando uma peça perde água diminuindo sua umidade, além da massa, ela sofre uma diminuição em suas dimensões lineares e conseqüentemente em seu volume.

As variações dimensionais para a madeira processam-se praticamente até um valor fixo de umidade, que para a maioria das espécies está em torno de 28%; este valor é denominado ponto de saturação das fibras da madeira (PSF).

Segundo SKAAR (1972), citado por KLOCK (2000), a ordem de grandeza da contração entre o ponto de saturação das fibras e o estado completamente seco, para as madeiras normais da maioria das espécies (folhosas e coníferas), varia entre 6,0% e 12,0 % para a contração tangencial, 3,0% a 6,0% para a contração radial e 0,1% a 3,0% para a contração longitudinal.

MUÑIZ (1993) obteve os seguintes valores médios para a madeira de *Pinus taeda*, de árvores de 30 anos de idade: 9,30% para contração máxima volumétrica; 5,89% para contração máxima tangencial; 3,01% para contração máxima radial; 0,32% para contração máxima longitudinal, e 1,95 para anisotropia de contração; para madeira juvenil. A madeira adulta apresentou contrações volumétrica e lineares estatisticamente superiores, que foram de 13,38%, 7,61% e 4,71%, respectivamente. Já a contração longitudinal e a anisotropia de contração forma significativamente menores na madeira adulta, 0,18% e 1,60 respectivamente.

Os resultados encontrados na literatura por pesquisadores como TOMASELLI (1980) e KLOCK (1989), também indicam a tendência das contrações volumétrica, tangencial e radial, se elevarem na madeira adulta, enquanto acontece o contrário para

a contração longitudinal e para a anisotropia de contração.

A massa específica da madeira está intimamente ligada com a sua umidade, por causa das variações de massa e volume. Conseqüentemente as propriedades de retratibilidade da madeira estão fortemente relacionadas com a sua massa específica. De maneira que, estas propriedades irão aumentar praticamente de forma linear com o aumento da massa específica. (KOLMANN & COTÊ, 1968).

Segundo DURLO e MARCHIORI (1992), o mais importante índice para se avaliar a estabilidade dimensional da madeira é o coeficiente ou fator anisotrópico, definido pela relação entre as contrações tangencial e radial (T/R). Tal relação, freqüentemente, explica as deformações da madeira que ocorrem durante a secagem. A utilização da madeira para produtos finais de alta estabilidade requer um fator anisotrópico baixo. Segundo os mesmos autores, uma anisotropia de contração igual a 1 representa uma alteração igual de dimensões nos sentidos radial e tangencial, situação considerada ideal e que não provocaria formação de tensões internas. Quanto maiores forem os desvios nesses dois sentidos, mais alta será a anisotropia de contração e maiores serão os danos na madeira na fase de secagem.

Os mesmos autores estabeleceram a seguinte classificação da madeira em função dos seus coeficientes de anisotropia:

1,2 a 1,5 - considerada excelente, ocorrendo em madeiras como cedro, sucupira, mogno, balsa, entre outras espécies;

1,5 a 2,0 - considerada normal, ocorrendo em madeiras como ipê, pinus, peroba rosa, teca, entre outras espécies;

Acima de 2,0 – considerada como ruim, que poderá ocorrer em madeiras de araucária, imbuia, álamo, jatobá, entre outras espécies.

O fator anisotrópico, tomado de forma isolada, no entanto, não caracteriza uma madeira como sendo estável, causando, ao contrário, uma falsa sensação de estabilidade. Coeficientes de anisotropia de contração baixos, oriundos de contrações tangencial e radial elevadas, revelam uma madeira com alta instabilidade dimensional (ROCHA, 2000).

3.9 NODOSIDADE

Uma importante fonte de variação da madeira é a presença dos nós, e sua frequência, tamanho, posição e o tipo (vivo ou morto) determinam a qualidade da madeira, principalmente para obtenção de produtos sólidos. Na indústria de celulose estes defeitos são, às vezes, menos importantes, sendo separados no início do processo ou mesmo desagregados nos processos químicos. O nó é definido como uma porção do galho que foi incorporado no tronco da árvore e consiste basicamente de fibras de madeira de compressão, as quais são morfológicamente diferentes das fibras de madeira normal. A madeira que compreende a região de nós apresenta desvios acentuados de suas células, formando elevado ângulo de grã, irregularidades nos anéis de crescimento, além de descontinuidade entre o nó e a madeira circundante, resultando em redução da resistência (THUNELL, 1958). Os nós também apresentam baixo teor de umidade, com uma densidade básica duas vezes maior que aquela de madeira normal e alto teor de extrativos (SAHLBERG, 1995), influenciando também as características superficiais da madeira. Por esse motivo, BROWN (1979) considerou os nós como o mais sério defeito da madeira de *P. radiata*.

As espécies do gênero *Pinus* têm propensão para produzir galhos, resultando na produção de madeira com muitos nós.

O tamanho e a quantidade de nós na madeira serrada dependem da sua posição e das características da tora original. As características das toras, por sua vez, dependem de fatores genéticos das árvores que lhes dão origem, do espaçamento inicial na formação da floresta e do manejo a que foi submetida. Quando as florestas não são adequadamente formadas e manejadas, geralmente os nós são muito numerosos.

O menor espaçamento influi na forma da copa e estimula a desrama natural, característica desejada para a produção de madeira livre de nós.

Os nós constituem, junto com o diâmetro, comprimento e forma do tronco, a característica mais importante na avaliação da madeira bruta. A classificação da madeira serrada é feita em primeira linha, segundo o seu grau de nodosidade (SPELTZ, 2000).

De acordo com SCOLFORO (1997), espaçamentos menores são necessários para espécies que apresentam tendência a produzir galhos laterais inclinados e grossos.

O tamanho e a quantidade de nós na madeira serrada depende de sua posição na tora e das características da mesma, que por sua vez, dependem de fatores genéticos, do espaçamento da floresta e do manejo a que foi submetida (SOLFORO, 1997).

Segundo SPELTZ (2000), com o aumento do espaçamento entre árvores e da insolação recebida, há ativação no crescimento de galhos e um retardamento da desrama natural da parte inferior da copa. Como conseqüências, o diâmetro dos galhos aumenta e com isto haverá uma maior depreciação da madeira pelo aumento da superfície dos nós. Além disso, depois da queda do galho, o tempo de decomposição e cicatrização da porção basal aumenta.

A quantidade de nós esta relacionada a fatores genéticos, variando entre espécies, podendo ser controlada por práticas silviculturais, tais como, espaçamentos e desramas. Estudos buscando técnicas para redução dos nós na madeira têm questionado a qualidade e viabilidade econômica das técnicas de desrama como forma de reduzir o problema. Os povoamentos comerciais plantados em estreitos espaçamentos iniciais apresentam uma desrama natural na parte inferior do tronco. Com o crescimento da árvore em diâmetro, os nós ficam restritos à região interna da árvore, ou seja, na madeira juvenil.

Segundo COWN (1992), uma das implicações do uso de madeira da região interna do tronco (madeira juvenil) é a presença de grande quantidade de nós. Essa quantidade de nós aumenta substancialmente com a altura do tronco, na direção da copa da árvore (LARSON et al., 2001), contribuindo para redução do valor das toras obtidas a determinada altura do fuste.

De acordo com KNIGGE & SCHULZ (1966), a nodosidade desempenha um papel tão importante para as peças de dimensões estruturais que sua menor resistência com relação aos corpos de prova livres de defeitos pode ser vista como conseqüência quase exclusiva da ocorrência e distribuição dos nós.

Em peças estruturais sujeitas à flexão estática, os esforços são maiores na porção média do comprimento e nas partes extremas da altura da seção. Por esta razão, o efeito dos nós sobre a resistência é maior quando localizados nas partes mencionadas (LAVERS, 1974; KOLLMAN & COTÉ, 1968; SUNLEY, 1974).

No caso de madeira serrada, o diâmetro dos nós assume uma importância decisiva, tendo em vista que a quantificação dos mesmos é dada percentualmente em relação à largura real por metro de comprimento da peça, considerando a soma de todos os seus diâmetros.

Para BAMBER & BURLEY (1983), o efeito dos nós na resistência de peças estruturais depende de seu tamanho em relação à seção transversal da peça. Desta forma, é mais desejável a ocorrência de nós pequenos e freqüentes do que de nós grandes e menos freqüentes, particularmente se ocorrem em verticilos. Por essa razão, as árvores multinodais são preferidas as uninodais.

A direção das fibras é severamente alterada em torno do nó. Conforme STANALKER & HARRIS (1989), nesta região as cargas aplicadas causam tensão de tração normal às fibras da madeira. Como a resistência à tração normal da madeira é muito baixa, o enfraquecimento devido ao nó torna-se significativo.

De maneira aproximada, a magnitude do efeito nas propriedades de resistência depende dos seguintes fatores: proporção da seção transversal da peça de madeira ocupada pelo nó e localização do nó e da distribuição das tensões na peça (STANALKER & HARRIS, 1989).

Os nós além de serem mais resinosos do que a madeira circundante, influenciam também as características superficiais da madeira como, por exemplo, o aparecimento freqüente de rachaduras. BROW (1979), por esse motivo, considerou os nós como o

mais sério defeito para a madeira de *Pinus radiata*.

MAYER (1977) afirma que há necessidade de se estabelecer classes de qualidade da madeira que sirvam de base para direcionar algumas medidas silviculturais. O mesmo autor salienta que estas classes devem basear-se em diversas características, dentre as quais destacam-se a nodosidade e a inclinação da grã.

3.10 CONICIDADE E RENDIMENTO

A conicidade caracteriza-se pela diminuição do diâmetro ao longo do fuste no sentido da base para a copa da árvore.

A forma ideal do tronco é a cilíndrica, mas a conicidade é uma característica normal devido, principalmente, à natureza do seu crescimento e a fatores genéticos.

A conicidade e, principalmente, a tortuosidade, são fatores extremamente importantes no processamento em serraria e laminação, onde o rendimento e a qualidade da madeira são drasticamente afetados (PONCE, 1984).

Segundo TSOUMIS (1991), o volume de madeira convertida de um determinado volume de toras é influenciado por vários fatores relacionados a:

- Toras: diâmetro, comprimento, conicidade, defeitos, classes de diâmetro;
- Máquinas: corte, condição e manutenção, variação de corte;
- Estrutura de corte: dimensão das peças, número de linhas de corte;
- Planejamento; e
- Operadores: habilidades, treinamento e experiência.

A conicidade do fuste é uma característica que pode ser influenciada pelo espaçamento e, conseqüentemente, apresentar influência na produção real de madeira pelo seu efeito, principalmente, sobre a altura comercial.

Ao considerar a forma do tronco verifica-se que, nos espaçamentos menores, as árvores tendem a ser mais cilíndricas (menor conicidade). Segundo LARSON (1969), a maior conicidade nos espaçamentos maiores deve-se à manutenção de uma maior altura da copa e, conseqüentemente, um maior crescimento do diâmetro da base da

copa. Nos espaçamentos menores ocorre, devido à competição, uma diminuição gradativa da altura de copa em função da desrama ou morte dos galhos inferiores. Portanto, a base da copa, onde se concentra o crescimento, vai sendo alterada e o crescimento do diâmetro ocorre de forma mais distribuída ao longo do tronco.

Peças de madeira provenientes de árvores com acentuada conicidade apresentam grã oblíqua. A origem deste defeito pode ser atribuída a vários fatores, como as características próprias da espécie, idade das plantas, influências externas que façam com que as árvores desenvolvam de forma acentuada a base do tronco para melhor resistir às injúrias, copa de grandes dimensões, etc. A conicidade pode ser em parte controlada por medidas silviculturais adequadas, como podas e espaçamento, entre outros.

ASSINI et al. (1984) analisando a relação entre madeira roliça e serrada de dois lotes, verificaram que o menor rendimento obtido em um deles poderia ser atribuído pela maior conicidade das toras, resultando na retirada de maior volume de costaneiras.

A tabela 05 apresenta alguns valores encontrados na literatura sobre rendimento para madeira serrada.

TABELA 05 – VALORES DE RENDIMENTO ENCONTRADOS NA LITERATURA.

Fonte	Referência	Rendimento %
FAO (1968)	Madeira Serrada de Conífera	59,80%
VIANA NETO (1984)	Madeira serrada de <i>Pinus taeda</i> c/ 11 anos	32,7 %
	<i>Pinus taeda</i> em diferentes classes de diâmetro	
OLANDOSKI	18 – 22,9 cm	49,74%
& BRANDI (1997)	23 – 27,9 cm	51,87%
	28 – 32,9 cm	53,09%

3.11 CLASSIFICAÇÃO DA MADEIRA

A madeira é um material natural e, por isso, apresenta defeitos e várias características que devem ser conhecidas e levadas em conta em qualquer aplicação que seja feita. A classificação da madeira serrada por categorias, enquanto se desenvolve o seu processamento, permite determinar em boa parte o valor e a utilização de cada tábua.

De acordo com NASCIMENTO (2001), a classificação da madeira é um procedimento que permite uma utilização mais ampla e segura, sendo que esta classificação pode estar baseada apenas na inspeção das características visuais.

A classificação visual das peças de madeira leva em conta algumas características, tais como a presença, o tamanho, a frequência e a localização dos nós, a massa específica, a inclinação da grã, a proporção de lenho tardio, a presença de madeira de reação, entre outras.

As técnicas de classificação visual são, há tempo, estudadas, permitindo assim, em vários países, a edição de normas por órgãos de padronização, que estipulam que características podem ou não ocorrer e em que tamanho ou proporção, em certa classe de qualidade.

3.12 AVALIAÇÃO NÃO DESTRUTIVA DA MADEIRA

A avaliação não destrutiva tem sido usada na área florestal para uma série de finalidades, desde a matéria-prima bruta até a classificação de produtos dentro das indústrias, além de outras aplicações como avaliação “in loco” de partes de madeira ou estruturas montadas, postes e, até mesmo, árvores ornamentais. Várias pesquisas têm sido desenvolvidas com técnicas não destrutivas para avaliação das propriedades da madeira, especialmente para propriedades físicas, mecânicas e defeitos. Por definição, avaliação não destrutiva é uma técnica de identificação das propriedades de um determinado material sem alterar sua capacidade de uso futuro, utilizando as informações para tomadas de decisões com relação às aplicações apropriadas do

material avaliado (ROSS, et al., 1998).

As vantagens que os métodos não destrutivos têm sobre os métodos tradicionais são significativas, destacando-se a possibilidade de utilização posterior da peça testada, a rapidez de aplicação do método, a confiabilidade dos valores obtidos, a redução das perdas de material, a classificação de peças em classes de qualidade e resistência, e a detecção de defeitos internos antes do beneficiamento, além das vantagens financeiras proporcionadas pelo conjunto de vantagens citadas.

Todo método não destrutivo usa alguma forma de propagação de energia através ou em volta de um material para deduzir algumas características importantes do material examinado. Essa energia pode resultar de cargas estáticas ou dinâmicas, ou pode ser gerada por ondas eletromagnéticas ou elásticas (SCHAD et al., 1996).

A hipótese fundamental para avaliação não destrutiva de produtos de madeira foi inicialmente proposta por JAYNE (1959), ao verificar que as propriedades de armazenamento e dissipação de energia da madeira, que podem ser medidas de forma não destrutiva através de uma série de técnicas estáticas e dinâmicas, são controladas pelos mecanismos que determinam as propriedades mecânicas desse material. Essas propriedades, especialmente o módulo de elasticidade (MOE) e o módulo de ruptura (MOR) são relacionados, nessa teoria, com a energia armazenada e com a dissipação de energia, respectivamente (MATOS, 1997). Assim, relações matemáticas entre essas propriedades puderam ser estabelecidas. A medição dos fatores de dissipação sob condições de baixa tensão torna possível a estimativa das propriedades de resistência, que são, normalmente, determinadas pela complexa ruptura do material no caso dos métodos destrutivos (PELLERIN, 1965).

A técnica de avaliação não destrutiva de ondas de tensão vem sendo investigada há mais de 30 anos e tem sido utilizada para diversas aplicações na indústria de produtos florestais. É o método acústico mais utilizado, onde as ondas sonoras são geradas a partir de um impacto ou de vibração forçada. Devido à dificuldade de induzir uma vibração forçada ao objeto, a maioria das avaliações é conduzida com base no método de impacto (PUEHRINGER, 2002). Neste método, a aplicação e

medição das ondas de tensão consiste no posicionamento de dois transdutores acelerômetros sobre o material a ser avaliado. Uma onda acústica é induzida ao material através do choque de um martelo, pêndulo ou outros materiais. Quando a onda alcança o acelerômetro de partida, uma contagem de tempo, em microssegundos, é iniciada no instrumento. Quando esta atinge o acelerômetro de parada, a contagem de tempo cessa e o aparelho registra e mostra o tempo decorrido de trânsito da onda de tensão, entre os acelerômetros, através do material (SCHAD et al., 1996; MATOS, 1997). Os tempos registrados em microssegundos são utilizados para o cálculo da velocidade de propagação das ondas.

Esse método pode ser empregado para diferentes estágios da madeira, desde a árvore em pé até os diferentes produtos finais obtidos (WANG et al., 2001).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAL DE ESTUDO

A espécie de madeira utilizada neste trabalho foi a de *Pinus taeda* L., natural do Sul dos Estados Unidos da América, introduzida no Brasil, onde é plantada nas Regiões Sul e Sudeste do País. Esta espécie do gênero *Pinus* é uma das duas mais plantadas e utilizadas industrialmente no País, sendo encontrada em extensos plantios, onde cresce com elevado ritmo e vigor, sendo utilizada como matéria-prima, principalmente, para a produção de celulose e papel de fibra longa, para a produção de laminados, compensados, chapas de fibra e de partículas, como também para a produção de madeira serrada destinada às mais diversas aplicações.

O material utilizado para este estudo foi obtido de 45 árvores de *Pinus taeda* L., provenientes de plantio experimental, com 21 anos de idade, localizado na Fazenda Paul, de propriedade da RIGESA- MeadWestvaco, localizada no Município de Três

Barras, Norte do Estado de Santa Catarina a 26º 06'47'' de latitude sul e 50º 18'28'' a oeste do Meridiano de Greenwich.

O material genético é oriundo de uma área de produção de sementes (APS) da própria empresa e foi estabelecida a partir da conversão de um talhão comercial (de alta produção volumétrica e uniformidade), com base nos seguintes critérios: seleção do material genético (árvores dominantes e/ou co-dominantes) com base no seu fenótipo, ou seja: volume individual (em função do DAP e altura total), retabilidade do fuste, espessura e ângulo de inserção dos galhos, árvores livres de ataque de pragas e/ou doenças.

A Figura 05 ilustra a localização geográfica da região de coleta do material.

FIGURA 05 – VISUALIZAÇÃO DA LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA, DA REGIÃO DE COLETA DO MATERIAL DE ESTUDO NO ESTADO DE SANTA CATARINA.



O material utilizado neste estudo é proveniente de plantio experimental, implantado dentro do mesmo sítio. As árvores foram plantadas com diferentes espaçamentos iniciais, sendo que as mesmas não foram podadas, bem como nenhum talhão foi desbastado. A amostragem foi realizada em árvores plantadas em nove diferentes espaçamentos, conforme apresentado na tabela 06.

TABELA 06 – DESCRIÇÃO DOS TRATAMENTOS.

Tratamento	Espaçamento (m X m)	No. Árv./ha	Área por árvore (m ² /árvore)
T1	1,5 x 2,0	3.333	3,00
T2	1,5 x 2,5	2.666	3,75
T3	1,5 x 3,0	2.222	4,50
T4	2,5 x 2,0	2.000	5,00
T5	2,5 x 2,5	1.600	6,25
T6	3,5 x 2,0	1.428	7,00
T7	2,5 x 3,0	1.333	7,50
T8	3,5 x 2,5	1.142	8,75
T9	3,5 x 3,0	952	10,50

4.2 DESCRIÇÃO DO LOCAL

O clima da região segundo classificação de Koppen, é classificado como cfb. Pertencente ao grupo C, mesotérmico com temperaturas do mês mais frio abaixo de 18°C e acima e acima de 3°C, com ocorrência de geadas. Tipo úmido (f) sem estação seca bem distinta, sendo que não há índices pluviométricos mensais inferiores a 60 mm e verão fresco (b), onde as temperaturas do mês mais quente estão abaixo de 22°C; umidade relativa média anual de 82% a 84%.

Com relação à vegetação, a região é classificada como floresta Ombrófila mista.

Na figura 06, vistas do talhão experimental, com 21 anos de idade, localizado na Fazenda Paul.

FIGURA 06 – VISTA PARCIAL DO PLANTIO EXPERIMENTAL (TALHÃO).



4.3 AMOSTRAGEM E PREPARAÇÃO DO MATERIAL

Neste estudo, para cada tratamento (espaçamento), foram amostradas cinco árvores, buscando não amostrar árvores próximas entre si, bem como afastadas da bordadura, buscando evitar interferências no crescimento das árvores, totalizando, desta forma, 45 árvores. O aspecto visual do fuste, estabelecido para a seleção das árvores, foi o tronco cilíndrico, reto, sem bifurcações ou defeitos, para evitar a presença excessiva de lenho de compressão, ou defeitos que possam interferir nos resultados.

Para cada árvore amostrada foram aproveitadas, para este estudo, duas toras, com comprimento aproximado de 3,15 m, juntamente com os discos que foram coletados em cinco posições relativas, na base da árvore, 25%, 50%, 75% e 100% da altura comercial de cada indivíduo, utilizando para tanto, como parâmetro, o diâmetro mínimo de oito centímetros. Também foram coletados toretes com 60 cm de comprimento, a 25 % da altura comercial, para avaliação das propriedades de retratibilidade da madeira.

O comprimento das toras foi definido em função do sistema de desdobro utilizado na serraria da empresa MADEM.

FIGURA 07 – VISTA INTERNA DO PLANTIO E SELAÇÃO DAS ÁRVORES PARA ESTUDO.



Toda a identificação das árvores, das toras e dos discos foi feita com plaquetas plásticas numeradas em sequência.

A figura 08 ilustra o esquema de amostragem adotado, onde:

- Discos (base, 25%, 50%, 75% e 100%) = Discos retirados nas alturas relativas à altura comercial.

FIGURA 08 - ESQUEMA DA AMOSTRAGEM UTILIZADA NAS ÁRVORES.

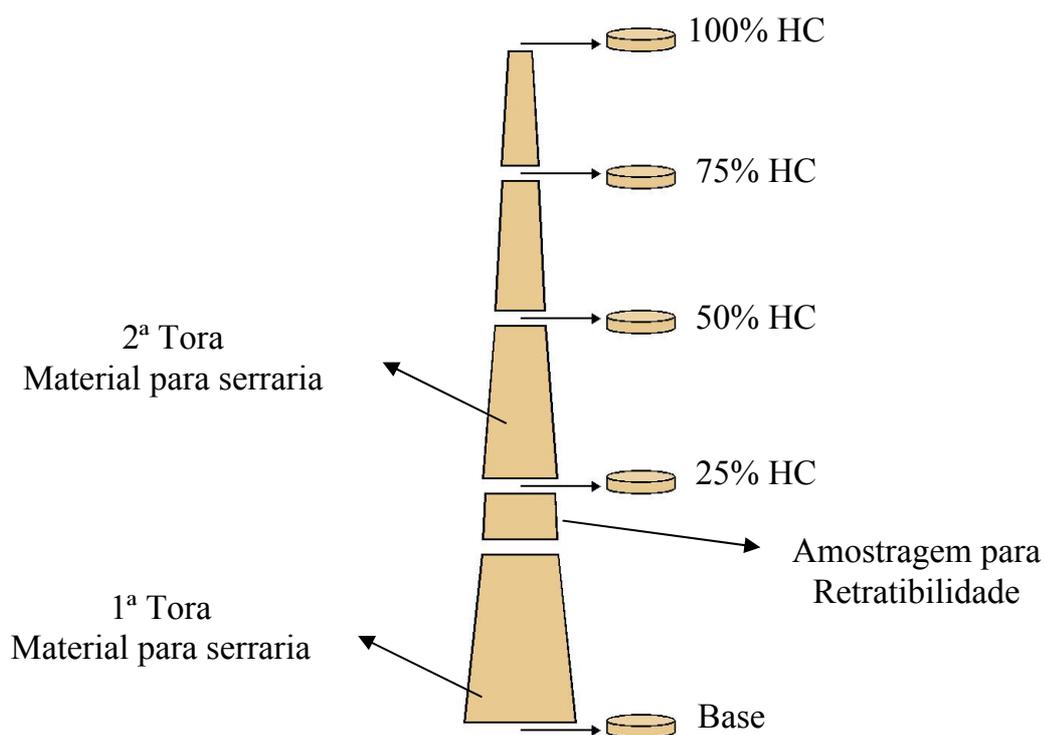
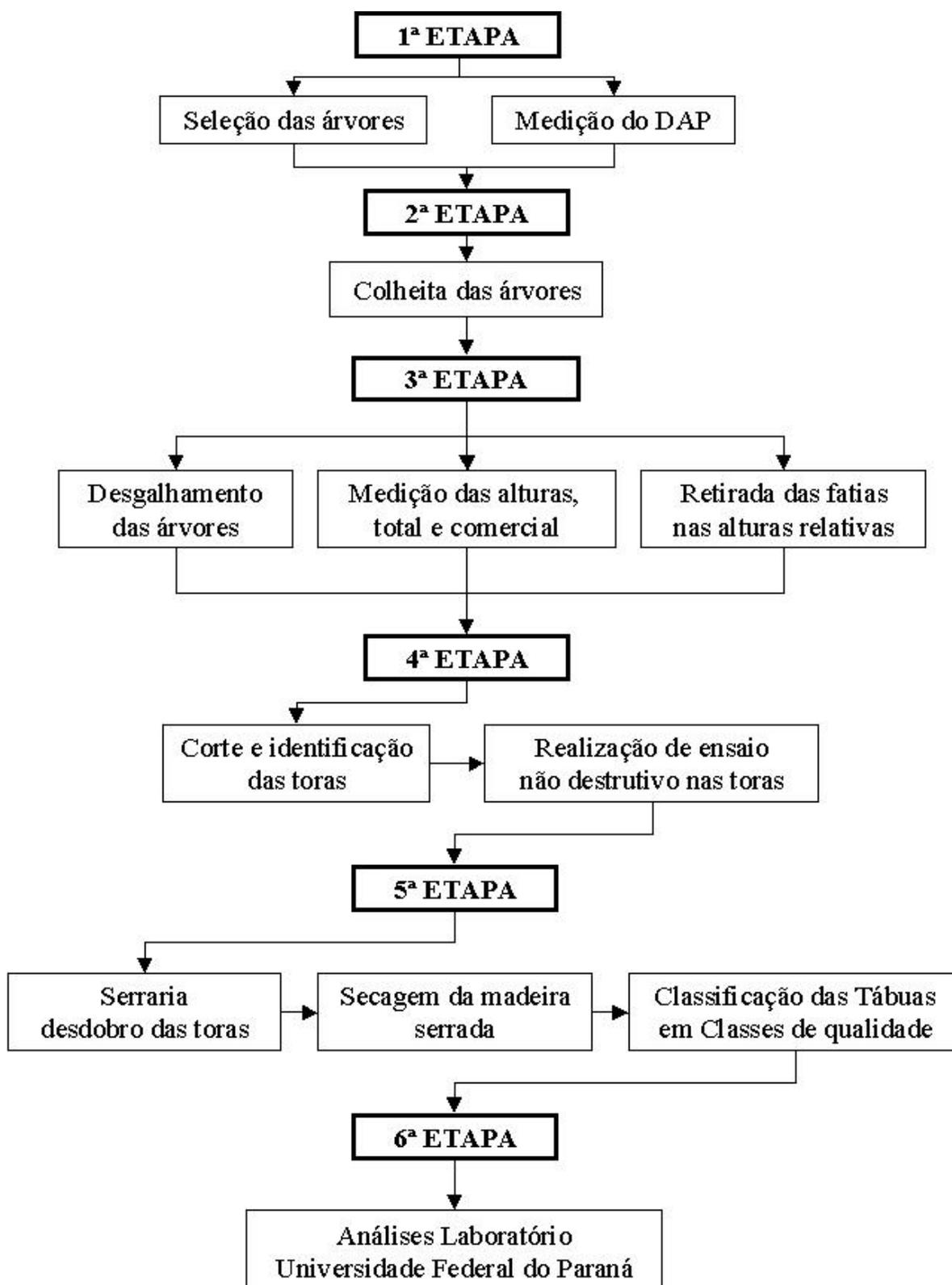


FIGURA 09 - SEQUÊNCIA DO PROCESSO DE AMOSTRAGEM, COLETA DAS ÁRVORES, PROCESSAMENTO E ANÁLISE DO MATERIAL DE ESTUDO.



A tabela 07 apresenta a característica das árvores coletadas para o estudo, diâmetro a altura do peito (DAP), altura total e altura comercial.

TABELA 07 – PROCEDÊNCIA E CARACTERÍSTICAS DAS ÁRVORES AMOSTRADAS.

Informações das Árvores amostradas nos espaçamentos				
Tratamento	Espaçamento (m x m)	DAP (cm)	Altura Total (m)	Altura Comercial. (m)
T1	1,5 x 2,0	31,194	28,60	24,53
		26,738	27,50	24,10
		27,375	27,70	23,40
		21,963	27,18	21,70
		26,420	27,50	24,30
T2	1,5 x 2,5	25,783	27,15	24,40
		27,693	27,20	24,22
		24,828	27,64	23,60
		30,876	27,90	23,20
		23,237	26,20	21,80
T3	1,5 x 3,0	25,465	27,50	23,90
		28,648	27,00	21,80
		27,375	27,80	24,00
		24,828	27,25	23,50
		28,011	27,50	24,40
T4	2,5 x 2,0	28,330	27,50	24,10
		26,101	28,50	23,70
		23,555	27,50	23,20
		32,149	28,44	24,30
		24,510	27,04	23,56

Continuação da Tabela 07.

Tratamento	Espaçamento (m x m)	DAP (cm)	Altura Total (m)	Altura Comercial. (m)
T5	2,5 x 2,5	28,966	26,10	23,10
		27,375	27,20	23,70
		28,966	27,16	24,10
		24,510	26,40	22,63
		26,738	24,47	24,47
T6	3,5 x 2,0	26,420	26,40	23,50
		33,423	25,90	23,40
		31,513	26,90	24,20
		21,645	24,50	21,30
		31,194	26,70	22,50
T7	2,5 x 3,0	22,282	25,30	22,00
		32,468	27,20	27,80
		28,648	27,30	23,30
		28,330	27,20	23,50
		26,738	26,70	23,30
T8	3,5 x 2,5	34,696	27,80	24,40
		24,828	25,75	21,40
		27,375	27,20	24,30
		31,831	27,50	23,70
		34,696	27,70	24,00
T9	3,5 x 3,0	28,966	26,85	22,50
		30,876	25,90	22,00
		31,513	26,92	24,00
		31,831	27,10	23,40
		32,786	27,60	24,00

Todas as toras devidamente identificadas foram transportadas para a serraria da empresa MADEM, localizada no Município de Rio Negro, Estado de Santa Catarina, onde foram desdobradas seguindo sistema de corte da empresa.

Os discos coletados nas árvores amostradas para este estudo, todos devidamente identificados e embalados, foram transportados para o Laboratório de Tecnologia da Madeira, do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, Paraná.

As figuras 10 e 11 ilustram as etapas de coleta do material para estudo, seccionamento e identificação das toras, das árvores de *Pinus taeda* na área de propriedade da empresa RIGESA – MeadWestvaco.

FIGURA 10 – COLHEITA MECANIZADA DAS ÁRVORES.



FIGURA 11 – VISTA PARCIAL DAS TORAS SECCIONADAS E IDENTIFICADAS.



4.4 CARACTERÍSTICAS DAS ÁRVORES AMOSTRADAS

Para a determinação das características dendrométricas das árvores amostradas utilizou-se as medidas realizadas a campo que estão apresentadas na tabela 07 da página 39, diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (Ht) e altura comercial (Hc). O incremento médio anual em diâmetro (IMAd) foi calculado utilizando-se a seguinte relação:

$$IMAd = \frac{DAP}{idade} (cm / ano)$$

Onde:

IMAd = Incremento médio anual em diâmetro (cm/ano).

DAP = diâmetro à altura do peito (cm).

Idade = idade das árvores.

4.5 PROPRIEDADES FÍSICAS

4.5.1 Determinação da massa específica básica das árvores

Para a determinação da massa específica básica (relação entre massa seca em estufa e o volume no estado completamente saturado) foram utilizados os discos sem casca, coletados em 05 posições, ao longo do fuste de cada árvore, ou seja, na base, a 25 %, 50 %, 75 % e 100% da altura comercial.

Em cada disco foram retiradas cunhas diametralmente opostas, as quais foram submersas em água até atingirem a saturação (peso constante). A seguir, foi determinada a massa específica básica segundo a metodologia prescrita pela ASTM D 2395-93 (1995). A determinação do volume foi feita pelo método de pesagem. Após a obtenção do volume, as cunhas foram colocadas em estufa com temperatura de 103°C ± 2°C para secagem até peso constante, obtendo-se o peso completamente seco.

A massa específica básica foi calculada utilizando a seguinte relação:

$$\rho_b = M_s / V_u \text{ (kg / m}^3\text{)}$$

Onde:

ρ_b = Massa específica básica (kg/m³)

M_s = Massa seca em estufa a 103 ± 2° C (kg)

V_u = Volume saturado (m³)

Para o cálculo da massa específica básica média das árvores, utilizou-se a média ponderada, pois cada cunha avaliada ao longo do fuste, representa um valor correspondente a uma maior ou menor porção dentro do volume total da árvore, dependendo de sua localização. A massa específica básica ponderada foi calculada utilizando a seguinte relação:

$$\rho_b = \frac{0,5 \times \left\{ \left[(D_1^2 + D_2^2) \times (d_1 + d_2) \right] + \dots + \left[(D_{n-1}^2 + D_n^2) \times (d_{n-1} + d_n) \right] \right\}}{\left[D_1^2 + D_n^2 + 2 \times (D_2^2 + \dots + D_{n-1}^2) \right]}$$

Onde:

ρ_b = Massa específica básica média ponderada da amostra (Kg/m³)

D_1 = Diâmetro médio da base (cm)

D_2 = Diâmetro médio a 25 % da altura comercial (cm)

D_{n-1} = Diâmetro médio do penúltimo disco (cm)

D_n = Diâmetro médio do último disco a altura commercial (cm)

d_1 = Massa específica básica do disco da base (Kg/m³)

d_2 = Massa específica básica do disco a 25 % da altura comercial (Kg/m³)

d_{n-1} = Massa específica básica do penúltimo disco (Kg/m³)

d_n = Massa específica básica do último disco (Kg/m³)

Para a avaliação do comportamento da distribuição da massa específica básica ao longo do fuste nas posições relativas, utilizou-se o valor médio determinado em cada posição sem ponderar a média geral.

4.5.2 Determinação da massa específica aparente a 12 % de umidade

A massa específica aparente foi determinada através dos corpos de prova utilizados na determinação da retratibilidade da madeira de *Pinus taeda*, todos retirados a 25% da altura comercial das árvores, pela relação massa e volume, após acondicionamento em câmara climatizada com temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, e umidade relativa de $65\% \pm 3\%$, para se obter umidade de equilíbrio da madeira próximo a 12%. O volume foi determinado através do método estereométrico: através da medição das dimensões dos corpos de prova, com micrômetro para medições nos sentidos tangencial e radial, e paquímetro digital para medição no sentido longitudinal.

A relação utilizada para o cálculo foi:

$$\rho_{ap} = M_{ap} / V_{ap} \text{ (kg / m}^3\text{)}$$

Onde:

ρ_{ap} = Massa específica aparente a 12% de umidade (kg/m³)

M_{ap} = Massa do corpo de prova após climatização (kg)

V_{ap} = Volume do corpo de prova após climatização (m³)

4.5.3 Determinação da retratibilidade

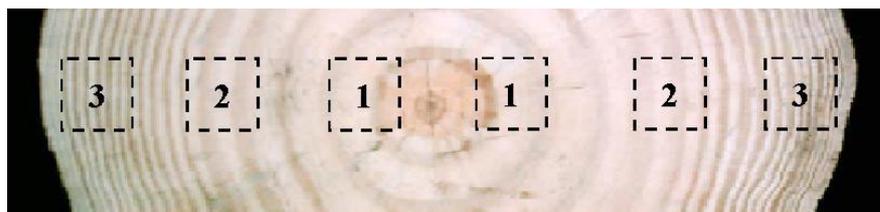
Foram determinados os coeficientes de contração máxima volumétrica e lineares tangencial, radial e longitudinal, anisotropia de contração e coeficientes de retratibilidade volumétrico, tangencial e radial.

Os corpos de prova para determinação das propriedades de retratibilidade foram extraídos das toras retiradas a 25% da altura comercial das árvores. Para tanto foi retirado de cada tora um pranchão a partir de onde foram confeccionados os corpos de prova.

Os corpos de prova foram extraídos de três posições distintas na direção medula casca, conforme figura 12. As posições da seção transversal do fuste 1, 2 e 3 indicam,

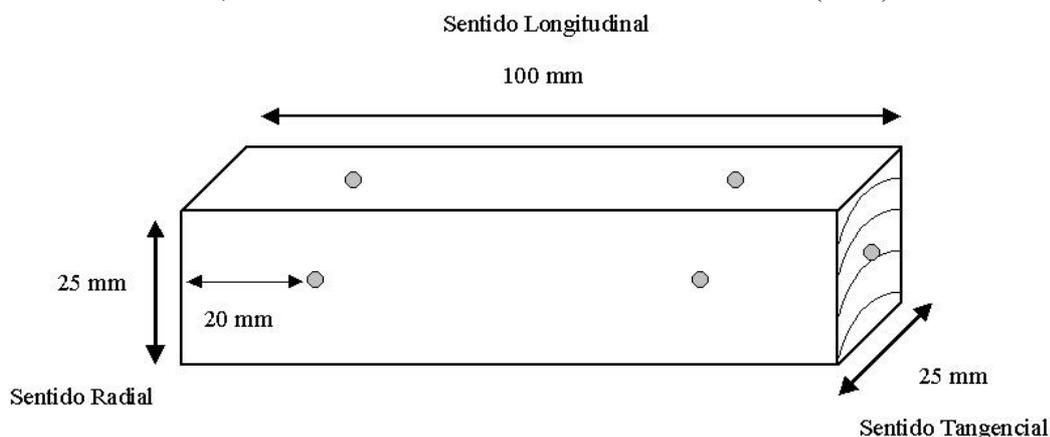
respectivamente, madeira juvenil, região de transição e madeira adulta. Os mesmos foram retirados nessas posições para poder amostrar a variação existente na seção transversal.

FIGURA 12 – POSIÇÃO DA RETIRADA DOS CORPOS DE PROVA NA SEÇÃO TRANSVERSAL DA TORA.



Os corpos de prova foram confeccionados nas dimensões de 2,5 x 2,5 x 10,0 cm, de acordo com a norma COPANT 462 (1972b), sendo orientados nos planos transversal, radial e tangencial (Figura 13). As medições nos corpos de prova das dimensões radial e tangencial foram feitas com micrômetro digital, e a longitudinal com paquímetro digital.

FIGURA 13 – CORPO DE PROVA PARA DETERMINAÇÃO DA RETRATIBILIDADE DA MADEIRA, DE ACORDO COM A NORMA COPANT 462 (1972).



As medições foram realizadas nas seguintes condições: verde (Teor de Umidade > 30 %); após a estabilização da massa em câmara climatizada com temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$, e umidade relativa de $65\% \pm 3\%$, para se obter umidade de equilíbrio da madeira próximo a 12 %; e após secagem em estufa a $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ até peso constante, sempre na mesma posição que foi previamente marcada no corpo de prova.

Os cálculos de retratibilidade foram realizados através das seguintes equações:

$$\beta_v = [(V_u - V_o)/V_u] \times 100 \quad (\%)$$

$$\beta_{(t,r,l)} = [(L_u - L_o)/L_u] \times 100 \quad (\%)$$

$$QR_v = [(V_{ac} - V_o) \times P_o] / [V_o \times (P_{ac} - P_o)] \quad (\%/ \%)$$

$$QR_{(t,r)} = [(L_{ac} - L_o) \times P_o] / [L_o \times (P_{ac} - P_o)] \quad (\%/ \%)$$

$$AC = \beta_t / \beta_r$$

onde:

β_v = coeficiente de contração máxima volumétrica (%).

$\beta_{(x)}$ = Coeficiente de contração máxima linear (%).

QR = Coeficiente de retratibilidade (%/ %).

AC = Anisotropia de contração.

L_u = dimensão no estado verde (mm).

L_{ac} = dimensão após acondicionamento (mm).

L_o = dimensão após secagem em estufa a $103^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ (mm).

P_{ac} = massa do corpo de prova após acondicionamento (g).

P_o = massa do corpo de prova seco em estufa a $103^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ (g).

V_{ac} = volume do corpo de prova após acondicionamento (mm^3).

V_u = volume do corpo de prova no estado verde (mm^3).

V_o = volume do corpo de prova seco em estufa a $103^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ (mm^3).

v = volumétrica.

x = direção t, r ou l, definida para a determinação da retratibilidade linear.

t = direção tangencial.

r = direção radial.

l = direção longitudinal.

4.6 DETERMINAÇÃO DA PROPORÇÃO DE MADEIRA JUVENIL.

A metodologia utilizada para determinação da proporção de madeira juvenil foi baseada na metodologia empregada por CLARK III & SAUCER (1989), que estudaram a influência do espaçamento inicial sobre a formação da madeira juvenil em *Pinus elliottii* E. e *Pinus taeda* L.

Para este estudo foram utilizadas as fatias da base, pois apresentavam todas as idades da madeira. Nestas fatias foram, primeiramente, medidos os diâmetros médios em cada idade com auxílio de uma régua graduada, possibilitando, assim, a obtenção da área basal das árvores a cada ano. Primeiramente lixaram-se os discos, em seguida traçou-se uma linha no maior raio da fatia, partindo da medula em direção a casca. Em seguida mediu-se 45° deste raio e então traçou-se duas linhas perpendiculares entre si, obtendo dessa maneira os diâmetros onde foram realizadas as medidas.

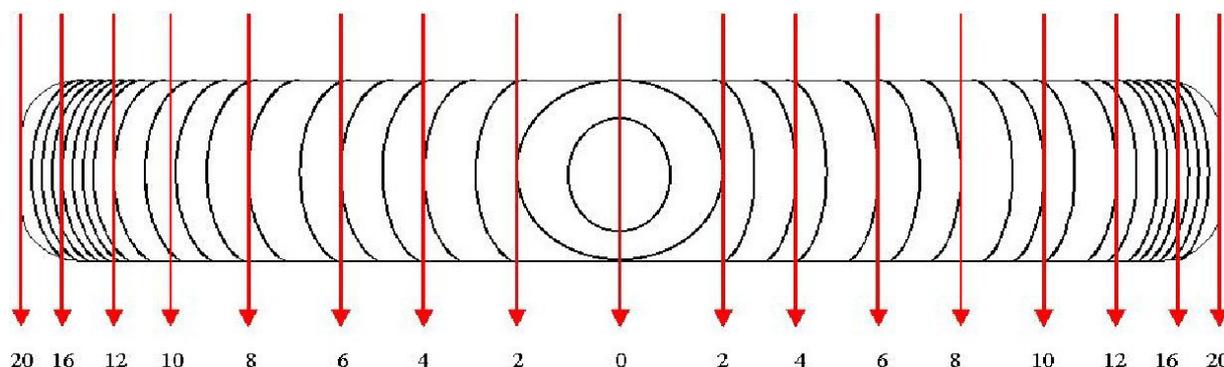
Em cada fatia, uma peça central foi retirada, com aproximadamente 50 mm de largura, sendo posteriormente dividida (separada) em segmentos correspondentes a dois anos cada um, começando na medula e terminando no câmbio (casca), conforme apresenta a figura 14. Para cada segmento foi determinada a massa específica básica utilizando a mesma relação usada para a determinação da massa específica básica nas fatias.

A idade estimada, na qual ocorre à transição da madeira juvenil para adulta, em cada amostra, foi feita através de análise visual, em conjunto com os valores de massa específica básica determinados para cada segmento.

As análises demonstraram, para todos os espaçamentos avaliados, que os valores de massa específica básica começaram a estabilizar entre 08 e 10 anos de idade, bem como, visualmente constatou-se a partir desta idade uma maior homogeneização no crescimento radial da seção transversal das árvores.

Deste modo utilizou-se como referência, neste estudo, a idade de 10 anos como sendo o limite entre a madeira juvenil e a madeira adulta.

FIGURA 14 – EXEMPLO DE SEGMENTAÇÃO DAS PEÇAS DE MADEIRA EM FUNÇÃO DA IDADE..



Depois de definida a idade limite de formação da madeira juvenil, com os valores dos diâmetros médios para cada idade, foi possível calcular a proporção de madeira juvenil produzida em relação à área basal das árvores amostradas para este estudo, utilizando-se a seguinte relação.

$$PMJ = \frac{\left(\frac{\Pi \times D_{JUV}^2}{4} \right) \times 100}{\frac{\Pi \times D_{AD}^2}{4}} (\%)$$

Onde:

PMJ = Proporção de Madeira Juvenil em relação a área basal (%).

D_{JUV} = Diâmetro médio da madeira juvenil (cm).

D_{AD} = Diâmetro médio da madeira adulta (cm).

4.7 DESDOBRO DAS TORAS

Ao chegar o material de estudo na serraria da empresa MADEM, antes de iniciar o desdobro, as toras foram descarregadas (Figura 15) e classificadas por classes de diâmetro, sendo que para cada classe diamétrica é utilizado o mesmo diagrama de corte, alterando apenas as dimensões das peças visando à otimização do desdobro. Esta classificação foi realizada no classificador de toras da própria empresa, conforme figura 16.

Depois de classificadas por classes de diâmetro, as toras foram separadas no pátio da serraria, onde foi realizada a cubagem rigorosa de todas as toras.

FIGURA 15 – CHEGADA DO MATERIAL NA SERRARIA.



FIGURA 16 – CLASSIFICAÇÃO DAS TORAS POR CLASSES DE DIÂMETRO.



Para a cubagem, foram realizadas medidas de circunferência com auxílio de uma fita métrica nas extremidades da cada tora. Também foram medidos os comprimentos de cada tora, bem como a espessura de casca, possibilitando assim calcular o volume de madeira em tora. O cálculo dos volumes foi feito com base na fórmula do volume de Smalian descrita a seguir.

$$V_1 = \left[\left(\frac{\pi \times d_1^2}{40.000} \right) + \left(\frac{\pi \times d_2^2}{40.000} \right) / 2 \right] \times L (m^3)$$

onde:

V_1 = Volume da tora (m^3)

d_1 = diâmetro maior da tora sem casca (cm)

d_2 = diâmetro menor da tora sem casca (cm)

L = Comprimento da tora (m)

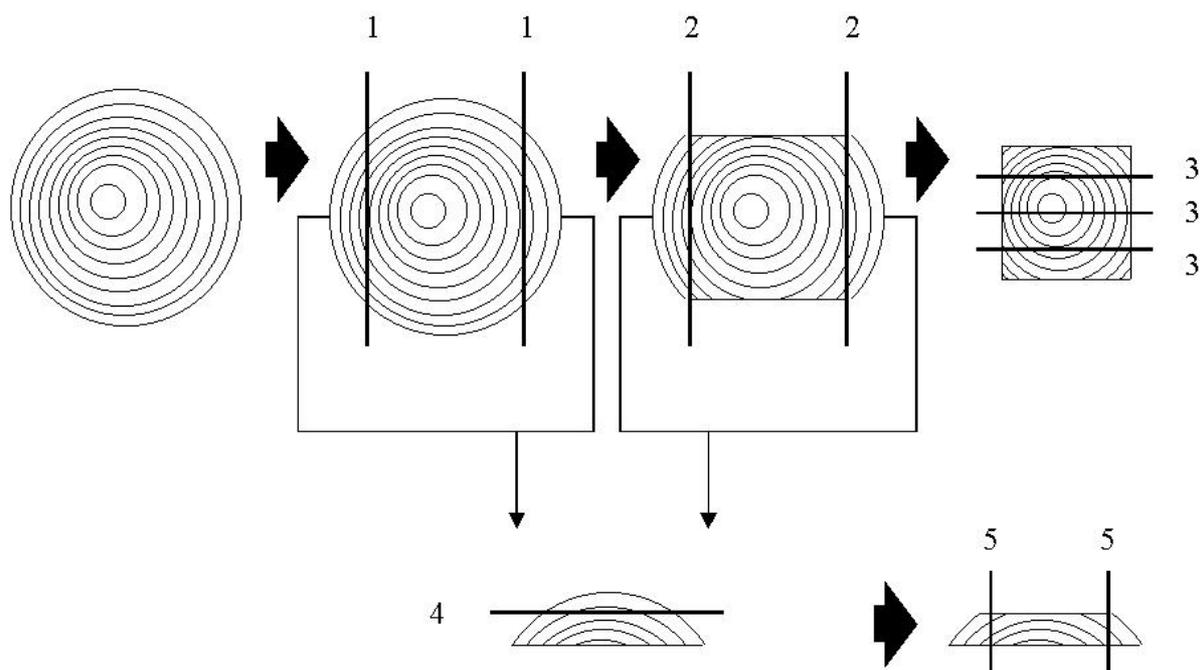
Em seguida as toras foram pintadas nos topos conforme seqüência de entrada na serraria para permitir a rastreabilidade de todo o material que foi serrado, conforme figura 17.

FIGURA 17 –TORAS COM TOPOS PINTADOS E ACOMPANHAMENTO DAS TÁBUAS NO PROCESSO.



O sistema de desdobro utilizado para o corte das toras foi o seguinte: as toras passam no descascador, entram na serraria e são desdobradas em uma serra fita geminada, onde são retiradas duas costaneiras e um semi bloco. O semi bloco segue para outra serra fita geminada, de onde são retiradas mais duas costaneiras e um bloco central. O bloco central segue para uma serra fita horizontal geminada, sendo transformado em peças nas espessuras finais. Essas peças são então gradeadas. As costaneiras, por sua vez, seguem para as resserradeiras, e após para as serras circulares múltiplas de um eixo onde são refileadas. Depois dessas operações, as peças oriundas das costaneiras são enviadas a uma mesa dupla de destopo e depois são gradeadas (Figura 18).

FIGURA 18 –SISTEMA DE DESDOBRO UTILIZADO.



Após o desdobro todas as peças serradas foram separadas por espessura e gradeadas para posterior secagem.

Para a secagem da madeira utilizou-se o processo de secagem padrão da empresa que englobou as seguintes fases: pré-aquecimento; secagem; condicionamento; e resfriamento.

4.8 DETERMINAÇÃO DO RENDIMENTO E CLASSIFICAÇÃO

4.8.1 Classificação Visual

Após secas em estufa, as tábuas foram classificadas em classes de qualidade, seguindo os critérios e padrões utilizados pela empresa, sendo esta classificação uma adaptação baseada na norma brasileira. Todas as peças foram classificadas por funcionários da própria empresa, treinados para este propósito, dentro do processo de produção normal. Decidiu-se por utilizar esse sistema de classificação por ser bastante prático e eficiente, bem como pela agilidade proporcionada, uma vez que esse procedimento é realizado como parte do processo de produção.

O sistema de classificação adotado pela empresa está ajustado às exigências do mercado para satisfazer necessidades de utilização da madeira para móveis de madeira maciça e carretéis. Posteriormente, durante o processo, é realizado o destopo e o seccionamento dos nós nas peças classificadas com classe A, para obtenção de madeira limpa “clear”, que após são coladas.

A metodologia utilizada define as classes, em função da utilização do material (Tabela 08), tendo por base o número e a importância dos defeitos encontrados numa peça, sendo esta realizada visualmente. Na tabela 09, estão apresentados os critérios utilizados para a classificação visual da madeira em classes de qualidade.

TABELA 08 – UTILIZAÇÃO DAS MADEIRAS EM FUNÇÃO DAS CLASSES DE QUALIDADE.

	CLASSE A	CLASSE C
Utilização	Madeira utilizada para a produção de móveis de madeira maciça	Madeira utilizada para a produção de carretéis de madeira

TABELA 09 – CRITÉRIOS PARA CLASSIFICAÇÃO VISUAL DA MADEIRA SERRADA.

Defeitos	Classe A	Classe C
Presença de medula	Não é permitida	São permitidos todos os defeitos que ultrapassem os limites da Classe A, exceto aqueles que inviabilizem a utilização da peça, tais como podridão avançada e furos de insetos ativos.
Bolsas de resina	Não são permitidas	
Feixe de nós	$\leq 50 \% L1/m^1$	
Arqueamento e encurvamento	Não são permitidos	
Esmoadado	Sem restrições	
Rachaduras	Não são permitidas	

¹ L1/m = Largura da tábua por metro

Após a classificação, as tábuas devidamente identificadas foram transportadas para o Laboratório de Tecnologia da Madeira, do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná.

Segue abaixo fotos ilustrativas de tábuas classificadas como classe A (figura 19), e como classe C (figura 20).

FIGURA 19 – EXEMPLO DE TÁBUAS CLASSIFICADAS COMO CLASSE A



FIGURA 20 – EXEMPLO DE TÁBUAS CLASSIFICADAS COMO CLASSE C



4.8.2 Determinação do Rendimento em madeira seca

Todas as tábuas obtidas no processo foram codificadas para possibilitar a rastreabilidade, ou seja, identificar de que tora e de que tratamento são provenientes.

Para determinar o volume de cada tábua foram tomadas medidas de espessura e largura das peças em três posições utilizando paquímetro digital, bem como o comprimento com o auxílio de uma trena. Para o calculo foi utilizada a fórmula descrita a seguir

$$V_2 = \left\{ \left[\left(\frac{e_1 + e_2 + e_3}{3} \right) \times 0,001 \right] \times \left[\left(\frac{b_1 + b_2 + b_3}{3} \right) \times 0,001 \right] \times L \right\} (m^3)$$

Onde:

V_2 = Volume da tábua (m^3).

e_1, e_2, e_3 = Espessuras tomadas em diferentes posições (mm).

b_1, b_2, b_3 = Larguras tomadas em diferentes posições (mm).

L = Comprimento da tábua (m).

Após obtido o volume de todas as tábuas oriundas de cada tora, o rendimento em madeira serrada seca foi obtido da seguinte forma.

$$R = \frac{\sum V_2 \times 100}{V_1} (\%)$$

Onde:

R = Rendimento em madeira serrada seca (%).

$\sum V_2$ = Somatório dos volumes das tábuas oriundas da tora (m³).

V_1 = Volume total da tora, sem casca, que originou as tábuas (m³)

Depois de determinado o rendimento de cada tora, foi obtido o rendimento por árvore e por tratamento, permitindo assim avaliar os rendimentos obtidos nos diferentes espaçamentos analisados.

A avaliação dos rendimentos obtidos nas classes de qualidade foi realizada seguindo a mesma metodologia descrita acima, porém ao invés de utilizarmos o somatório dos volumes das tábuas, utilizou-se o somatório dos volumes das tábuas classificadas como classe A ou C para cada tora. Permitindo assim quantificar o rendimento obtido por classes de qualidade.

4.9 AVALIAÇÃO DAS TÁBUAS EM FUNÇÃO DA PRESENÇA DE NÓS

Para a avaliação da madeira serrada, cada tábua foi medida individualmente, sendo considerados apenas os nós na face e os nós de quina. A avaliação dos nós foi feita na pior face da peça, conforme recomendação da norma brasileira CB-205.

Desta forma, em cada peça de madeira serrada foram realizadas a quantificação dos nós, e também a medição dos diâmetros dos nós.

Determinou-se o diâmetro dos nós através da média geométrica entre o diâmetro maior e o menor de cada nó, conforme expressão que segue.

$$DN = \left(\sqrt{D_1 \times D_2} \right) \times 0,1(cm)$$

onde:

DN = diâmetro médio do nó (cm)

D₁ = diâmetro maior do nó (mm)

D₂ = diâmetro menor do nó (mm)

Determinou-se também a área de nós através da expressão:

$$A_N = \frac{\Pi \times \left(\frac{DN^2}{10} \right)}{4} (cm^2)$$

onde:

A_N = Área do nó (cm²)

DN = diâmetro médio do nó (mm)

Com os dados obtidos, calculou-se frequência de nós por metro quadrado, diâmetro médio e área dos nós por metro quadrado, considerando o tratamento e também a tora.

4.10 AVALIAÇÃO DO GRAU DE AFILAMENTO DO FUSTE

O grau de afilamento do fuste foi medido a partir da base até 50% da altura comercial das árvores.

Para determinar o grau de afilamento do fuste nesta seção, utilizaram-se as fatias coletadas na base e a 50% da altura comercial das árvores amostradas, sendo determinado o diâmetro médio da cada fatia.

Para determinar o diâmetro médio, traçou-se uma linha no maior raio da fatia partindo da medula em direção a casca. Após mediu-se 45° deste raio e então foram traçadas duas linhas perpendiculares entre si, obtendo dessa maneira os diâmetros onde foram realizadas as medidas.

Para o cálculo do Grau de afilamento do fuste da base até 50% da altura comercial, utilizou-se a seguinte relação:

$$GA = \frac{D_{base} - D_{0,5HC}}{h_{0,5HC}} (cm / m)$$

Onde:

GA = Grau de afilamento do fuste da base até 50% da altura comercial (cm/m).

D_{base} = Diâmetro médio com casca da fatia da base da árvore (cm).

$D_{0,5 HC}$ = Diâmetro médio com casca da fatia retirada a 50% da altura comercial da árvore (cm).

$h_{0,5HC}$ = Altura a 50% da altura comercial da árvore (m)

4.11 VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DE ONDAS DE TENSÃO

Para determinação da velocidade de propagação das ondas de tensão, utilizou-se o aparelho Stress Wave Timer, modelo 239-A, da marca Metriguard (Figura 21).

As ondas de tensão foram aplicadas empregando-se o método de impacto com o martelo e transdutor de chegada das ondas (acessórios do equipamento).

Efetuuou-se a medição do tempo de propagação das ondas de tensão em todas as toras, recém abatidas, dispostas sobre o chão. A medição foi realizada longitudinalmente, tendo como ponto de partida a base da tora e o ponto de chegada, o topo do lado oposto à emissão da onda, conforme Figura 21. Sendo que, tanto a emissão como a recepção da onda foi realizada no centro da tora, próximo a medula.

Foram realizadas cinco medições em cada ponto para posterior cálculo da média aritmética, sendo que a velocidade de propagação das ondas de tensão foi determinada através da expressão:

$$V = \frac{d}{t} (m/s)$$

onde,

V = velocidade de propagação da onda de tensão (m/s)

d = distância entre o ponto de partida e o de chegada da onda de tensão (distância entre os transdutores) (m)

t = tempo de propagação da onda de tensão (s)

A figura 21 apresenta o aparelho utilizado para a medição da velocidade de propagação das ondas de tensão (stress Wave Timer), e também a realização da medição nas toras, das árvores de *Pinus taeda* amostradas para este estudo.

FIGURA 21- MEDIÇÃO DA VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DAS ONDAS DE TENSÃO NAS TORAS E APARELHO UTILIZADO.



4.12 ANÁLISE ESTÁTISTICA

As árvores amostradas foram pré-selecionadas como descrito no item 4.3 pág. 36, por tratar-se de um experimento pré-estabelecido, implantado há 21 anos, voltado para a seleção de indivíduos para melhoramento genético e silvicultural. Portanto os resultados apresentados somente são válidos para as condições específicas consideradas neste estudo.

Para a caracterização da massa específica básica das árvores amostradas, massa específica aparente, proporção de madeira juvenil em relação à área basal, análise das propriedades de retratibilidade e determinação do grau de afilamento do fuste, cada espaçamento foi considerado um tratamento, e cada árvore amostrada uma repetição.

Para a análise dos rendimentos obtidos, para a avaliação dos nós e para a velocidade de propagação das ondas de tensão nas toras, se utilizou o delineamento com parcelas subdivididas, sendo a interação de cada espaçamento (Fator A) com cada altura de tora (Fator B) considerada como tratamento, e cada árvore amostrada como repetição.

A verificação da homogeneidade das variâncias dos dados analisados no experimento foi realizada por meio do teste de Bartlett. O teste χ^2 de Bartlett trabalhou com duas hipóteses, quais sejam: H0: variâncias homogêneas e H1: variâncias heterogêneas.

Após os resultados foram interpretados estatisticamente por Análise de Variância, sendo a comparação entre os tratamentos executada através do teste de Tukey, ao nível de 95% de probabilidade, pelo programa Mstat-C. Um segundo procedimento estatístico utilizado, foi a análise de tendência através do ajuste de equações por regressão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CARACTERÍSTICAS DAS ÁRVORES AMOSTRADAS

Na tabela 10 são apresentados os resultados médios determinados para o diâmetro à altura do peito (DAP), altura total (Ht), altura comercial (Hc) e incremento médio anual em diâmetro (IMAd) das árvores amostradas de *Pinus taeda*, juntamente com seus coeficientes de variação e indicação da comparação das médias entre os espaçamentos, pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

TABELA 10 – CARACTERÍSTICAS DENDROMÉTRICAS MÉDIAS DAS ÁRVORES AMOSTRADAS POR ESPAÇAMENTO.

Trat ⁷	Área ⁸	DAP ¹		H total ²		H comerc. ³		IMAd ⁴		N ⁵
		Média	C.V ⁶	Média	C.V ⁶	Média	C.V ⁶	Média	C.V ⁶	
T1	3,00	26,74 A	12,29	27,70 A	1,94	23,61 A	4,86	1,337 A	12,29	5
T2	3,75	26,48 A	11,09	27,22 AB	2,38	23,44 A	4,42	1,324 A	11,09	5
T3	4,50	26,87 A	6,13	27,41 AB	1,10	23,52 A	4,31	1,343 A	6,13	5
T4	5,00	26,93 A	12,75	27,80 A	2,32	23,77 A	1,84	1,346 A	12,75	5
T5	6,25	27,31 A	6,77	26,84 AB	2,06	23,60 A	3,15	1,366 A	6,77	5
T6	7,00	28,84 A	16,57	26,08 B	3,68	22,98 A	4,86	1,442 A	16,57	5
T7	7,50	27,69 A	13,31	26,74 AB	3,14	23,38 A	4,25	1,385 A	13,31	5
T8	8,75	30,69 A	14,46	27,19 AB	3,08	23,56 A	5,26	1,534 A	14,46	5
T9	10,50	31,12 A	4,54	26,87 AB	2,30	23,18 A	3,89	1,556 A	4,54	5

¹ DAP = Diâmetro a altura do peito (cm).

² H total = Altura total (m)

³ H comerc. = Altura comercial (m)

⁴ IMAd = Incremento médio anual em diâmetro (cm/ano)

⁵ N = Número de amostras

⁶ C.V. = Coeficiente de variação

⁷ Trat. = Tratamentos (espaçamentos)

⁸ Área = Área disponível por planta (m²/árvore)

OBS.: Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade.

Analisando os resultados da tabela 10, observa-se que o diâmetro médio à altura do peito (DAP) e o incremento médio anual em diâmetro (IMAd), das árvores amostradas apresentaram valores crescentes com o aumento do espaçamento entre árvores, sendo que os valores, superior e inferior encontrados foram, respectivamente de 31,12 cm e 26,48, para o DAP, e de 1,556 cm/ano e 1,324 cm/ano para o IMAd, portanto, a amplitude de variação das médias para o DAP e IMAd foram respectivamente, de 4,64 cm e 0,232 cm/ano.

Contudo, com base nos valores obtidos, o teste de Tukey não detectou diferenças estatisticamente significativas, ao nível de 95% de probabilidade, entre as médias de DAP e IMAd.

As alturas total e comercial entre às árvores amostradas, por sua vez, apresentaram comportamento contrário, ou seja, apresentaram valores levemente decrescentes com o aumento do espaçamento entre árvores, sendo que os valores, superior e inferior encontrados foram, respectivamente de 27,80 m e 26,08 m para a altura total, e de 23,77 e 22,98 m para a altura comercial, portanto as amplitudes de variação das médias foram, respectivamente, de 1,72 m e 0,79 m.

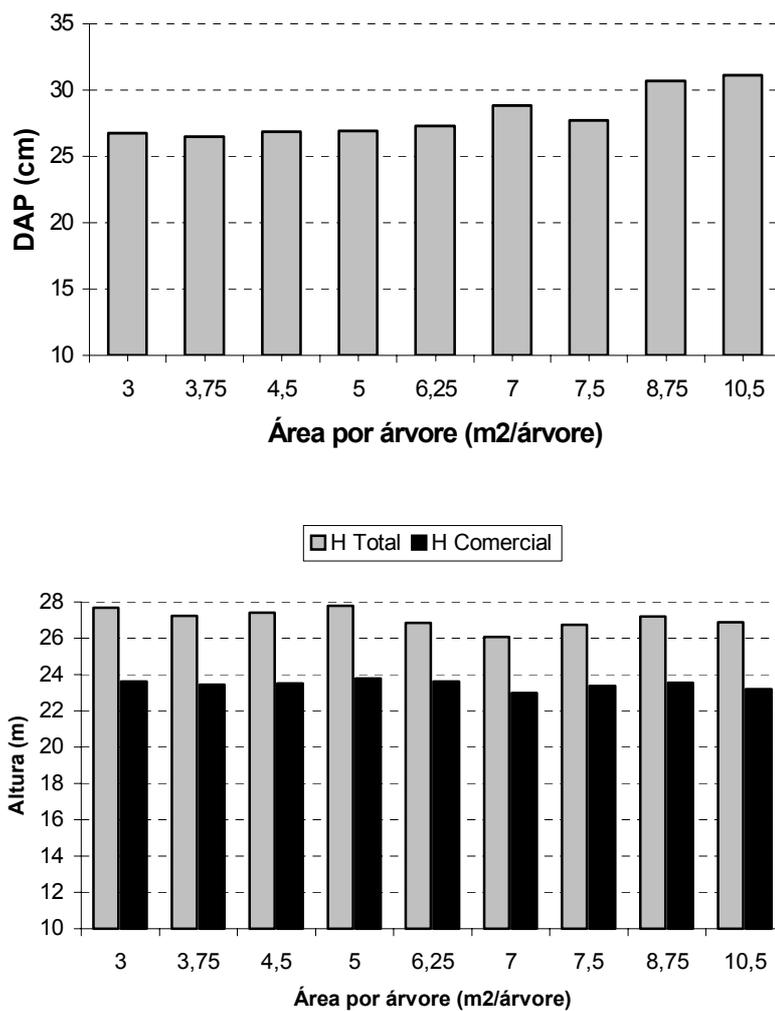
Com base nos valores obtidos, o teste de Tukey não detectou diferenças estatisticamente significativas, ao nível de 95% de probabilidade, entre as médias para altura comercial e total das árvores amostradas.

Os resultados apresentados demonstram que, estatisticamente, o espaçamento entre árvores não influenciou no crescimento das árvores, no entanto, indicam que nos menores espaçamentos o crescimento em diâmetro tende a ser menor, provavelmente em função da maior competição por água, luz e nutrientes, confirmando os resultados encontrados na literatura. Contudo esta condição resultou em maior crescimento em altura para os menores espaçamentos, embora de forma menos pronunciada.

Estes resultados indicam que nos menores espaçamentos as árvores terão menores diâmetros e maiores alturas, resultando em indivíduos com melhor forma de fuste, ou seja, fuste com de menor grau de afilamento.

Na figura 22 são apresentados gráficos com os valores médios do DAP, da altura total e da altura comercial das árvores amostradas com relação aos espaçamentos avaliados (Área em m² por árvore).

FIGURA 22 – VARIAÇÃO DO DAP E DAS ALTURAS TOTAL E COMERCIAL DAS ÁRVORES AMOSTRADAS NOS ESPAÇAMENTOS ESTUDADOS.



5.2 PROPRIEDADES FÍSICAS DA MADEIRA.

5.2.1 Massa específica básica ponderada das árvores

Na tabela 11 são apresentados os resultados médios determinados para a massa específica básica ponderada das árvores amostradas de *Pinus taeda*, juntamente com seus desvios padrões, coeficientes de variação e indicação da comparação das médias entre os espaçamentos, pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

TABELA 11 – MASSA ESPECÍFICA BÁSICA PONDERADA MÉDIA NOS DIFERENTES ESPAÇAMENTOS.

Tratamento	Espaçamento (m X m)	ρ_{bm}^1 (kg/m ³)	T. Médias ²	D. P. ³	C.V. ⁴ (%)	N ⁵
T1	1,5 x 2,0	434,3	A	18,3	4,21	5
T2	1,5 x 2,5	433,0	A	19,1	4,41	5
T3	1,5 x 3,0	428,0	A	21,1	4,93	5
T4	2,5 x 2,0	424,4	A	19,2	4,52	5
T5	2,5 x 2,5	420,8	A	26,0	6,27	5
T6	3,5 x 2,0	418,1	A	7,4	1,78	5
T7	2,5 x 3,0	422,9	A	17,8	4,20	5
T8	3,5 x 2,5	414,1	A	11,0	2,66	5
T9	3,5 x 3,0	416,5	A	15,2	3,65	5

¹ ρ_{bm} = Massa específica básica média ponderada das árvores.

² T. Médias = Teste de comparação das médias. Letras iguais indicam a igualdade entre médias, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

³ D.P. = Desvio Padrão.

⁴ C.V. = Coeficiente de variação (%).

⁵ N = Número de amostras por tratamento.

A massa específica básica apresentou valores decrescentes com o aumento do espaçamento entre árvores, sendo que os valores superior e inferior encontrados foram respectivamente de 434,3 kg/m³ e 414,1 kg/m³, portanto a amplitude de variação foi de 20,2 kg/m³. Os dados apresentaram um baixo coeficiente de variação, variando entre 1,78 e 6,27 %.

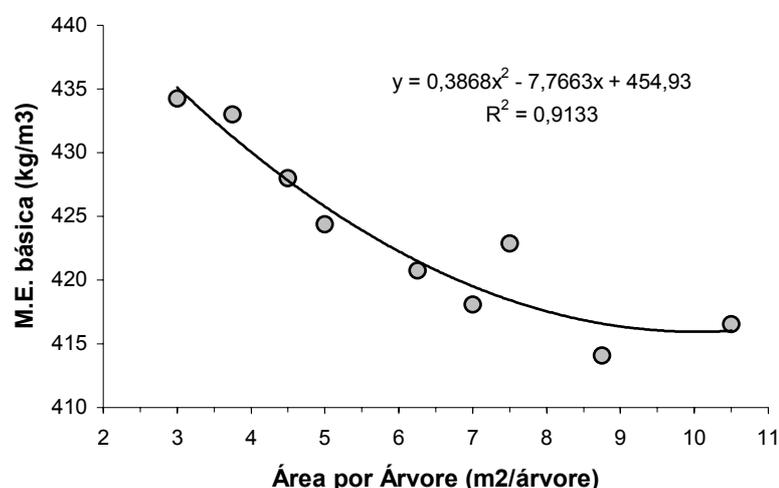
A massa específica da madeira é o resultado de uma complexa combinação dos seus constituintes internos. É uma propriedade muito importante e fornece inúmeras informações sobre as características da madeira, devido a sua íntima relação com várias outras propriedades, tornando-se um parâmetro muito utilizado para qualificar a madeira, nos diversos segmentos da atividade industrial.

Confrontando os resultados desta pesquisa com estudos anteriores, verifica-se que os valores médios situam-se na faixa de variação dos resultados encontrados por pesquisadores que trabalharam com árvores de idades próximas e plantadas no sul do Brasil, como MORESCHI (1975), TOMASELLI (1979), MUÑIZ (1993), HASSEGAWA (2003) e KLOCK (2000).

HARRIS (1963) relata a tendência decrescente da massa específica na madeira de *Pinus radiata*, com o aumento do ritmo de crescimento.

Com base nos valores obtidos e apresentados na tabela 09, o teste de Tukey não detectou diferenças estatisticamente significativas entre as médias de massa específica básica para os espaçamentos analisados. Entretanto indicou a tendência decrescente da massa específica básica com o aumento do espaçamento. Na figura 23 é apresentado um gráfico de tendência da massa específica básica com relação aos espaçamentos avaliados (Área em m² por árvore).

FIGURA 23 – TENDÊNCIA DE VARIAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA BÁSICA PONDERADA DAS ÁRVORES AMOSTRADAS NOS ESPAÇAMENTOS ESTUDADOS.



Observa-se que o comportamento da massa específica básica pode ser explicado pelo espaçamento entre árvores, uma vez que o valor do coeficiente de determinação obtido nesta análise ($R^2 = 0,9133$) indica uma correspondência estreita entre as variáveis.

Os resultados apresentados indicam uma possível influência do espaçamento na massa específica básica da madeira. Pode-se explicar este comportamento com base nos resultados apresentados para DAP e IMAd (tabela 10, pág. 59): Nos menores espaçamentos o crescimento em diâmetro e conseqüentemente o seu incremento médio anual tendeu a ser menor, ou seja, indivíduos com menores taxas de incremento anual em diâmetro, tendem a apresentar maior massa específica básica, pois possivelmente têm maior porcentagem de lenho tardio, bem como menor proporção de madeira juvenil.

A tendência de diminuição da massa específica básica das árvores com o aumento do espaçamento contraria os valores encontrados por MONTAGNA et al. (1979/80), que avaliaram a massa específica básica de *Pinus caribea* var. *hondurensis* com 17 anos de idade em três diferentes espaçamentos. Segundo os autores a massa específica básica não variou com os espaçamentos adotados, embora mostrasse ligeira tendência de aumentar nos espaçamentos maiores. Por outro lado, BAKER & SHOTTAFER (1970), em estudo com *Pinus resinosa*, encontraram uma tendência de aumento na massa específica com o aumento do espaçamento.

Embora os resultados observados por BAKER & SHOTTAFER (1970), sejam contrários aos observados neste experimento, a diferença detectada poderia ser uma conseqüência da diferença genética entre espécies.

5.2.2 Massa Específica Básica ao longo do fuste

Na tabela 12 são apresentados os resultados médios determinados para a massa específica básica nas posições relativas ao longo do fuste das árvores amostradas de *Pinus taeda* nos diferentes espaçamentos, juntamente com seus desvios padrões e

coeficientes de variação.

Observa-se pelos resultados que a variação entre as massas específicas básicas a partir da base até a altura comercial decresceu em média 25,50%, confirmando a existência de influência do fator altura sobre a massa específica. Sendo que no sentido base-topo da árvore há uma diminuição da porcentagem de lenho adulto, de maior densidade, e conseqüentemente um aumento na proporção de madeira juvenil, de menor densidade. Analisando-se os coeficientes de variação nas posições relativas, nota-se que a variação entre árvores é relativamente baixa dentro dos espaçamentos.

TABELA 12 – MASSA ESPECÍFICA BÁSICA MÉDIA POR POSIÇÃO RELATIVA AO LONGO DO FUSTE DAS ÁRVORES AMOSTRADAS.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
	1,5 x 2,0	1,5 x 2,5	1,5 x 3,0	2,5 x 2,0	2,5 x 2,5	3,5 x 2,0	2,5 x 3,0	3,5 x 2,5	3,5 x 3,0
Base									
ρ_{bm}^1	475,2	481,9	468,0	469,7	469,1	453,4	468,8	455,8	466,6
C.V. ³	5,49	6,05	7,95	4,95	4,16	2,88	2,82	5,95	3,93
0,25 Hc ⁵									
ρ_{bm}^1	429,1	416,6	427,6	413,7	405,3	413,2	412,3	402,3	411,2
C.V. ³	4,92	4,48	3,86	5,60	7,97	2,34	4,20	4,85	5,94
0,50 Hc ⁶									
ρ_{bm}^1	404,1	401,8	401,1	395,1	391,2	389,4	389,2	380,4	380,1
C.V. ³	3,60	4,39	5,78	7,50	9,13	2,27	5,37	6,27	5,63
0,75 Hc ⁷									
ρ_{bm}^1	378,2	380,5	380,2	374,0	361,2	369,3	368,8	369,6	350,7
C.V. ³	3,64	3,78	7,87	6,83	7,33	2,00	5,09	6,36	5,95
Hc ⁸									
ρ_{bm}^1	362,7	346,0	352,2	341,2	346,8	350,9	344,1	351,1	339,4
C.V. ³	5,40	7,75	5,54	6,16	7,10	5,63	6,62	9,45	6,17
N ⁴	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Variação ⁹	23,68	28,20	24,75	27,37	26,07	22,61	26,59	22,96	27,26

¹ ρ_{bm} = Massa específica básica média em alturas relativas das árvores (kg/m³).

² D.P. = Desvio Padrão.

³ C.V. = Coeficiente de variação (%).

⁴ N = Número de amostras.

⁵ 0,25 Hc = Posição a 25% da altura comercial

⁶ 0,50 Hc = Posição a 50% da altura comercial

⁷ 0,75 Hc = Posição a 75% da altura comercial

⁸ Hc = Altura comercial, diâmetro mínimo igual a 8 cm.

Variação⁹ = Variação da massa específica básica em porcentagem da base até a altura comercial.

Neste estudo a variação média da massa específica básica ao longo do fuste no sentido base topo das árvores estudadas nos diferentes espaçamentos, apresentou valores semelhantes aos encontrados na literatura, sendo que a maior variação encontrada foi de 28,20%.

Segundo TREDELENBURG & MAYER (1956), a alta variabilidade da massa específica na árvore e entre árvores é característica conhecida para as espécies do gênero *Pinus*, podendo chegar a 30% em relação à média da espécie.

Os resultados obtidos são compatíveis com as observações realizadas por pesquisadores como MORESCHI (1975), TOMASELLI (1979), MENDONÇA (1982), MUÑIZ (1993) e KLOCK (2000), para espécies do gênero *Pinus* plantadas no Brasil.

De acordo com COWN (1980) o decréscimo da massa específica com a altura é esperado e origina-se pelo efeito da idade, pois a maiores alturas há menor número de anéis anuais de crescimento e uma maior proporção de madeira juvenil.

Os resultados da análise de variância (Anexo 1.2) indicam que os fatores espaçamento e posição ao longo do fuste são independentes, tendo em vista que a interação dos fatores não foi significativa. Na tabela 13 são apresentados os resultados do teste de Tukey para comparação das médias determinadas para a massa específica básica ao longo do fuste e entre os diferentes espaçamentos.

O teste de Tukey a 95% de probabilidade para comparação das médias (tabela 13) não detectou diferenças significativas entre as médias de massa específica básica para os espaçamentos analisados, no entanto os dados indicam a tendência decrescente da massa específica básica com o aumento do espaçamento. Esta tendência já fora observada por LARSON (1969), que observou que a menor competição entre árvores por água luz e nutrientes estimula o desenvolvimento da copa, resultando em árvores com maiores diâmetros e com madeira menos densa.

Para médias analisadas ao longo do fuste nas diferentes alturas, o teste revelou que existem diferenças significativas, mostrando que a massa específica decresce com a altura da árvore, para todos os tratamentos analisados (Figura 24).

TABELA 13 – RESULTADOS DO TESTE DE COMPARAÇÃO DE MÉDIAS PARA MASSA ESPECÍFICA BÁSICA ENTRE ESPAÇAMENTOS E AO LONGO DO FUSTE.

	Espaçamentos (m x m)	ρ_{bm}^1	T. Médias ²
Massa específica básica ao longo do fuste	Base	467,6	A
	0,25 Hc ³	414,6	B
	0,50 Hc ⁴	392,5	C
	0,75 Hc ⁵	370,3	D
	Hc ⁶	348,3	E

¹ ρ_{bm} = Massa específica básica média das árvores (kg/m³).

² T. Médias = Teste de comparação das médias. Letras iguais indicam a igualdade entre médias, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

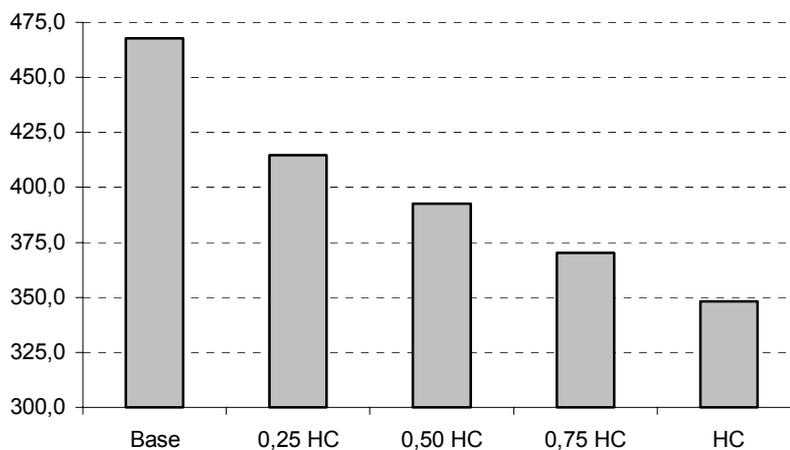
³ 0,25 Hc = Posição a 25% da altura comercial

⁴ 0,50 Hc = Posição a 50% da altura comercial

⁵ 0,75 Hc = Posição a 75% da altura comercial

⁶ Hc = Altura comercial, correspondente a diâmetro mínimo igual a 8 cm.

FIGURA 24 – TENDÊNCIA DE VARIAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA BÁSICA NAS POSIÇÕES RELATIVAS AO LONGO DO FUSTE PARA TODAS AS ÁRVORES AMOSTRADAS.



5.2.3 Massa específica aparente a 12 % de umidade

Na tabela 14 são apresentados os resultados médios determinados para a massa específica aparente a 12% de umidade, juntamente com seus desvios padrões, coeficientes de variação e indicação da comparação das médias entre os espaçamentos, pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

TABELA 14 – MASSA ESPECÍFICA APARENTE NOS DIFERENTES ESPAÇAMENTOS.

Tratamento	Espaçamento (m X m)	ρ_{ap}^1 (kg/m ³)	T. Médias ²	D. P. ³	C.V. ⁴ (%)	N ⁵
T1	1,5 x 2,0	469,4	A	26,5	5,64	60
T2	1,5 x 2,5	460,8	A	25,5	5,52	60
T3	1,5 x 3,0	468,4	A	12,3	2,62	60
T4	2,5 x 2,0	458,6	A	32,0	6,98	60
T5	2,5 x 2,5	450,2	A	30,3	6,72	60
T6	3,5 x 2,0	437,4	A	31,0	7,10	60
T7	2,5 x 3,0	460,1	A	20,6	4,48	60
T8	3,5 x 2,5	439,4	A	21,8	4,96	60
T9	3,5 x 3,0	443,8	A	31,5	7,10	60

¹ ρ_{ap} = Massa específica aparente a 12% de umidade.

² T. Médias = Teste de comparação das médias. Letras iguais indicam a igualdade entre médias, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

³ D.P. = Desvio Padrão.

⁴ C.V. = Coeficiente de variação (%).

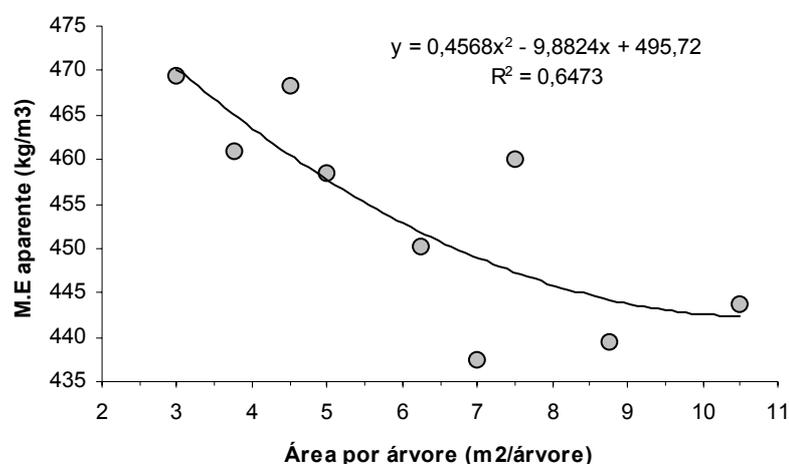
⁵ N = Número de amostras por tratamento.

Conforme os resultados apresentados, a massa específica aparente apresentou a mesma tendência encontrada para a massa específica básica ponderada das árvores com os valores decrescendo com o aumento do espaçamento entre árvores, sendo que os valores, superior e inferior encontrados foram, respectivamente de 469,4 kg/m³ e 437,4 kg/m³, portanto a amplitude de variação foi de 32,0 kg/m³. Os dados apresentaram um baixo coeficiente de variação, variando entre 2,62 e 7,10 %.

Com base nos valores obtidos e apresentados na tabela 14, não se observaram diferenças estatisticamente significativas entre as médias de massa específica aparente

a 12% de umidade para os espaçamentos analisados. No entanto apresentou tendência decrescente da massa específica aparente com o aumento do espaçamento, confirmando os resultados encontrados para massa específica básica. Na figura 25 é apresentado um gráfico de tendência da massa específica aparente com relação aos espaçamentos avaliados (Área em m² por árvore).

FIGURA 25 – TENDÊNCIA DE VARIAÇÃO DA MASSA ESPECÍFICA APARENTE A 12 % DE UMIDADE DAS ÁRVORES AMOSTRADAS NOS ESPAÇAMENTOS ESTUDADOS.



Observa-se que o coeficiente de determinação obtido nesta análise ($R^2 = 0,6473$) foi inferior ao obtido para massa específica básica, isto se deve, provavelmente, em função da forma como foi realizada a amostragem dos corpos de prova nos toretes, onde no primeiro caso utilizou-se cunhas retiradas em alturas relativas, e neste caso utilizou-se os corpos de prova para determinação das propriedades de retratibilidade.

Contudo deve-se ressaltar que os resultados de massa específica aparente, obtidos de corpos de prova retirados a 25% da altura comercial das árvores amostradas apresentaram uma maior amplitude de variação, em relação à massa específica básica ponderada das árvores.

Os valores de massa específica aparente são importantes, principalmente, nas indústrias madeireiras, onde se trabalha com produtos de alto valor agregado, como madeira serrada e móveis, dentre outros, por ser de fácil determinação e também por estar mais próximo das condições de uso do produto final.

5.2.4 Retratabilidade

A seguir são apresentados os resultados médios obtidos para as propriedades de retratabilidade da madeira de *Pinus taeda* para os diferentes espaçamentos analisados, obtidos de toras de madeira retiradas a 25 % da altura comercial das árvores. Foram determinadas as contrações máximas volumétricas, as contrações máximas lineares tangencial, radial e longitudinal, a anisotropia de contração, os coeficientes de retratabilidade volumétrico e linear tangencial e radial.

Na tabela 15 são apresentados os resultados médios das contrações máximas volumétricas e linear tangencial e radial determinadas, juntamente com seus desvios padrões, coeficientes de variação e indicação da comparação das médias entre os espaçamentos, pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

TABELA 15 – RESULTADOS MÉDIOS DAS PROPRIEDADES DE RETRATABILIDADE. PARA OS DIFERENTES ESPAÇAMENTOS.

Trat ⁵	Espaçamento (m X m)	β vol ¹			β tang ²			β rad ³			N ⁴
		Média	D. P. ⁶	C.V. ⁷	Média	D. P. ⁶	C.V. ⁷	Média	D. P. ⁶	C.V. ⁷	
T1	1,5 x 2,0	11,11 A	0,74	6,62	7,20 A	0,57	7,96	4,02 A	0,40	10,03	60
T2	1,5 x 2,5	10,92 A	0,75	6,90	7,03 A	0,38	5,45	3,93 A	0,66	16,75	60
T3	1,5 x 3,0	10,55 A	0,20	1,91	6,94 A	0,37	5,29	3,69 A	0,20	5,35	60
T4	2,5 x 2,0	10,36 A	1,43	13,84	6,93 A	0,95	13,69	3,51 A	0,67	18,99	60
T5	2,5 x 2,5	10,05 A	0,79	7,86	6,73 A	0,57	8,40	3,38 A	0,30	8,90	60
T6	3,5 x 2,0	10,09 A	0,95	9,46	6,72 A	0,61	9,02	3,46 A	0,51	14,62	60
T7	2,5 x 3,0	10,65 A	0,43	4,01	7,21 A	0,19	2,57	3,51 A	0,29	8,21	60
T8	3,5 x 2,5	9,75 A	0,56	5,78	6,55 A	0,28	4,20	3,23 A	0,35	10,70	60
T9	3,5 x 3,0	9,81 A	0,82	8,35	6,67 A	0,37	5,59	3,21 A	0,53	16,67	60

¹ β vol = coeficiente de contração máxima volumétrica (%).

² β tang = Coeficiente de contração máxima linear tangencial (%).

³ β rad = Coeficiente de contração máxima linear radial (%).

⁴ N = Número de amostras

⁵Trat. = Tratamentos (espaçamentos)

⁶ D.P. = Desvio Padrão

⁷ C.V. = Coeficiente de variação (%).

OBS.: Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade.

Na tabela 16 são apresentados os resultados médios da contração máxima linear longitudinal e da anisotropia de contração, juntamente com seus desvios padrões, coeficientes de variação e indicação da comparação das médias entre os espaçamentos, pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

TABELA 16 – RESULTADOS MÉDIOS DAS PROPRIEDADES DE RETRATIBILIDADE. PARA OS DIFERENTES ESPAÇAMENTOS.

Trat. ⁴	Espaçamento (m X m)	β long ¹			AC ²			N ³
		Média	D. P. ⁵	C.V. ⁶	Média	D. P. ⁵	C.V. ⁶	
T1	1,5 x 2,0	0,213 A	0,04	19,30	1,850 A	0,197	10,63	60
T2	1,5 x 2,5	0,265 A	0,03	11,01	1,973 A	0,178	9,00	60
T3	1,5 x 3,0	0,202 A	0,06	28,30	1,947 A	0,205	10,52	60
T4	2,5 x 2,0	0,185 A	0,07	35,42	2,068 A	0,224	10,82	60
T5	2,5 x 2,5	0,186 A	0,06	31,88	2,060 A	0,027	1,29	60
T6	3,5 x 2,0	0,167 A	0,04	22,22	2,018 A	0,235	11,65	60
T7	2,5 x 3,0	0,208 A	0,04	19,80	2,120 A	0,145	6,84	60
T8	3,5 x 2,5	0,209 A	0,10	47,04	2,125 A	0,151	7,10	60
T9	3,5 x 3,0	0,164 A	0,04	22,44	2,191 A	0,362	16,54	60

¹ β long = Coeficiente de contração máxima linear longitudinal (%).

² AC = Anisotropia de Contração (β tang/ β rad)

³ N = Número de amostras

⁴Trat. = Tratamentos (espaçamentos)

⁵ D.P. = Desvio Padrão

⁶ C.V. = Coeficiente de variação (%).

OBS.: Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade.

Os resultados apresentados nas tabelas 15 e 16 demonstram que as contrações máximas médias (Volumétrica, tangencial, radial e longitudinal) apresentam valores médios decrescentes com o aumento do espaçamento.

No entanto, com base nos valores obtidos e apresentados, o teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade não detectou diferenças estatisticamente significativas entre as médias das contrações máximas analisadas.

Sendo que as amplitudes de variação encontradas nas contrações da madeira de *Pinus taeda* foram de 1,36% para a contração volumétrica máxima, de 0,66% na contração tangencial máxima, de 0,81% na contração radial máxima, de 0,10% para a contração longitudinal máxima, e de 0,275 para a anisotropia de contração.

Confrontando os valores médios observados neste estudo para as contrações máximas (Volumétrica, tangencial, radial e longitudinal) nos diferentes espaçamentos com estudos anteriores, verifica-se que os valores médios situam-se na faixa de variação dos resultados encontrados na literatura.

Porém, de acordo com MATOS et al (1999), deve-se ressaltar que estas razões podem sofrer alterações dependendo da posição na seção transversal da árvore que as amostras foram retiradas, visto que a massa específica pode variar consideravelmente no sentido medula casca.

Por outro lado os valores médios de anisotropia de contração apresentaram resultados diferentes aos demais, ou seja, os valores médios foram crescentes com o aumento do espaçamento. Os resultados apresentados demonstram que as diferenças de contração máxima entre os sentidos tangencial e radial aumentaram com o aumento do espaçamento entre árvores.

A influência da massa específica sobre as propriedades de retratibilidade foi observada por KLOCK (2000 e 1989) e MUÑIZ (1993), sendo que os autores encontraram alta correlação entre anisotropia de contração e massa específica para madeira de coníferas, confirmando a correlação inversa observada neste estudo.

BOTOSSO (1997) comenta que as contrações são diferenciadas para os lenhos tardio e inicial isolados. O lenho tardio em razão da maior proporção de parede celular, e esta ser aproximadamente a mesma nos sentidos radial e tangencial, apresenta contrações elevadas e similares, de tal forma que a anisotropia de contração é geralmente baixa, próxima a 1. Já o lenho inicial isolado, apresenta contrações menores, porém diferenciadas no sentido tangencial e radial, de tal forma que a anisotropia de contração é geralmente alta.

Segundo mesmo autor, estudos encontrados na literatura, referentes aos mecanismos considerados como responsáveis pela anisotropia de contração, são contraditórios e tratam de vários aspectos como a interação lenho inicial e tardio, a influência dos raios na madeira, a geometria das paredes celulares e sua composição química, particularmente o conteúdo de lignina e a inclinação microfibrilar nas paredes

celulares.

De acordo com os resultados apresentados pode-se dizer então que árvores que contenham maior proporção de madeira juvenil, terão contrações máximas volumétrica e lineares menores, no entanto apresentará uma maior anisotropia de contração. Portanto, com base nestes resultados, quando a madeira for proveniente de plantios com maiores espaçamentos tenderá a apresentar maiores problemas no processo de secagem, uma vez que será maior o desvio entre os movimentos dimensionais nos sentidos tangencial e radial.

Essa tendência foi observada por TOMASELI (1980); KLOCK (1989); MUÑIZ (1993) e LARA PALMA & BALLARIN (2003), em espécies do gênero *Pinus*, nas quais a madeira juvenil apresenta contrações menores que a madeira adulta, com exceção da contração longitudinal na qual ocorre o contrário, e maior anisotropia de contração.

Os resultados apresentados confirmam os resultados encontrados por CHONG et al. (1989), o autor afirma que as contrações volumétricas e lineares, tangencial e radial são mais baixas na madeira juvenil de espécies do gênero *Pinus*, enquanto que a contração longitudinal e anisotropia de contração são elevados. No entanto McALISTER & CLARK (1992) afirmam que para espécies do gênero *Pinus*, nem sempre as contrações longitudinais serão menores na madeira juvenil.

Na tabela 17 são apresentados os valores médios dos coeficientes de retratibilidade volumétricos e lineares determinados, juntamente com seus desvios padrões, coeficientes de variação e indicação da comparação das médias entre os espaçamentos, pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os resultados apresentados na tabela 17 demonstram que os coeficientes de retratibilidade (Volumétrico, tangencial e radial) nos diferentes espaçamentos apresentam valores médios decrescentes com o aumento do espaçamento.

Entretanto, com base nos valores obtidos e apresentados na tabela 17 não se observaram diferenças estatisticamente significativas entre as médias dos coeficientes de retratibilidade analisados.

TABELA 17 – RESULTADOS MÉDIOS DOS COEFICIENTES DE RETRATIBILIDADE. E DA ANISOTROPIA DE CONTRAÇÃO PARA OS DIFERENTES ESPAÇAMENTOS.

Trat ⁵	Espaçamento (m X m)	Q vol ¹			Q tang ²			Q rad ³			N ⁴
		Média	D. P. ⁶	C.V. ⁷	Média	D. P. ⁶	C.V. ⁷	Média	D. P. ⁶	C.V. ⁷	
T1	1,5 x 2,0	0,447 A	0,027	5,96	0,277 A	0,016	5,81	0,154 A	0,017	11,27	60
T2	1,5 x 2,5	0,444 A	0,038	8,46	0,271 A	0,022	8,03	0,155 A	0,025	16,21	60
T3	1,5 x 3,0	0,455 A	0,020	4,36	0,277 A	0,019	6,90	0,158 A	0,007	4,19	60
T4	2,5 x 2,0	0,441 A	0,036	8,08	0,271 A	0,022	8,20	0,151 A	0,019	12,71	60
T5	2,5 x 2,5	0,436 A	0,031	7,01	0,271 A	0,018	6,72	0,148 A	0,015	10,31	60
T6	3,5 x 2,0	0,410 A	0,027	6,54	0,254 A	0,016	6,48	0,142 A	0,013	8,81	60
T7	2,5 x 3,0	0,425 A	0,029	6,82	0,265 A	0,012	4,58	0,141 A	0,016	11,32	60
T8	3,5 x 2,5	0,398 A	0,026	6,62	0,246 A	0,014	5,69	0,132 A	0,014	10,41	60
T9	3,5 x 3,0	0,431 A	0,036	8,40	0,264 A	0,016	6,07	0,147 A	0,021	14,21	60

¹ Q vol = Coeficiente de retratibilidade volumétrica (%/%).

⁴ N = Número de amostras

² Q tang = Coeficiente de retratibilidade tangencial (%/%).

⁵ Trat. = Tratamentos (espaçamentos)

³ Q rad = Coeficiente de retratibilidade radial (%/%).

⁶ D.P. = Desvio Padrão

OBS.: Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade.

Os valores médios observados neste estudo para os coeficientes de retratibilidade (Volumétrico, tangencial e radial) nos diferentes espaçamentos, são semelhantes aos apresentados por MUÑIZ (1993) e SIMIONI et. al (2002) para espécies do gênero Pinus.

Os resultados indicam que árvores plantadas em espaçamentos menores irão produzir madeira com maiores contrações e coeficientes de retratibilidade, no entanto com menor anisotropia de contração.

As propriedades de retratibilidade analisadas apresentaram a mesma tendência decrescente dos valores médios com o aumento do espaçamento. Nas figuras 26 e 33 são apresentados gráficos de tendência de algumas das propriedades de retratibilidade analisadas com relação aos espaçamentos avaliados (Área em m² por árvore).

FIGURA 26 – TENDÊNCIA DE VARIAÇÃO DA PROPRIEDADE DE CONTRAÇÃO MÁXIMA VOLUMÉTRICA DAS AMOSTRAS AVALIADAS PARA OS ESPAÇAMENTOS ESTUDADOS.

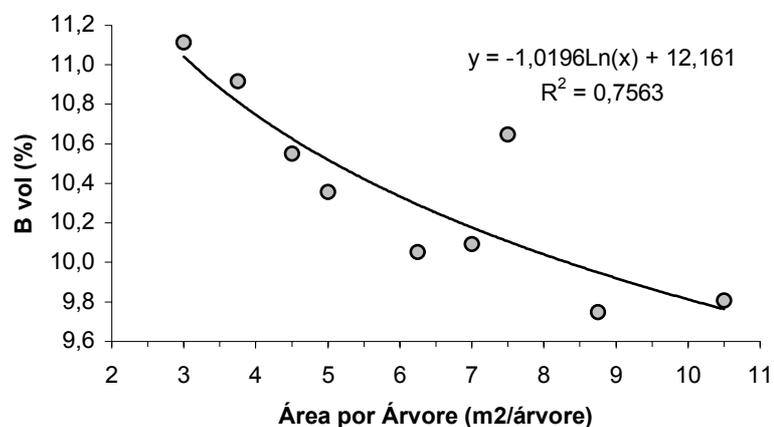


FIGURA 27 – TENDÊNCIA DE VARIAÇÃO DA PROPRIEDADE DE CONTRAÇÃO MÁXIMA TANGENCIAL DAS AMOSTRAS AVALIADAS PARA OS ESPAÇAMENTOS ESTUDADOS.

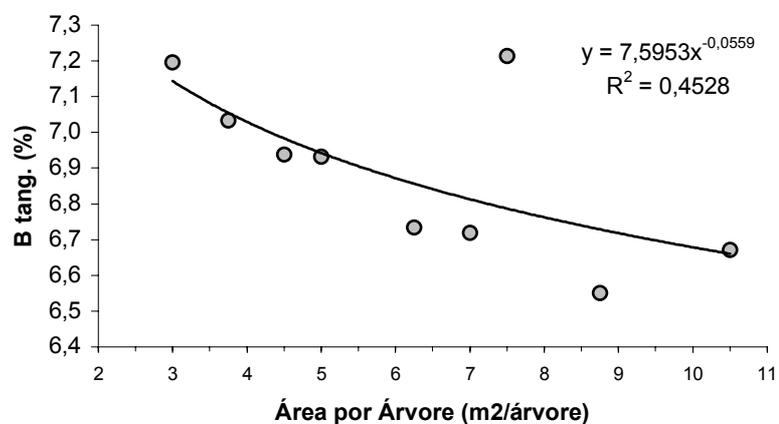


FIGURA 28 – TENDÊNCIA DE VARIAÇÃO DA PROPRIEDADE DE CONTRAÇÃO MÁXIMA RADIAL DAS AMOSTRAS AVALIADAS PARA OS ESPAÇAMENTOS ESTUDADOS.

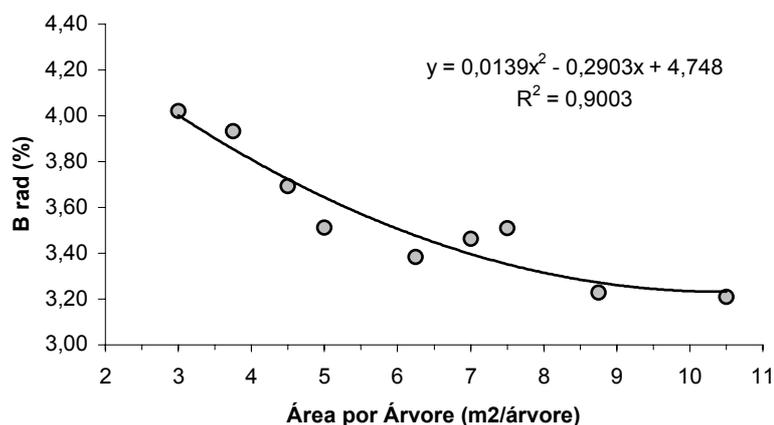


FIGURA 29 – TENDÊNCIA DE VARIAÇÃO DA PROPRIEDADE DE CONTRAÇÃO MÁXIMA LONGITUDINAL DAS AMOSTRAS AVALIADAS PARA OS ESPAÇAMENTOS ESTUDADOS.

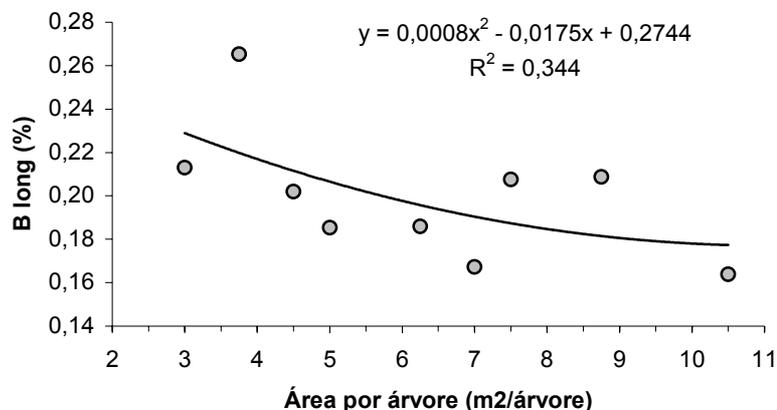
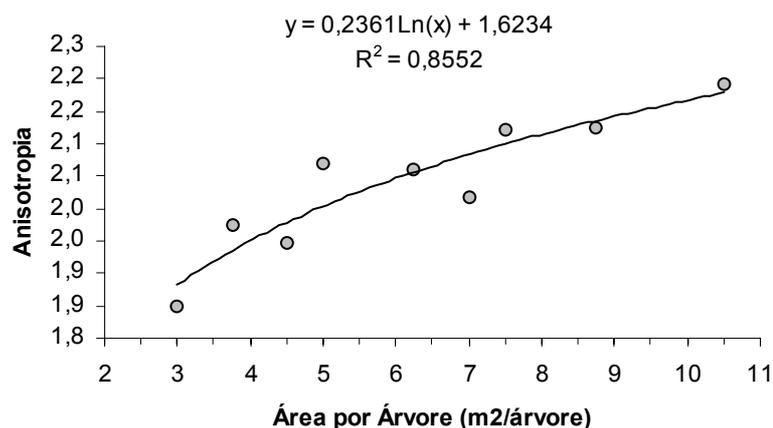


FIGURA 30 – TENDÊNCIA DE VARIAÇÃO DA ANISOTROPIA DE CONTRAÇÃO DAS AMOSTRAS AVALIADAS PARA OS ESPAÇAMENTOS ESTUDADOS.



Observa-se que o efeito do espaçamento sobre as contrações, volumétrica e radial é significativo, apresentando bons ajustes, sendo que os valores dos coeficientes de determinação encontrados ($R^2 = 0,75$ a $0,90$) indicam uma forte dependência entre as variáveis.

No entanto para as contrações tangencial e longitudinal os coeficientes de determinação ajustados variaram de $0,34$ a $0,45$.

O efeito do espaçamento sobre a anisotropia de contração apresentou bom ajuste sendo que o valor do coeficiente de determinação ($R^2 = 0,8552$), comprova, com grande chance de acerto, que a maior porcentagem de madeira juvenil desenvolvido em árvores com maior espaçamento, aumenta o coeficiente de anisotropia de contração.

5.3 PROPORÇÃO DE MADEIRA JUVENIL EM RELAÇÃO A ÁREA BASAL

Na tabela 18 são apresentados os resultados médios determinados para a proporção de madeira juvenil em relação à área basal das árvores amostradas de *Pinus taeda*, juntamente com seus desvios padrões, coeficientes de variação e indicação da comparação das médias entre os espaçamentos, pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

A proporção de madeira juvenil em relação à área basal apresentou valores crescentes com o aumento do espaçamento entre árvores, sendo que os valores, inferior e superior encontrados foram, respectivamente de 49,16% no espaçamento 1,5m x 2,0m, e 63,59% no espaçamento 3,5m x 2,5m, portanto a amplitude de variação foi de 14,42%. Os dados apresentaram um coeficiente de variação, variando entre 2,70 e 11,70 %.

TABELA 18 – PROPORÇÃO MÉDIA DE MADEIRA JUVENIL EM RELAÇÃO A ÁREA BASAL DAS ÁRVORES, COM 21 ANOS DE IDADE, NOS DIFERENTES ESPAÇAMENTOS.

Tratamento	Espaçamento (m X m)	PMJ ¹ (%)	T. Médias ²	D. P. ³	C.V. ⁴ (%)	N ⁵
T1	1,5 x 2,0	49,17	A	5,75	11,70	5
T2	1,5 x 2,5	53,98	AB	4,59	8,51	5
T3	1,5 x 3,0	52,51	AB	5,06	9,63	5
T4	2,5 x 2,0	56,96	ABC	2,38	4,17	5
T5	2,5 x 2,5	57,06	ABC	4,18	7,33	5
T6	3,5 x 2,0	59,91	BC	1,61	2,70	5
T7	2,5 x 3,0	60,03	BC	4,51	7,51	5
T8	3,5 x 2,5	63,59	C	3,94	6,19	5
T9	3,5 x 3,0	61,02	BC	3,89	6,38	5

¹PMJ = Proporção de madeira juvenil em relação a área basal das árvores (%)

²T. Médias = Teste de comparação das médias. Letras iguais indicam a igualdade entre médias, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

³D.P. = Desvio Padrão.

⁴C.V. = Coeficiente de variação (%).

⁵N = Número de amostras por tratamento.

O teste de Tukey para comparação das médias (tabela 18), detectou diferenças entre as médias, revelando que a proporção de madeira juvenil em relação a área basal das árvores tende a aumentar com o aumento de espaçamento.

Estes dados são condizentes com os apresentados por SAUCIER (1989), que estudou o efeito do espaçamento na formação de lenho juvenil em relação a área basal para quatro diferentes espaçamentos, onde encontrou valores variando de 42% a 47%, para árvores do gênero *Pinus* com 30 anos de idade. Confrontando os resultados encontrados pelo autor, com os resultados apresentados na tabela 15, verifica-se que os valores médios apresentados foram superiores.

Nesta pesquisa, as proporções de madeira juvenil em relação a área basal das árvores são superiores quando comparadas com os resultados encontrados por SENFT (1986), onde descreve que *Pinus taeda* com 15 anos de idade possui cerca de 40 % de lenho juvenil, enquanto árvores com 40 anos já possuem cerca de 25%.

Confirmando as tendências encontradas neste estudo, KELLINSON (1981) de forma semelhante encontrou para árvores de 15, 25 e 45 anos de idade porcentagens decrescentes de madeira juvenil com o aumento da idade.

Como mostrado pelos autores, a proporção de madeira juvenil é influenciada pela idade das árvores, ou seja, há uma diminuição dessa proporção com o aumento da idade.

No caso do presente experimento, onde não foi avaliada a porcentagem de lenho juvenil do fuste das árvores, mas da seção transversal da base destes fustes, os resultados representam um indicativo do comportamento desta propriedade para a árvore.

Muitos fatores como o sítio de crescimento e a localização geográfica, a taxa de crescimento, fatores genéticos, tratos silviculturais dentre outros influem diretamente na qualidade da madeira produzida, uma vez que estas variáveis irão alterar as proporções da madeira juvenil e adulta das árvores.

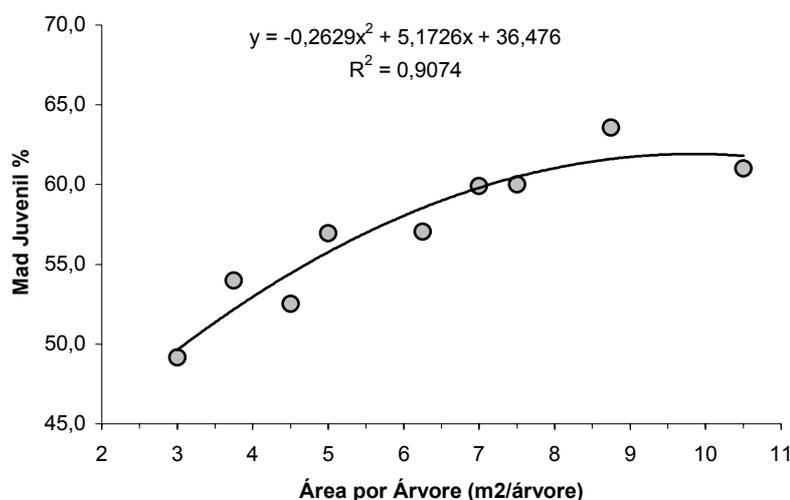
Segundo LATORRACA & ALBUQUERQUE (2000) a maioria dos problemas que ocorrem com a qualidade da madeira, são provenientes de algumas características

da madeira juvenil, ou seja, baixa massa específica, baixa resistência e a propensão de contração longitudinal mais acentuada.

Portanto os resultados apresentados confirmam o estudo realizado por BAMBER & BURLEY (1983), onde consideram que a taxa de crescimento por si só não altera significativamente as propriedades da madeira, porém altera a proporção de madeira juvenil e adulta.

Na figura 31 é apresentado um gráfico mostrando a tendência da proporção de madeira juvenil em relação a área basal das árvores amostradas aumentar, com o aumento dos espaçamentos de plantio avaliados.

FIGURA 31 – TENDÊNCIA DE VARIAÇÃO NA PROPORÇÃO DE MADEIRA JUVENIL EM RELAÇÃO A ÁREA BASAL DAS ÁRVORES AMOSTRADAS NOS ESPAÇAMENTOS ESTUDADOS



Observa-se que o comportamento da proporção de madeira juvenil em relação a área basal das árvores básica pode ser explicado pelo espaçamento entre árvores, uma vez que o valor do coeficiente de determinação obtido nesta análise ($R^2 = 0,9074$) indica uma correspondência estreita entre as variáveis.

A madeira Juvenil, por apresentar valores de propriedades mecânicas inferiores, também pode prejudicar determinados produtos de madeira serrada, principalmente quando o objetivo final é a sua utilização para fins estruturais.

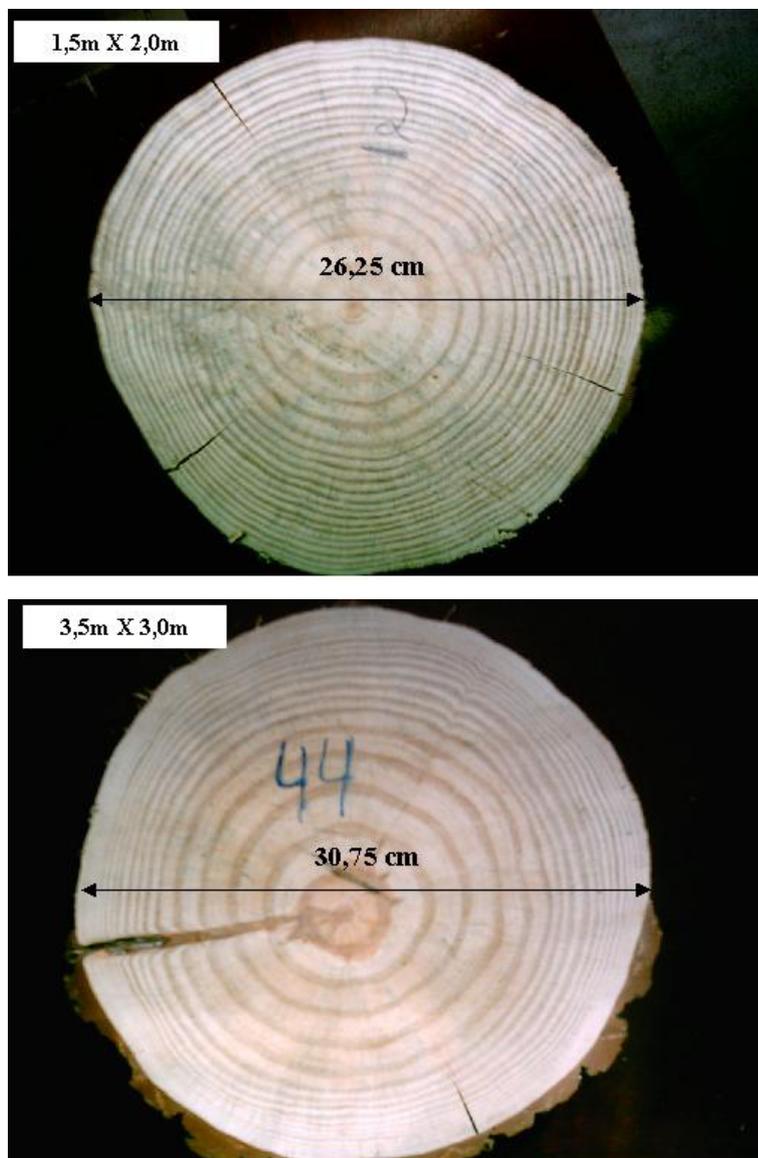
Os resultados indicam que o menor espaçamento inicial diminui os efeitos da madeira juvenil confinando sua existência a uma pequena área próxima à medula, onde sua influência nas propriedades estruturais da madeira são minimizadas

Muitos são os fatores que afetam a qualidade do produto durante a produção de móveis, algumas características da madeira juvenil como baixa massa específica, problemas de colagem, alta anisotropia, heterogeneidade do material, dentre outros irão afetar a qualidade do produto final. Portanto, quanto menor for a proporção de madeira juvenil existente, melhor será o aproveitamento desta madeira para produtos de alto valor agregado.

Na figura 32, são apresentadas 02 seções transversais retiradas da base das árvores de diferentes espaçamentos para mostrar a diferença existente na madeira produzida, sendo que a principal diferença está diretamente relacionada com o taxa de crescimento inicial das árvores, que nos maiores espaçamentos torna-se bastante acentuado, gerando assim uma maior proporção de madeira juvenil e menor homogeneidade do material.

Para conseguir uniformidade dos anéis de crescimento, uma taxa constante de incremento deve ser mantida não somente no período juvenil, mas também durante a transição de lenho juvenil para adulto e posteriormente. Uma taxa uniforme de crescimento, entretanto, não significa que os anéis terão as mesmas dimensões.

FIGURA 32 – SEÇÕES TRANSVERSAIS DA BASE DE ÁRVORES EXEMPLIFICANDO AS DIFERENÇAS EXISTENTES PARA O MENOR E O MAIOR ESPAÇAMENTO ESTUDADOS NESTA PESQUISA. (OS ESPAÇAMENTOS DE PLANTIO ESTÃO INDICADOS NO CANTO SUPERIOR DE CADA FOTO)



5.4 AVALIAÇÃO DOS NÓS

Na tabela 19 são apresentados os resultados médios determinados para a frequência e diâmetro médio dos nós nas tábuas serradas secas para as toras 1 e 2 das árvores amostradas de *Pinus taeda* nos diferentes espaçamentos, juntamente com seus coeficientes de variação.

TABELA 19 – RESULTADOS MÉDIOS DETERMINADOS PARA FREQUÊNCIA E DIÂMETRO DOS NÓS.

Trat. ³	Espaçamento (m X m)	Frequência (n/m ²)				Diâmetro médio (cm)				N ²
		Tora 1		Tora 2		Tora 1		Tora 2		
		Média	C.V. ¹	Média	C.V. ¹	Média	C.V. ¹	Média	C.V. ¹	
T1	1,5 x 2,0	24,29	31,29	19,07	52,50	2,159	17,69	2,609	11,92	61
T2	1,5 x 2,5	28,84	25,16	18,43	50,19	2,023	11,67	2,818	18,65	65
T3	1,5 x 3,0	29,02	22,52	18,36	24,52	1,878	13,07	2,456	6,85	64
T4	2,5 x 2,0	28,06	26,84	18,88	26,82	2,015	14,22	2,974	17,30	61
T5	2,5 x 2,5	28,53	16,69	19,35	18,94	2,272	12,10	3,014	12,62	59
T6	3,5 x 2,0	28,44	21,85	18,61	10,92	2,022	14,55	3,046	18,77	73
T7	2,5 x 3,0	31,32	15,52	23,74	5,61	2,067	16,84	2,764	13,88	62
T8	3,5 x 2,5	31,04	11,39	21,81	25,11	2,267	19,42	2,908	13,64	71
T9	3,5 x 3,0	27,99	10,90	21,64	48,70	2,285	13,19	3,087	20,57	80

¹ C.V. = Coeficiente de variação (%).

² N = Número de amostras

³ Trat. = Tratamentos (espaçamentos)

Tora 1 = primeira tora, retirada a partir da base da árvore.

Tora 2 = segunda tora retirada a 25 % da altura comercial da árvore

As médias de Frequência de nós nas tábuas analisadas, conforme a tabela 19 apresentou os seguintes valores, superior e inferior, respectivamente de 31,32 n/m² e 24,29 n/m² para a primeira tora, e de 23,74 n/m² e 18,36 n/m² para a segunda tora.

A Frequência de nós apresentou uma alta variação entre árvores, com coeficientes de variação elevados, podendo esta variação estar ligada a fatores genéticos.

Confrontando os valores médios obtidos para a frequência de nós nesta pesquisa com estudos anteriores, verifica-se que os valores médios encontrados são superiores

aos valores obtidos por SHIMOYAMA (2005) que encontrou os seguintes valores, 14,45 n/m² e 10,46 n/m² para a primeira tora e segunda tora, respectivamente.

Cabe salientar que, apesar de superiores, os valores obtidos nesta pesquisa apresentaram o mesmo comportamento encontrado por SHIMOYAMA (2005), ambas pesquisas mostraram a tendência de diminuição da presença de nós na segunda tora amostrada.

Os diâmetros médios dos nós nas tábuas analisadas (tabela 19) apresentaram os seguintes valores, superior e inferior, respectivamente de 2,28cm e 1,87 cm para a primeira tora, e de 3,08 cm e 2,45 cm para a segunda tora.

Confrontando os valores obtidos nesta pesquisa com estudos anteriores, verifica-se que os valores médios encontrados são compatíveis aos valores obtidos por SHIMOYAMA (2005) que encontrou os seguintes valores, 1,54 cm e 3,76 cm para a primeira tora e segunda tora, respectivamente.

Segundo a mesma autora estes valores encontrados podem ser considerados normais para plantios comerciais não podados. Sendo que a bibliografia é escassa sobre este assunto, não oferecendo valores para a comparação.

Os resultados apresentados para diâmetro dos nós condizem com os observados por SEITZ (2000), que mostra em seu estudo que até aproximadamente 1 metro de altura, os galhos das árvores são finos (até 10 mm). A partir desta altura passam a ter diâmetros maiores, sendo que posteriormente vão se reduzindo gradativamente até o topo das árvores. Segundo o mesmo autor, o crescimento dos galhos depende do espaçamento entre árvores, sendo que o diâmetro dos galhos está diretamente relacionado com o seu comprimento. Com árvores de *Pinus taeda* de cinco anos de idade, em um teste de espaçamento, o diâmetro dos galhos tiveram uma nítida correlação com o espaçamento de plantio, sendo que os diâmetros dos galhos além de aumentarem com o aumento do espaçamento também aumentaram em função da altura das toras.

Na tabela 20 são apresentados os resultados médios determinados para a área dos nós nas tábuas serradas secas para as toras 1 e 2 das árvores amostradas de *Pinus taeda* nos diferentes espaçamentos, juntamente com seus coeficientes de variação.

TABELA 20 – RESULTADOS MÉDIOS DETERMINADOS PARA ÁREA DOS NÓS.

Trat. ³	Espaçamento (m X m)	Área (cm ² /m ²)				N ²
		Tora 1		Tora 2		
		Média	C.V. ¹	Média	C.V. ¹	
T1	1,5 x 2,0	135,09	46,05	136,24	22,96	61
T2	1,5 x 2,5	130,99	35,76	137,37	27,76	65
T3	1,5 x 3,0	113,50	30,49	113,11	15,93	64
T4	2,5 x 2,0	117,22	44,14	161,31	27,88	61
T5	2,5 x 2,5	151,40	22,46	163,99	12,83	59
T6	3,5 x 2,0	134,83	36,75	166,28	31,40	73
T7	2,5 x 3,0	133,08	21,13	171,58	20,23	62
T8	3,5 x 2,5	169,91	37,23	167,49	18,00	71
T9	3,5 x 3,0	165,63	22,70	172,89	20,83	80

¹ C.V. = Coeficiente de variação (%).

² N = Número de amostras

³Trat. = Tratamentos (espaçamentos)

Tora 1 = primeira tora, retirada a partir da base da árvore.

Tora 2 = segunda tora retirada a 25 % da altura comercial da árvore

Com relação aos valores médios obtidos de área de nós nas tábuas analisadas, conforme a tabela 20 temos os seguintes valores, superior e inferior, respectivamente de 169,91 cm²/m² e 113,50 cm²/m² para a primeira tora, e de 172,89 cm²/m² e 113,11 cm²/m² para a segunda tora.

Confrontando os valores médios obtidos por SHIMOYAMA (2005) de 47,10 cm²/m² e 134,5 cm²/m² respectivamente, para a primeira e segunda tora, com os resultados obtidos nesta pesquisa, tem-se que os valores médios para a primeira tora são muito superiores. Isto se deve ao fato de que na pesquisa realizada pela autora a primeira tora foi laminada, ou seja, as avaliações foram realizadas nas lâminas e não nas tábuas. Contudo os valores médios para a segunda tora, foram compatíveis.

Na tabela 21 são apresentados os resultados do teste de Tukey para comparação das médias de frequência de nós, diâmetro médio dos nós e área dos nós obtidos nas tábuas serradas secas entre os diferentes espaçamentos e posições das toras.

TABELA 21 – RESULTADOS DO TESTE DE TUKEY A 95% DE PROBABILIDADE PARA A COMPARAÇÃO DA FREQUÊNCIA, DIÂMETRO E ÁREA DOS NÓS ENTRE OS ESPAÇAMENTOS E POSIÇÃO DAS TORAS.

	Tratamento (m x m)	Fn ¹	T. Médias ⁴	Dn ²	T. Médias ⁴	An ³	T. Médias ⁴
Espaçamentos	1,5 x 2,0	21,676	A	2,384	A	135,665	A
	1,5 x 2,5	23,638	A	2,421	A	134,175	A
	1,5 x 3,0	23,690	A	2,167	A	113,303	A
	2,5 x 2,0	23,474	A	2,494	A	139,269	A
	2,5 x 2,5	23,941	A	2,643	A	157,697	A
	3,5 x 2,0	23,552	A	2,534	A	150,557	A
	2,5 x 3,0	27,531	A	2,415	A	152,330	A
	3,5 x 2,5	26,425	A	2,588	A	168,700	A
	3,5 x 3,0	24,818	A	2,686	A	169,264	A
Posição da tora	Tora 1	28,617	A	2,110	A	139,072	A
	Tora 2	19,987	B	2,853	B	154,475	B

¹ Fn = Frequência média de nós por espaçamento (n/m²).

² Dn = Diâmetro médio dos nós por espaçamento (cm).

³ An = Área de nós média por espaçamento (cm²/m²).

⁴ T. Médias = Teste de comparação das médias. Letras iguais indicam a igualdade entre médias, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tora 1 = primeira tora, retirada a partir da base da árvore.

Tora 2 = segunda tora retirada a 25 % da altura comercial da árvore.

Os resultados da análise de variância (Anexos, 1.17, 1.18 e 1.19), indicam que os fatores espaçamento e posição ao longo do fuste são independentes, tendo em vista que a interação dos fatores não foi significativa.

O teste de Tukey para comparação das médias (tabela 21) não detectou diferenças significativas entre as médias de frequência de nós, diâmetro médio dos nós e área dos nós obtidos nas tábuas serradas secas entre os diferentes espaçamentos analisados.

No entanto, quando analisadas as médias das toras 1 e 2, o teste revelou existir diferenças significativas entre as toras, sendo que para a frequência de nós a tora 1 apresentou valores superiores, e para o diâmetro médio dos nós e área dos nós a tora 2 apresentou valores superiores.

Os resultados médios obtidos para as variáveis analisadas, apresentaram tendência semelhante, ou seja, os valores aumentaram com o aumento do espaçamento entre árvores.

Na figura 33 e 34 são apresentados gráficos de tendência para frequência, diâmetro médio e área dos nós com relação aos espaçamentos avaliados.

FIGURA 33 –VARIAÇÃO DA FREQUÊNCIA E DO DIÂMETRO DOS NÓS PARA DIFERENTES POSIÇÕES DAS TORAS ENTRE OS DIFERENTES ESPAÇAMENTOS.

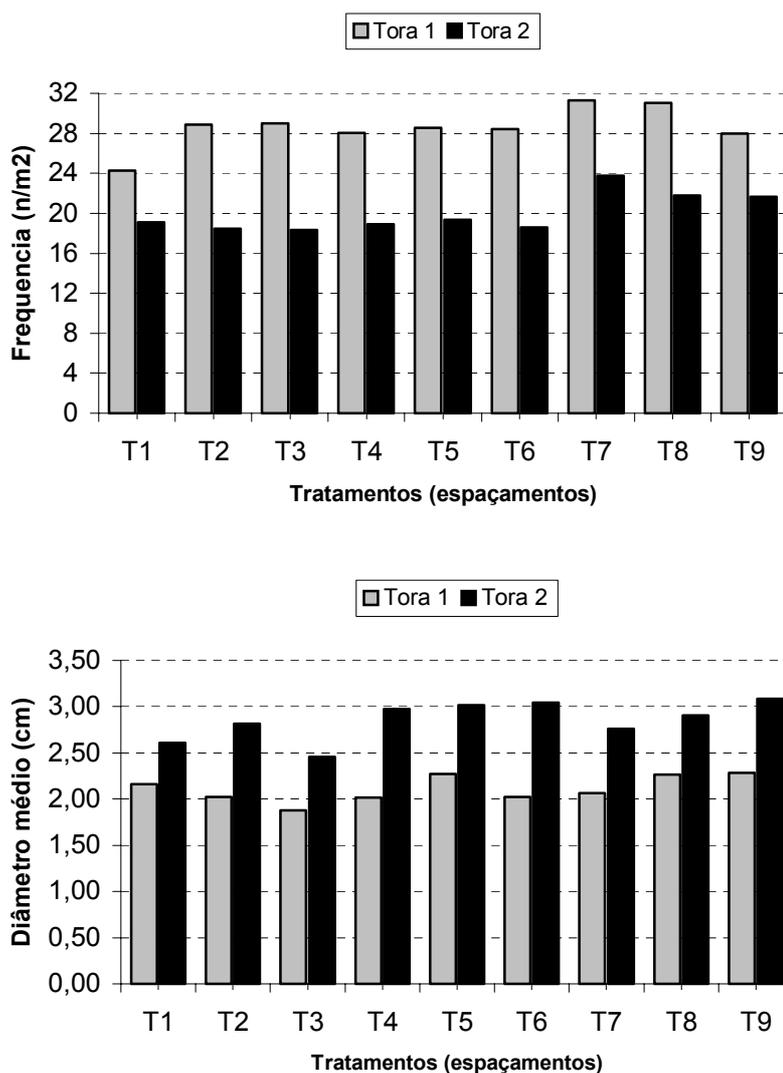
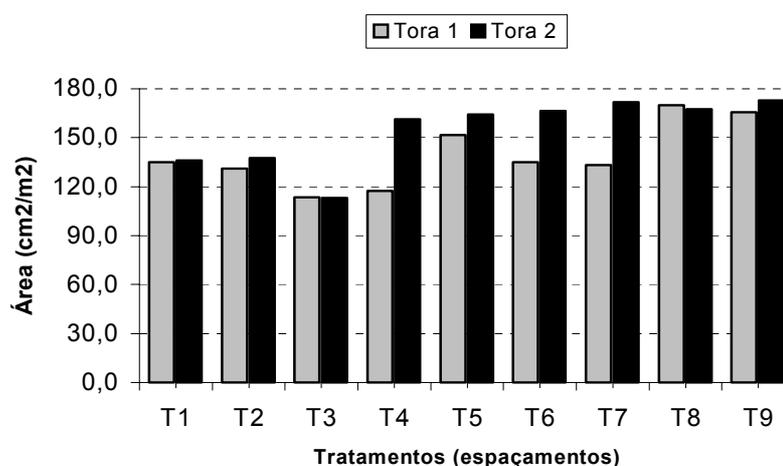


FIGURA 34 –VARIÇÃO DA ÁREA DOS NÓS PARA DIFERENTES POSIÇÕES DAS TORAS ENTRE OS DIFERENTES ESPAÇAMENTOS.



Os resultados confirmam as observações feitas por LARSON et al. (2001), o autor afirma que o menor espaçamento inicial das árvores reduz o crescimento radial da tora, e também confina o núcleo nodoso a um pequeno espaço na madeira juvenil. Qualquer manejo que favoreça o desenvolvimento da copa e folhagem, como desbaste ou fertilização, prolongará a vida e o crescimento dos galhos existentes.

Os resultados apresentados indicam que os maiores espaçamentos proporcionaram uma maior insolação às árvores permitindo assim, um maior desenvolvimento da copa, portanto, retardando a desrama natural na parte inferior do tronco. Portanto, pode-se afirmar que, em espaçamentos amplos, onde não se utilize a poda dos galhos, os nós irão contribuir para a minimização da qualidade e, conseqüentemente, do valor desta madeira.

Os resultados também permitem afirmar que, independente do espaçamento, na parte inferior da árvore, primeira tora, houve uma maior frequência de nós, no entanto com diâmetros menores. Sendo o contrário observado para as toras retiradas a 25% da altura comercial das árvores. Desta forma madeiras provenientes da primeira tora da árvore terão menor aproveitamento na produção de madeira “Clear” (limpa).

Contudo, de acordo com BAMBER e BURLEY (1983), se a madeira for destinada para uso estrutural é mais desejável a ocorrência de pequenos nós e com maior frequência, do que nós grandes e menos freqüentes.

5.5 RENDIMENTOS

Na tabela 22 são apresentados os resultados médios determinados para o rendimento total em madeira serrada seca para as toras 1 e 2 das árvores amostradas de *Pinus taeda* nos diferentes espaçamentos, juntamente com seus desvios padrões e coeficientes de variação.

TABELA 22 – RENDIMENTO TOTAL EM MADEIRA SERRADA SECA.

Trat. ⁴	Espaçamento (m X m)	Rendimento total %						N ³
		Tora 1			Tora 2			
		Média	D. P. ¹	C.V. ²	Média	D. P. ¹	C.V. ²	
T1	1,5 x 2,0	57,097	4,28	7,50	53,719	5,37	9,99	5
T2	1,5 x 2,5	55,225	4,43	8,03	56,024	2,12	3,78	5
T3	1,5 x 3,0	56,021	3,93	7,02	54,189	4,02	7,42	5
T4	2,5 x 2,0	56,590	8,25	14,58	53,181	6,18	11,62	5
T5	2,5 x 2,5	53,086	4,84	9,12	53,326	3,91	7,33	5
T6	3,5 x 2,0	56,313	7,74	13,74	56,548	2,85	5,03	5
T7	2,5 x 3,0	51,875	5,47	10,55	53,618	3,92	7,31	5
T8	3,5 x 2,5	54,224	7,80	14,39	52,112	4,63	8,89	5
T9	3,5 x 3,0	55,836	6,75	12,10	54,983	3,20	5,83	5

¹D.P. = Desvio Padrão

²C.V. = Coeficiente de variação (%).

³N = Número de amostras

⁴Trat. = Tratamentos (espaçamentos)

Tora 1 = primeira tora, retirada a partir da base da árvore.

Tora 2 = segunda tora retirada a 25 % da altura comercial da árvore

Conforme os resultados apresentados (Tabela 22), o rendimento total em madeira serrada seca apresentou valores médios considerados normais, sendo que os valores, superior e inferior encontrados foram, respectivamente de 57,09% e 51,87% para a primeira tora, e de 56,54% e 52,11% para a segunda tora. Portanto a amplitude de variação foi respectivamente, para a primeira e para segunda tora, de 5,22% e 4,43%.

Estes resultados confirmam a eficiência do sistema de desdobro utilizado, onde as toras são classificadas e separadas por classes de diâmetro, sendo que para cada classe diamétrica é utilizado o mesmo diagrama de corte, alterando apenas as

dimensões das peças visando à otimização do desdobro.

Os resultados da análise de variância (Anexo 1.14), indicam que os fatores espaçamento e posição da tora são independentes, tendo em vista que a interação dos fatores não foi significativa. Na tabela 23 são apresentados os resultados do teste de Tukey para comparação das médias determinadas para o rendimento total em madeira serrada seca entre os diferentes espaçamentos e posições das toras.

TABELA 23 – RESULTADOS DO TESTE DE TUKEY A 95% DE PROBABILIDADE PARA A COMPARAÇÃO DO RENDIMENTO TOTAL EM MADEIRA SERRADA SECA ENTRE OS ESPAÇAMENTOS E POSIÇÃO DAS TORAS.

	Tratamentos (m x m)	Rt ¹	T. Médias ²
Espaçamentos	1,5 x 2,0	55,408	A
	1,5 x 2,5	55,625	A
	1,5 x 3,0	55,105	A
	2,5 x 2,0	54,886	A
	2,5 x 2,5	53,206	A
	3,5 x 2,0	56,431	A
	2,5 x 3,0	52,746	A
	3,5 x 2,5	53,168	A
	3,5 x 3,0	55,410	A
Posição da tora	Tora 1	55,141	A
	Tora 2	54,189	A

¹ Rt = Rendimento total em madeira seca em relação ao volume da tora sem casca (%).

² T. Médias = Teste de comparação das médias. Letras iguais indicam a igualdade entre médias, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tora 1 = primeira tora, retirada a partir da base da árvore.

Tora 2 = segunda tora retirada a 25 % da altura comercial da árvore

O teste de Tukey para comparação das médias (tabela 23) não detectou diferenças significativas entre as médias de rendimento total em madeira serrada seca para os espaçamentos analisados. Da mesma forma para as médias analisadas para as posições das toras (1 e 2), o teste de Tukey, não detectou diferenças significativas.

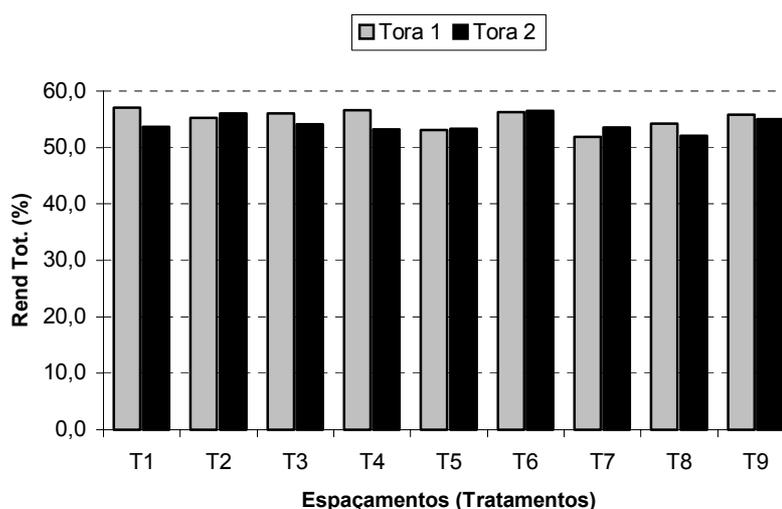
Foi demonstrado que os maiores espaçamentos proporcionaram árvores com maiores diâmetros, portanto, apesar do rendimento ser influenciado pela variável

diâmetro, nesta pesquisa os resultados apresentados demonstram a importância do sistema de desdobro sobre o rendimento em madeira serrada.

Confrontando os resultados desta pesquisa com estudos anteriores, verifica-se que os valores médios situam-se na faixa de variação dos resultados encontrados na literatura. OLANDOSKI & BRAND (1997) pesquisando o rendimento em madeira serrada para *Pinus taeda* para diferentes classes de diâmetro encontraram os seguintes valores, 49,74%, 51,87% e 53,09%, para as seguintes classes de diâmetro, 18 a 22,9cm, 23 a 27,9 cm e 28 a 32,9 cm, respectivamente. BIASI & ROCHA (2003), ao desdobrarem toras de *Pinus elliottii* variando de 8 cm até 45 cm de diâmetro, utilizando diagramas de corte para as classes selecionadas obtiveram um rendimento médio de 43,17%. Enquanto MURARA (2005), ao desdobrar toras do gênero *Pinus* utilizando diagramas de corte para diferentes classes diâmetricas obteve rendimentos variando de 44,93% a 63,58% para a menor e para a maior classe diâétrica, respectivamente.

Na figura 35 pode-se observar as médias dos rendimentos totais em madeira serrada seca para as toras 1 e 2 em cada espaçamento.

FIGURA 35 – RENDIMENTO TOTAL DETERMINADO PARA OS ESPAÇAMENTOS E POSIÇÕES DAS TORAS.



Na tabela 24 são apresentados os resultados médios determinados para os rendimentos obtidos nas classes de qualidade “C” e “A” em madeira serrada seca para

as toras 1 e 2 das árvores amostradas de *Pinus taeda* nos diferentes espaçamentos, juntamente com seus desvios padrões e coeficientes de variação.

TABELA 24 – RENDIMENTOS MÉDIOS OBTIDOS NAS CLASSES DE QUALIDADE “C” E “A” EM MADEIRA SERRADA SECA A 12 % DE UMIDADE

	Trat. ⁴	Espaçamento (m x m)	Tora 1			Tora 2			N ³
			Média	D. P. ¹	C.V. ²	Média	D. P. ¹	C.V. ²	
Rendimento Classe C (%)	T1	1,5 x 2,0	42,366	7,02	16,57	28,782	5,83	20,26	5
	T2	1,5 x 2,5	42,634	7,06	16,55	31,847	13,31	41,79	5
	T3	1,5 x 3,0	39,523	4,82	12,19	24,789	16,01	64,60	5
	T4	2,5 x 2,0	43,099	12,01	27,86	28,119	5,22	18,55	5
	T5	2,5 x 2,5	42,021	8,32	19,80	28,284	3,54	12,51	5
	T6	3,5 x 2,0	43,014	6,21	14,44	36,035	7,20	19,97	5
	T7	2,5 x 3,0	43,006	8,18	19,02	34,753	6,13	17,64	5
	T8	3,5 x 2,5	45,075	7,38	16,38	33,541	8,47	25,27	5
	T9	3,5 x 3,0	47,441	4,57	9,63	34,774	4,60	13,22	5
Rendimento Classe A (%)			Tora 1			Tora 2			
	T1	1,5 x 2,0	14,731	3,05	20,68	24,937	4,86	19,50	5
	T2	1,5 x 2,5	12,591	5,02	39,89	24,177	13,28	54,92	5
	T3	1,5 x 3,0	16,498	5,08	30,81	29,400	17,54	59,67	5
	T4	2,5 x 2,0	13,491	7,04	52,20	25,062	8,08	32,33	5
	T5	2,5 x 2,5	11,065	5,27	47,61	25,042	5,26	21,02	5
	T6	3,5 x 2,0	13,299	10,19	76,64	20,153	6,60	32,15	5
	T7	2,5 x 3,0	8,869	4,64	53,32	18,865	7,78	41,22	5
	T8	3,5 x 2,5	9,149	1,19	13,02	18,571	8,62	46,23	5
T9	3,5 x 3,0	8,368	6,28	75,10	20,211	6,93	34,27	5	

¹ D.P. = Desvio Padrão

² C.V. = Coeficiente de variação (%).

³ N = Número de amostras

⁴ Trat. = Tratamentos (espaçamentos)

Tora 1 = primeira tora, retirada a partir da base da árvore.

Tora 2 = segunda tora retirada a 25 % da altura comercial da árvore

Analisando os resultados apresentados na tabela 24, nota-se que os rendimentos obtidos nas classes de qualidade “C” e “A” em madeira serrada seca apresentaram valores médios diferenciados, sendo que para os rendimentos obtidos na classe “C”, os rendimentos médios variaram de 47,44% a 39,52% para a primeira tora, e de 36,03% e 28,11% para a segunda tora.

Para os rendimentos obtidos na classe de qualidade “A”, os valores variaram de 16,49% a 8,36% para a primeira tora, e de 29,40% a 18,57% para a segunda tora.

Contudo, é importante salientar que os rendimentos determinados para as diferentes classes de qualidade apresentaram coeficientes de variação elevados.

Os resultados da análise de variância (Anexos, 1.15 e 1.16), indicam que os fatores espaçamento e posição da tora são independentes, tendo em vista que a interação dos fatores não foi significativa. Na tabela 25 são apresentados os resultados do teste de Tukey para comparação das médias determinadas para os rendimentos obtidos nas classes de qualidade “C” e “A” entre os diferentes espaçamentos e posições das toras. Resultados similares foram observados quando estes fatores foram relacionados a frequência, diâmetro e área dos nós, e rendimento total em madeira serrada.

TABELA 25 – RESULTADOS DO TESTE DE TUKEY A 95% DE PROBABILIDADE PARA A COMPARAÇÃO DOS RENDIMENTOS OBTIDOS NAS CLASSES DE QUALIDADE “C” E “A” ENTRE OS ESPAÇAMENTOS E POSIÇÃO DAS TORAS.

	Tratamento (m x m)	Rc ¹	T. Médias ³	Ra ²	T. Médias ³
Espaçamento	1,5 x 2,0	35,574	A	19,834	A
	1,5 x 2,5	37,241	A	18,384	A
	1,5 x 3,0	32,156	A	22,949	A
	2,5 x 2,0	35,609	A	19,277	A
	2,5 x 2,5	35,153	A	18,053	A
	3,5 x 2,0	39,525	A	16,906	A
	2,5 x 3,0	38,879	A	13,867	A
	3,5 x 2,5	39,308	A	13,860	A
	3,5 x 3,0	41,108	A	14,290	A
Posição da tora	Tora 1	43,131	A	12,007	A
	Tora 2	31,214	B	22,975	B

¹ Rc = Rendimento na classe de qualidade “C” em relação ao volume da tora sem casca (%).

² Ra = Rendimento na classe de qualidade “A” em relação ao volume da tora sem casca (%).

³ T. Médias = Teste de comparação das médias. Letras iguais indicam a igualdade entre médias, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Tora 1 = primeira tora, retirada a partir da base da árvore.

Tora 2 = segunda tora retirada a 25 % da altura comercial da árvore

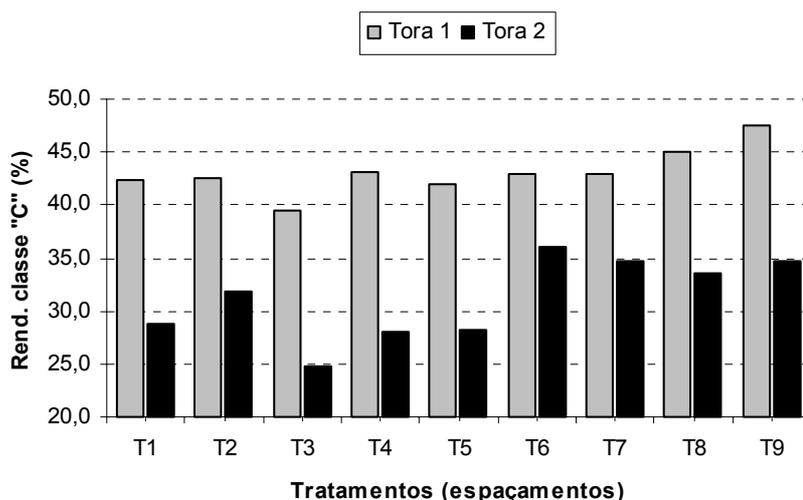
Para os rendimentos obtidos nas classes de qualidade “C” e “A”, o teste de Tukey para comparação das médias (tabela 25) não detectou diferenças significativas ao nível de 95% de probabilidade, entre as médias analisadas dentro das classes para os diferentes espaçamentos. Porém para as médias analisadas das toras 1 e 2, o teste de Tukey, detectou diferenças significativas ao nível de 95% de probabilidade entre as médias obtidas nos rendimento dentro das classes de qualidade.

Estes resultados demonstram que os valores médios encontrados para os rendimentos obtidos nas classes de qualidade “C” e “A” entre os espaçamentos apresentaram tendências contrárias como pode ser visto nas figuras 36 e 37.

Para a classe de qualidade “C” os rendimentos médios obtidos tenderam a aumentar com o aumento do espaçamento entre árvores, sendo que a tora 1 apresentou rendimentos superiores na classe “C” em comparação com a tora 2.

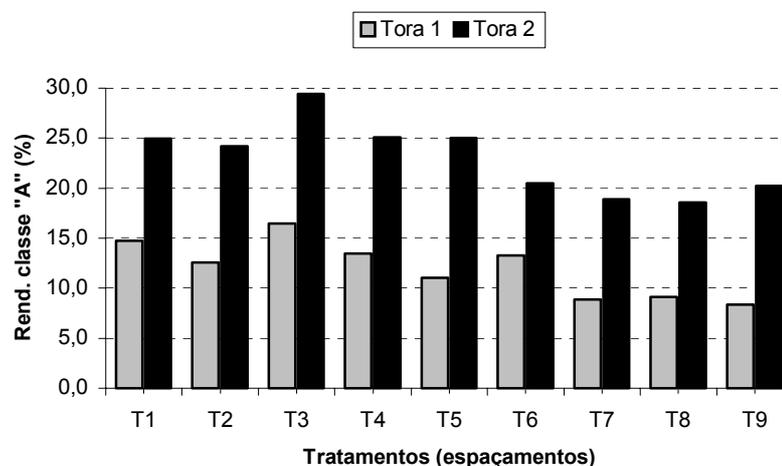
Por outro lado para a classe de qualidade “A”, os rendimentos médios obtidos tenderam a diminuir com o aumento do espaçamento entre árvores, sendo que a tora 2 apresentou rendimentos superiores na classe “A” em comparação com a tora 1.

FIGURA 36 – VARIAÇÃO DOS RENDIMENTOS OBTIDOS NA CLASSE DE QUALIDADE “C” PARA DIFERENTES POSIÇÕES DAS TORAS ENTRE OS ESPAÇAMENTOS.



Os resultados indicam que, independente do espaçamento analisado, a primeira tora das árvores amostradas apresentou menores rendimentos na classe de qualidade “A”, em função da maior presença de nós.

FIGURA 37 – VARIAÇÃO DOS RENDIMENTOS OBTIDOS NA CLASSE DE QUALIDADE “A” PARA DIFERENTES POSIÇÕES DAS TORAS ENTRE OS ESPAÇAMENTOS.



Analisando os resultados apresentados para os rendimentos nas classes de qualidade em conjunto com a avaliação dos nós realizada, observa-se uma relação direta entre os rendimentos obtidos nas classes “C” e “A” com os valores apresentados de avaliação dos nós.

Pode-se dizer que, para as classes de qualidade utilizadas neste estudo (madeira para móveis e carretéis), os nós presentes nas tábuas são fatores que contribuem significativamente para a classificação das tábuas nas classes de qualidade, sendo que a maior presença de nós nas tábuas deprecia a qualidade do produto final em aparência e propriedades tecnológicas.

A área dos nós por ser a razão entre a frequência e o diâmetro dos mesmos apresentou melhores correlações com os rendimentos obtidos nas classes de qualidade, como pode ser visto nas figuras 38 e 39.

No entanto deve-se enfatizar que apesar dos resultados indicarem uma redução da quantidade de nós nos menores espaçamentos, por outro lado esses espaçamentos irão apresentar, em função do diâmetro das árvores, reduzido volume de madeira para serraria e laminação.

Analisando os resultados apresentados por SANQUETA et al. (2003), que detectaram a influência significativa dos espaçamentos nos volumes até 18 cm de diâmetro, e comentam que, se o destino da madeira for para a produção de celulose, o

menor volume médio das árvores com espaçamentos menores, será plenamente compensado pela alta densidade de árvores. Por outro lado, se objetivo final for a produção de madeira para laminação e serraria, é aconselhável optar por plantios com maiores espaçamentos, desde que seja realizada poda artificial. Ponderando esta informação, no entanto, cabe salientar que apesar do maior volume de madeira até 18 cm de diâmetro produzido nos maiores espaçamentos, mesmo com realização de poda artificial, também será maior o volume de madeira juvenil.

FIGURA 38 – TENDÊNCIA DE VARIAÇÃO DOS RENDIMENTOS OBTIDOS NA CLASSE DE QUALIDADE “C” EM FUNÇÃO DA ÁREA DOS NÓS.

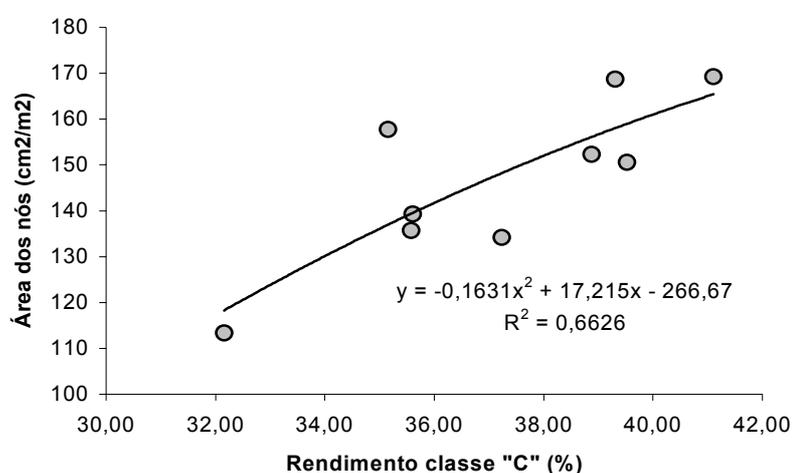
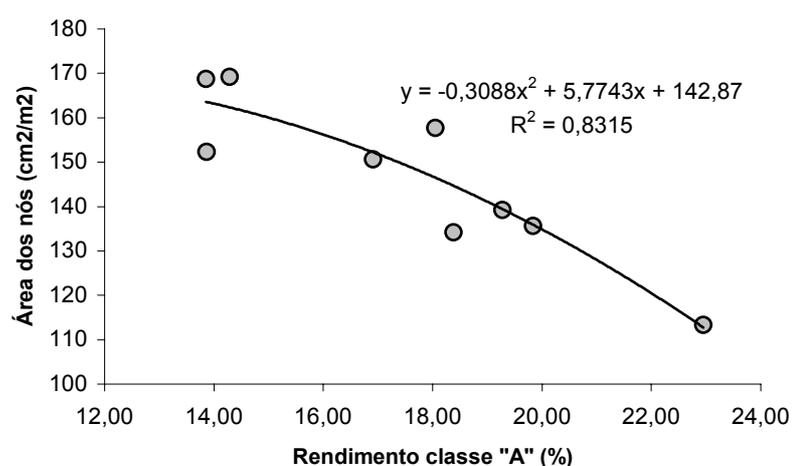


FIGURA 39 – TENDÊNCIA DE VARIAÇÃO DOS RENDIMENTOS OBTIDOS NA CLASSE DE QUALIDADE “A” EM FUNÇÃO DA ÁREA DOS NÓS.



Pode-se observar que o efeito da área dos nós sobre os rendimentos nas diferentes classes de qualidade foi significativo, apresentando bons ajustes, sendo que os valores dos coeficientes de determinação encontrados ($R^2 = 0,83$ e $0,66$) indicam uma forte dependência entre as variáveis.

5.6 GRAU DE AFILAMENTO DO FUSTE

Na tabela 26 são apresentados os resultados médios determinados para o Grau de afilamento do fuste da base até 50% da altura comercial das árvores amostradas de *Pinus taeda*, juntamente com seus desvios padrões, coeficientes de variação e indicação da comparação das médias entre os espaçamentos, pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

TABELA 26 – GRAU MÉDIO DE AFILAMENTO DO FUSTE DA BASE ATÉ 50% DA ALTURA COMERCIAL NOS DIFERENTES ESPAÇAMENTOS.

Tratamento	Espaçamento (m X m)	GA ¹ (cm/m)	T. Médias ²	D. P. ³	C.V. ⁴ (%)	N ⁵
T1	1,5 x 2,0	0,684	A	0,20	29,40	5
T2	1,5 x 2,5	0,766	ABC	0,04	4,83	5
T3	1,5 x 3,0	0,703	AB	0,07	10,61	5
T4	2,5 x 2,0	0,795	ABC	0,11	13,61	5
T5	2,5 x 2,5	0,779	ABC	0,13	16,08	5
T6	3,5 x 2,0	0,862	ABC	0,16	18,38	5
T7	2,5 x 3,0	0,852	ABC	0,14	16,17	5
T8	3,5 x 2,5	0,967	BC	0,18	18,26	5
T9	3,5 x 3,0	0,987	C	0,08	8,59	5

¹GA = Grau de afilamento do fuste da base até 50 % da altura comercial (cm/m).

²T. Médias = Teste de comparação das médias. Letras iguais indicam a igualdade entre médias, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

³D.P. = Desvio Padrão. ⁴C.V. = Coeficiente de variação (%).

⁵N = Número de amostras por tratamento.

O Grau de afilamento do fuste da base até 50% da altura comercial apresentou valores crescentes com o aumento do espaçamento entre árvores, sendo que os valores, inferior e superior encontrados foram, respectivamente de 0,684 cm/m no espaçamento

1,5m x 2,0m, e 0,987 cm/m no espaçamento 3,5m x 3,0m.

O teste de Tukey para comparação das médias (tabela 26), detectou diferenças ao nível de 95% de probabilidade entre as médias, revelando que o Grau de afilamento do fuste das árvores amostradas tenderam a aumentar com o aumento de espaçamento.

Confrontando os resultados desta pesquisa com estudos anteriores, verifica-se que os valores médios apresentaram a mesma tendência encontrada por outros pesquisadores. LARSON (1969) observou que nos menores espaçamentos as árvores tendem a melhorar a forma do fuste. Segundo o autor a maior conicidade deve-se a manutenção de uma maior altura de copa e, conseqüentemente, um maior diâmetro da base da copa.

De acordo com PONCE (1984), o rendimento e a qualidade da madeira são drasticamente afetados pela conicidade, quando esta for acentuada.

Na figura 40 é apresentado um gráfico mostrando a tendência do Grau de afilamento do fuste de aumentar com o aumento do DAP das árvores amostradas. Os resultados apresentados confirmam esta relação, e condizem com as observações realizadas por SEITZ (2000), onde o grau de afilamento do fuste obteve boa relação com o diâmetro das árvores.

De acordo com os resultados apresentados, árvores plantadas em espaçamentos maiores tendem crescer mais rapidamente em diâmetro que aquelas plantadas em espaçamentos menores, portanto, tenderão a ter maior conicidade.

Baseado nas tendências observadas, em povoamentos mais densos, ou seja, nos menores espaçamentos, ocorre uma distribuição mais equilibrada do incremento ao longo do fuste de forma que a competição melhora a qualidade das árvores, afetando a forma do fuste, a sua massa específica, a quantidade de nós bem como a proporção de madeira juvenil.

FIGURA 40 – VARIAÇÃO DO GRAU DE AFILAMENTO DO FUSTE DA BASE ATÉ 50% DA ALTURA COMERCIAL EM FUNÇÃO DO DAP DAS ÁRVORES AMOSTRADAS NOS ESPAÇAMENTOS ESTUDADOS

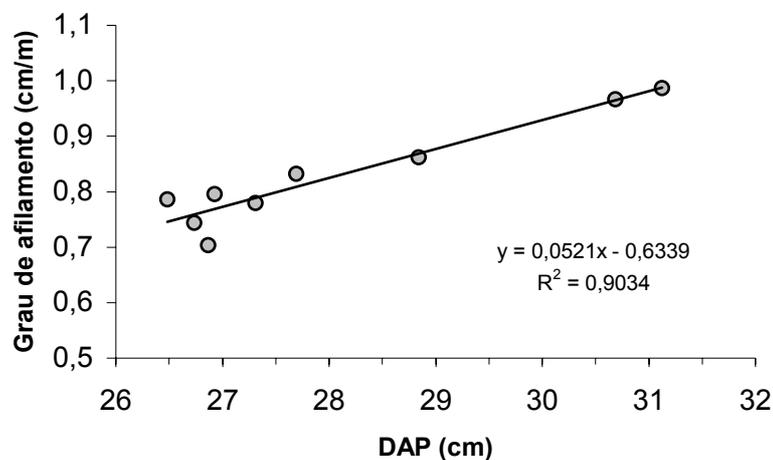
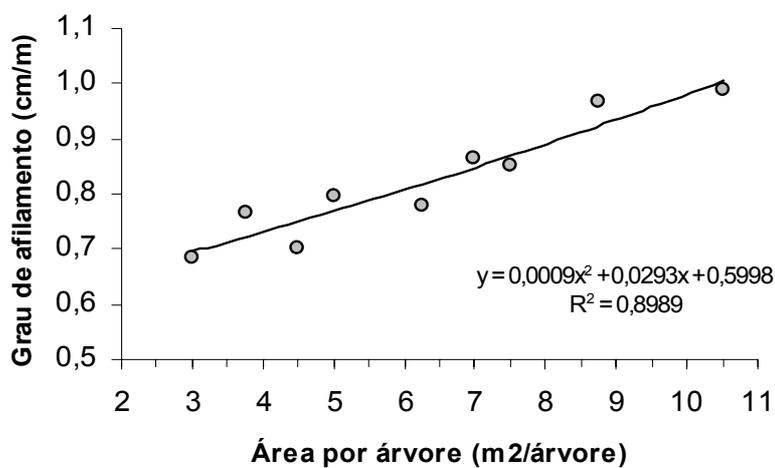


FIGURA 41 – VARIAÇÃO DO GRAU DE AFILAMENTO DO FUSTE DA BASE ATÉ 50% DA ALTURA COMERCIAL EM FUNÇÃO DOS ESPAÇAMENTOS ESTUDADOS.



Observa-se que o comportamento do Grau de afilamento do fuste da base até 50% da altura comercial das árvores pode ser explicado pelo espaçamento entre árvores, uma vez que o valor do coeficiente de determinação obtido nesta análise ($R^2 = 0,8989$) indica uma correspondência estreita entre as variáveis.

5.7 VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DAS ONDAS DE TENSÃO NAS TORAS

Na tabela 27 são apresentados os resultados obtidos para velocidade média de propagação das ondas de tensão nas toras, determinados para as toras 1 e 2 das árvores amostradas de *Pinus taeda* nos diferentes espaçamentos, juntamente com seus desvios padrões e coeficientes de variação e indicação da comparação das médias entre os espaçamentos, pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Os resultados da análise de variância (Anexo 1.20), indicam que a interação dos fatores foi significativa, revelando que os fatores espaçamento e posição da tora não são independentes.

TABELA 27 – VALORES DA VELOCIDADE MÉDIA DE PROPAGAÇÃO DAS ONDAS DE TENSÃO NAS TORAS.

Trat. ⁵	Espaçamento (m x m)	Tora 1				Tora 2				N ⁴
		Média (m/s)	T. Médias ¹	D. P. ²	C.V. ³	Média (m/s)	T. Médias ¹	D. P. ²	C.V. ³	
T1	1,5 x 2,0	2.949	A	238,2	8,08	2.901	ABC	99,9	3,44	5
T2	1,5 x 2,5	2.749	B	52,0	1,89	2.966	A	107,4	3,62	5
T3	1,5 x 3,0	2.835	AB	150,5	5,31	2.890	ABC	80,4	2,78	5
T4	2,5 x 2,0	2.749	B	157,9	5,74	2.943	AB	155,1	5,27	5
T5	2,5 x 2,5	2.718	BC	168,1	6,18	2.869	ABC	160,3	5,59	5
T6	3,5 x 2,0	2.689	BC	138,6	5,15	2.777	BCD	105,8	3,81	5
T7	2,5 x 3,0	2.825	AB	52,8	1,87	2.933	AB	91,4	3,12	5
T8	3,5 x 2,5	2.542	C	201,5	7,93	2.661	D	222,5	8,36	5
T9	3,5 x 3,0	2.533	C	82,7	3,26	2.739	CD	74,8	2,73	5

¹ T. Médias = Teste de comparação das médias. Letras iguais indicam a igualdade entre médias, ao nível de 95% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

² D.P. = Desvio Padrão

³ C.V. = Coeficiente de variação (%).

⁴ N = Número de amostras

⁵ Trat. = Espaçamentos analisados

Tora 1 = primeira tora, retirada a partir da base da árvore.

Tora 2 = segunda tora retirada a 25 % da altura comercial da árvore

Observando a tabela 27, a velocidade média de propagação das ondas de tensão nas toras, de maneira geral, apresentou valores maiores para a segunda tora, sendo que os valores, superior e inferior encontrados foram, respectivamente de 2.949,28 m/s e

2.532,77 m/s para a primeira tora, e de 2.966,21 m/s e 2.661,15 m/s para a segunda tora.

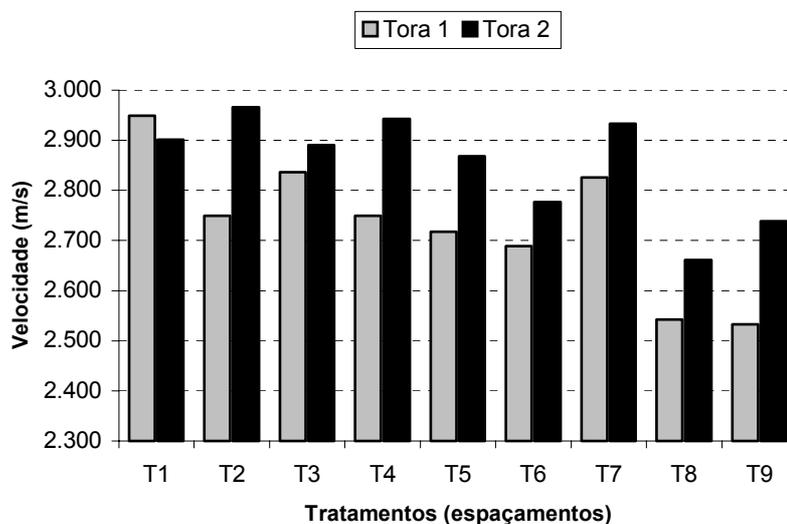
Os dados apresentaram um baixo coeficiente de variação, variando para a primeira tora, entre 1,87 e 8,08 %, e para a segunda tora entre 2,73 % e 8,36%.

Confrontando os resultados desta pesquisa com os valores obtidos por SHIMOYAMA (2005), em que pesquisou a velocidade de propagação das ondas de tensão nas toras e nas árvores em pé para *Pinus taeda*, verifica-se que os valores médios situam-se na faixa de variação dos resultados encontrados pela autora, que foram de 2.271 m/s e 2.307 m/s, para a primeira e segunda tora, respectivamente.

PUEHRINGER (2002), estudando o uso da emissão de ondas de tensão para a avaliação não destrutiva de árvores de *Pinus taeda* encontrou valores de 2.239 m/s e 2.333 m/s para a primeira e segunda tora, respectivamente, confirmando os resultados encontrados nesta pesquisa, onde a velocidade de propagação das ondas de tensão é maior na segunda tora.

Na figura 42 é apresentada a tendência de variação da velocidade de propagação das ondas de tensão entre as posições das toras, onde de maneira geral a segunda tora obteve valores maiores, com exceção do tratamento 1.

FIGURA 42 – TENDÊNCIA DE VARIAÇÃO DA VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DAS ONDAS DE TENSÃO ENTRE AS POSIÇÕES DAS TORAS



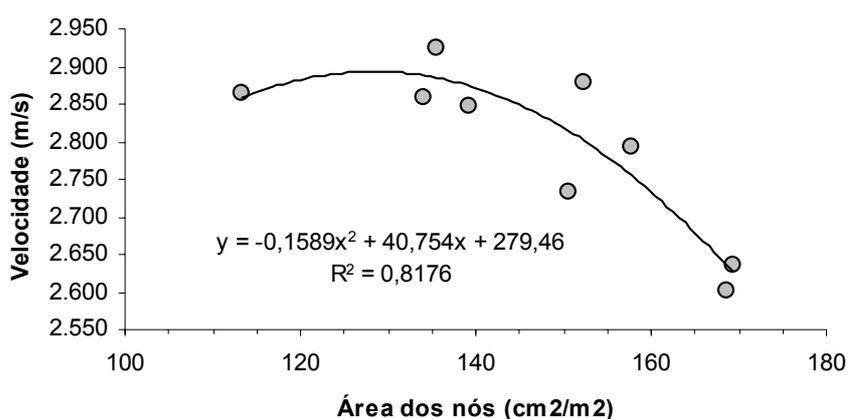
Os resultados indicam que a velocidade de propagação das ondas de tensão nas toras foi influenciada negativamente pela frequência, diâmetro e área dos nós, ou seja, o aumento dessas variáveis levou a uma diminuição da velocidade de propagação de ondas de tensão (Figura 43).

A relação da velocidade de propagação das ondas de tensão com a área de nós pode ser explicada da seguinte forma: a madeira da região dos nós apresenta alto teor de extrativo, é rígida e com alto ângulo de grã (grã espiralada ou reversa). Estas características, especialmente o ângulo de grã tornam-se barreiras para a propagação de ondas de tensão, que acabam por contornar estas regiões, aumentando o tempo do percurso e reduzindo a velocidade das mesmas (GERHARDS, 1982).

Os nós presentes na madeira influenciam negativamente na produção e qualidade dos produtos de alto valor agregado. Na fabricação de determinados produtos, estes são eliminados da madeira, reduzindo a produtividade e o rendimento da madeira.

Na figura 43 é apresentada a tendência de variação da velocidade média de propagação das ondas de tensão nas toras, com relação à área dos nós.

FIGURA 43 – TENDÊNCIA DE VARIAÇÃO DA VELOCIDADE MÉDIA DE PROPAGAÇÃO DAS ONDAS DE TENSÃO EM RELAÇÃO A ÁREA DOS NÓS.



Observa-se que o efeito da área dos nós sobre a velocidade de propagação das ondas de tensão apresentou bom ajuste, sendo que o valor do coeficiente de determinação encontrado ($R^2 = 0,8176$) indica uma forte dependência entre as

variáveis. A propagação de ondas de tensão na madeira é influenciada pelas propriedades anatômicas, físicas e mecânicas, e por defeitos presentes no material, tais como degradação, nós, entre outros.

Contudo a curva descrita pela equação pode não condizer inteiramente com a realidade, uma vez que o primeiro ponto não segue a tendência dos demais, ou seja, o ponto está disperso do conjunto de dados avaliados, sendo que esta diferença pode ter ocorrido em função da variação genética do material estudado.

Quanto maior a espessura da parede celular, maior é a área ou caminho contínuo para propagação das ondas que se propagam mais rapidamente. Esta relação é mais acentuada se a emissão das ondas for realizada no sentido longitudinal das fibras.

Desta forma madeiras mais densas apresentarão maior velocidade de propagação das ondas de tensão. As madeiras mais porosas, portanto, menos densas, apresentam relação negativa com a velocidade de propagação.

Com relação à massa específica básica a velocidade de propagação das ondas de tensão apresentou uma relação positiva, conforme é apresentado na figura 44.

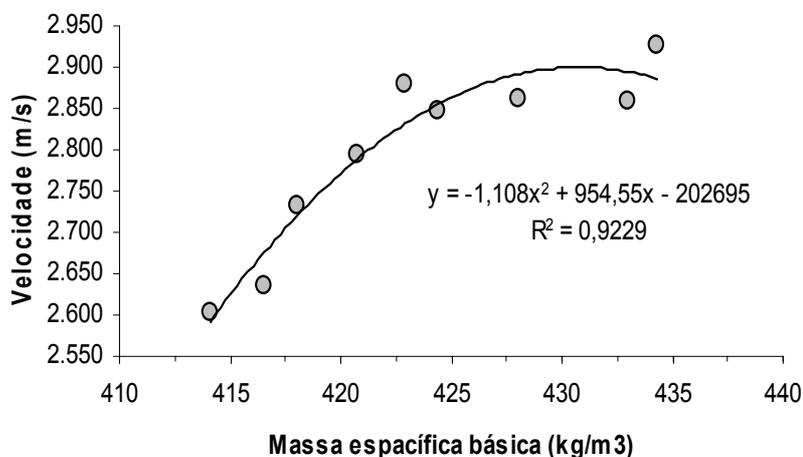
Estes resultados são condizentes com as observações feitas por SHIMOYAMA (2005), a autora afirma que madeiras com maior massa específica, portanto, maior massa por unidade de volume, possuem menor quantidade de espaços vazios, possibilitando uma maior velocidade de propagação de ondas de tensão em um tempo menor em um dado percurso.

A mesma autora observou que a massa específica básica é a variável que exerce maior influência sobre o tempo e velocidade de propagação das ondas de tensão.

Na figura 44 é apresentada a tendência de variação da velocidade média de propagação das ondas de tensão nas toras, com relação à massa específica básica.

Também se observa uma forte dependência da velocidade de propagação das ondas de tensão com relação a massa específica básica, sendo encontrado um coeficiente de determinação de 0,9229.

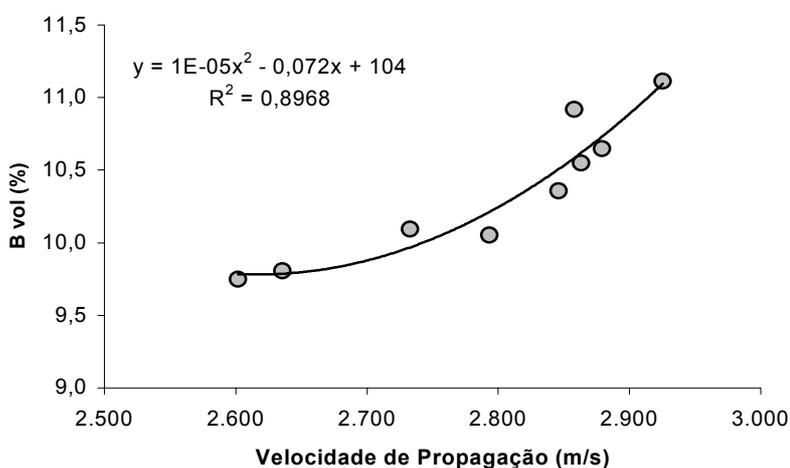
FIGURA 44 – TENDÊNCIA DE VARIAÇÃO DA VELOCIDADE MÉDIA DE PROPAGAÇÃO DAS ONDAS DE TENSÃO EM RELAÇÃO A MASSA ESPECÍFICA BÁSICA.

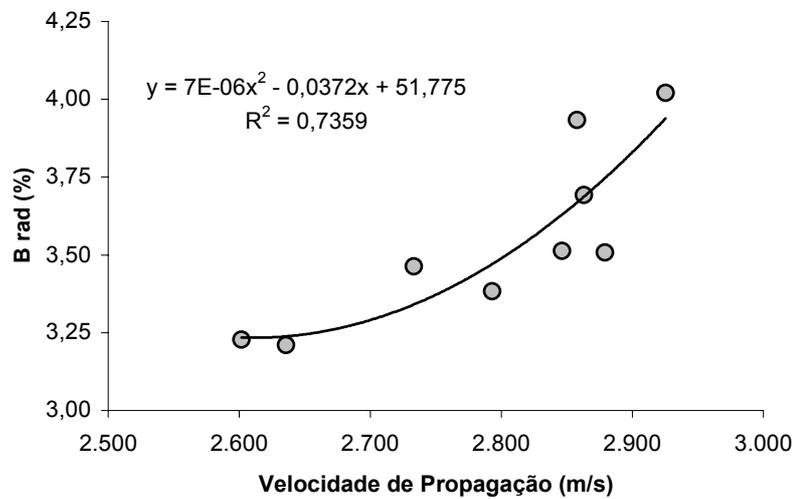
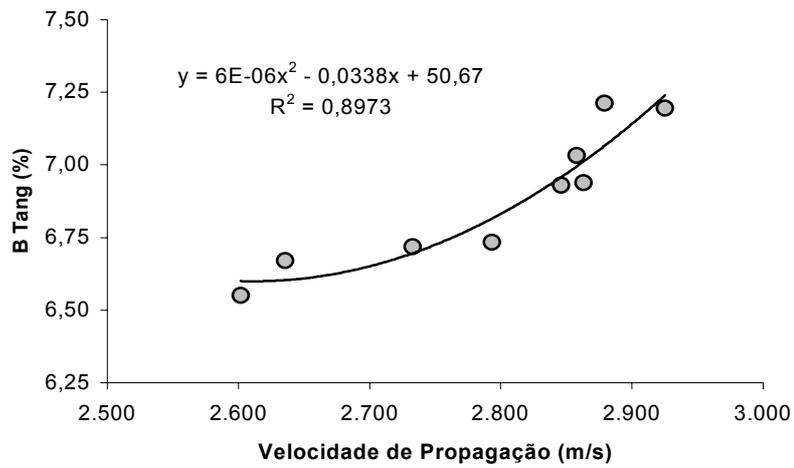


Da mesma forma, a madeira adulta, próxima à casca, apresenta maior teor de lenho tardio, fibras mais espessas, menor diâmetro de lúmen e é mais densa proporcionando assim, maior velocidade das ondas de tensão. O contrário ocorre com a madeira juvenil, da região interna do tronco.

Como as propriedades de retratibilidade da madeira possuem significativa relação com a massa específica básica, era de se esperar que essas propriedades também apresentassem boa correlação com a velocidade de propagação das ondas, conforme apresentado na figura 45. Confirmando assim a eficácia do método de avaliação não destrutivo utilizado.

FIGURA 45 – TENDÊNCIA DE VARIAÇÃO DA VELOCIDADE MÉDIA DE PROPAGAÇÃO DAS ONDAS DE TENSÃO EM RELAÇÃO AS CONTRAÇÕES MÁXIMAS VOLUMÉTRICA E LINEARES DA MADEIRA.





Os coeficientes de determinação encontrados ($R^2 = 0,73$ a $0,89$) indicam uma estreita correspondência entre as variáveis e a velocidade de propagação das ondas de tensão, apresentando bons ajustes.

6 CONCLUSÕES

Baseado nos resultados avaliados pode-se concluir que o espaçamento entre árvores causou os seguintes efeitos sobre a qualidade da madeira de *Pinus taeda*:

1) O espaçamento não influenciou significativamente, ao nível de 95% de probabilidade pelo teste de Tukey, na:

- Altura e no diâmetro das árvores, na Massa específica e na retratibilidade da madeira, na frequência, diâmetro e na área dos nós, bem como no rendimento em madeira serrada seca nas classes de qualidade estudadas;

Embora não tenham sido observadas diferenças significativas pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade, quando analisadas as tendências através do uso de equações de regressão, observou-se que existem bons graus de ajustamento dos dados analisados as curvas descritas pelas equações, ou seja:

- A massa específica básica das árvores apresentou tendência de aumentar com a diminuição do espaçamento, com R^2 de 0,91.
- As contrações máximas, volumétrica e radial tenderam a diminuir com aumento do espaçamento entre árvores, apresentando bons coeficientes de determinação (R^2 0,75 e 0,90).
- O coeficiente de anisotropia apresentou tendência de diminuir com a diminuição do espaçamento entre árvores, com R^2 de 0,85.

Mesmo não tendo sido observadas diferenças significativas pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade, quando analisados os resultados através dos gráficos, observou-se que:

- A frequência, o diâmetro e a área dos nós tenderam a aumentar com o aumento do espaçamento. Sendo que independente do espaçamento analisado, a segunda tora de cada árvore apresentou menor frequência dos nós, porém maiores diâmetros e maiores áreas.
- Os rendimentos obtidos na classe de qualidade A apresentaram tendência de aumentar com a diminuição do espaçamento.

- O diâmetro a altura do peito (DAP) apresentou tendência de aumento com o aumento do espaçamento entre árvores.

2) O teste de Médias, por Tukey ao nível de 95% de probabilidade detectou diferenças significativas na:

- Proporção de madeira juvenil em relação a área basal das árvores, nos rendimentos para a primeira e segunda tora, obtidos nas classes de qualidade C e A, no grau de afilamento do fuste e na velocidade de propagação das ondas de tensão.

Pela análise das tendências através do ajuste de equações por regressão, observou-se que:

- A Proporção de madeira juvenil em relação a área basal das árvores tendeu a aumentar com o aumento do espaçamento, com R^2 de 0,90.
- O grau de afilamento do fuste da base até 50% da altura comercial aumentou com o aumento do espaçamento, com R^2 de 0,89.

Quando analisados os resultados através dos gráficos, observou-se que:

- A segunda tora das árvores apresentou maiores rendimentos para a classe de qualidade A.
- A velocidade de propagação da onda de tensão tendeu a aumentar com a diminuição do espaçamento. Sendo que a segunda tora em geral apresentou maiores velocidades
- Os resultados demonstram que a velocidade de propagação das ondas de tensão possui relação positiva com a qualidade da madeira. No entanto são necessários estudos de avaliação com um número maior de toras para poder gerar modelos matemáticos confiáveis.

3) Os resultados apresentados permitem concluir que a proporção de madeira juvenil em conjunto com a nodosidade, dentre as propriedades analisadas que auxiliam na determinação da qualidade da madeira, obtiveram relação direta com os rendimentos obtidos nas classes de qualidade estudadas.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHRENS, SÉRGIO. **A seleção simultânea do ótimo regime de desbastes e da idade de rotação, para povoamentos de *Pinus taeda* L., através de um modelo de programação dinâmica.** Curitiba, 1992. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

ASSINI, J.L. et al. Desempenho de um conjunto de serras de fita geminada e simples e canteadeira dupla no processamento de *Pinus*. **Boletim técnico**. IF, São Paulo, 38(2):127-41, ago. 1984.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard methods for specific gravity of wood and wood-base materials** ASTM-D 2395 – 93 Philadelphia, 1995.

BAKER, G.; SHOTTAFER, J., The effect of tree spacing in a red pine plantation on tree growth and wood quality. Part II – Wood quality. **The life Sci.Agric. Exp. Sta.**, 685, 1970. 38p.

BAMBER, R.K.; BYRLEY, J. **The wood properties of radiata pine.** Commonwealth Agricultural Bureaux, 1983. 84 p.

BAMPI, P. **Manejo de Pinus na empresa Papel e Celulose Catarinense – CPP.** In.: Simpósio Manejo de Florestas Plantadas, 1991, Esteio. Anais., Santa Maria – UFSM/CEPEF, 1991, p.48 – 66.

BARRICHELLO, L.E.G. et al. **Variação da densidade básica e da composição química da madeira de *Pinus elliottii* e *Pinus taeda* em função da idade.** O Papel, São Paulo, 36 (11): 110-2, 1975

BENDSTEN, B. A. Properties of wood from improved and intensively managed trees. **Forestry Product. J.** V.28, nº 10, (61-72)p. 1978.

BENDSTEN, B.A.; SENFT, J. Mechanical and anatomical properties in individual growth rings of plantation-grown eastern cottonwood and loblolly pine. **Wood and Fibre Science.** V. 18, n. 1, p 21 – 38. 1986.

BIASI, C. P. ROCHA, M.P. **Rendimento em serraria de *Pinus elliottii*** .Curitiba 2003. UFPR – Universidade Federal do Paraná.

BOTOSSO (1997), P.C. **Une Methode de mesure du retrait microscopique du bois: Application à la prediction du retrait tangentiel d'éprouvettes de bois massif de sapin pectiné (*Abies alba* Mill.)** Nancy: 1997. 247 p. These (Docteur em Sciences du Bois) Université Henry Poincaré – Nancy I.

BROW, W.H. **Timbers of the world. 9 – Central América and the Caribbean.** Londres: Timber research and development association, 1979. 86 p.

BROW, H.P.; PANSHIN, A.J.; FORSAITH, C.C. **Textbook of wood technology – II.** New York: Mc Graw – Hill, 1952, 783 p.

BUSNARDO, C. A.; GONZAGA, J. V.; FOELKEL, C. E. B.; MENOCELLI, S. Em busca da qualidade ideal da madeira do eucalipto para produção de celulose, IV. **Altura ideal de amostragem para avaliação da densidade média para árvores de *Eucalyptus grandis*.** Relatório Técnico. Guaíba: Riocell S. A., 1987, 18p.

CARDOSO, D. J. **Avaliação da Influência dos Fatores Sítio, Idade, Densidade e Posição Sociológica na Relação Hipsométrica para *Pinus taeda* nas Regiões Central e Sudoeste do Estado do Paraná.** Curitiba 1989. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

CHONG, E.T., et al. **Cultural Treatment and wood type effects on wood properties.** Wood and fiber science, v.21, n. 2, p. 193 – 206, 1989.

CLARK III, A. & SAUCIER, J.R. **Influence of initial planting density, geographic location, and species on juvenile formation in southern pine.** Forest products Journal. V. 39, p. 42-48, 1989.

CLUTTER, J.L.; FORSTON, J.C.; PIENNAR, L.V.; BRISTER, G.H.; BAILEY, R.L. **Timber Management: a quantitative approach.** New York: John Wiley & Sons, 1983. 383 p.

COPANT. Maderas – Método de determinación de la contracción. **NORMA PANAMERICANA 462**, 1972.

COWN, D.J. **Radiata pine: Wood age and wood property concepts.** New Zealand Journal of Forestry Science, v. 10, nº 3, p. 504-507, 1980.

COWN, D.J. **Corewood (Juvenile wood) in *Pinus radiata* should we be concerned.** New Zealand. Journal For. Sci. 22: 87 – 95, 1992.

DADSWELL, H.E. **The growth characteristic and their influence in wood structure and properties.** Div. Of Build Res., 19 p. 1957.

DENIG, JOSEPH. **Small sawmill handbook: doing it right and making money.** Miller Freeman. San Francisco, 1993. 182 p.

DUFFIELD, J.W., Genetic Improvement of wood quality. **Forest Products Journal.** V. 11, n.5, p. 211-213, 1961

DURLO, M. A.; MARCHIORI, J. N. C. **Tecnologia da madeira: retratibilidade.** Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 33p. (Série Técnica, 10).

ERICKSON, H.D.; HARRINSON, A.T., Douglas-fir wood quality studies. Part 1 – Effects of age and stimulate growth on wood density and anatomy. **Wood Science Technology.** V.8. p225-265, 1974.

FAO. **Tableros contrachapados y otros paneles a base de madera.** Roma: FAO, 1968. 250 p.

GERHARDS, C.C. **Effect of moisture content and temperature on the mechanical properties of wood: and analysis of immediate effects.** Wood end Fiber Science, v. 14, n. 3, p. 4 – 36. 1982.

GOGGANS, J.F. **The interplay of environment and heredity as factors controlling wood properties in conifers with special emphasis on their effects on specific gravity.** Raleigh: Technical Report n. 11. North Carolina State University. 1961.

GURFINKEL, G. **Wood engineering.** New Orleans: Southern Forest Products Association, 1973. 573 p.

HALLOCK, H. Observations on forms of juvenile core in loblolly pine. Madison.:**Research note FLP – 0188.** USDA Forest Products Laboratory, 1968.

HARRIS, J. M. The influence of environment on the wood density of *Radiata pine* grow in New Zeland. **World Consultation on forest genetics and tree improvement**, 1. Stockolm. Proceedings. Rome FAO. Cap 7/3. 1963.

HASSEGAWA, M. **Qualidade da madeira de *Pinus taeda* L. de Procedência da África do Sul** Curitiba 2003. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná

HIGA, A.R.et al – **Variação da densidade básica da madeira de *Pinus elliottii* var *elliottii* e *Pinus taeda***. IPEF, Piracicaba, (7):79-91, 1973

HOCHHEIM, N.; MARTIN, P. **Influência da qualidade das toras no processo de fabricação, rendimento, custo e rentabilidade da madeira serrada**. In: 1º CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO E 7º CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO. Curitiba: SBS/SBEF, v.2, 1993. p 644-646.

IWAKIRI, S. **Classificação de madeiras tropicais através do método mecânico não destrutivo**. Curitiba 1982. Dissertação. (Mestrado em Ciências Florestais) Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná.

JAYNE, B.A. Vibrational properties of wood as indices of quality. . Forest Products Journal, V. 9, n.11, 1959.

KIKUTI, P.; FIER, I. S. N.; CALORI, J. V. **.Produção de madeiras de reflorestamento de alta qualidade**. In: SEMINÁRIO SOBRE PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE REFLORESTAMENTO, 1996, Curitiba. **Anais....** Curitiba:ABPM/ SBS, 1996. p. 53-58.

KELLINSON, R.C. Characteristics affecting quality of timber from plantations, their determination and scope for modification. In: **IUFRO XVII World Congress**. (17. Kioto: 1981) Division 5 Forest Products. P 77-87.

KLOCK, U., **Qualidade da Madeira de *Pinus oocarpa* Shiede e *Pinus caribea* Morelet var *hondurensis* Barr e Golf.** Curitiba 1989. Dissertação. (Mestrado em Ciências Florestais) Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná.

KLOCK, U., **Qualidade da Madeira Juvenil de *Pinus maximinoi* H. E. More.** Curitiba 2000.291p.Tese. (Doutorado em Ciências Florestais) Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná.

KNIGGE, W.; SCHULTZ, H. **Growndise der Forestbenutzung**. Verlag Paul Parey, Hamburg and Berlin. 1966. 91 p.

KOLLMANN, F.P.P.; COTÊ JR, W.A. **Principles of wood science and technology**. Berlin: 2v. Springer, 1698.

LARA PALMA, H. A.; BALLARIN, A. W. **Propriedades de contração na madeira juvenil e adulta de *Pinus taeda* L.** Scientia Forestalis, n. 64, p. 13-22. Dezembro de 2003.

LARSON, P. R. Evaluating the enviroment for studies the inheritance of wood properties. **World Consultation on forests genetics and tree improvement**, 2. Stockohlm. Proceedings. Rome FAO. Cap. 7/1. 1963.

LARSON, P.R. **Wood formation and the concept of the wood quality**. Bull. New York, Yale University. V. 79, 54 p. 1969.

LARSON, P.R., KRETSCHMANM, D.E., CLARK III, A., ISEBRANDS, J.G. **Formation and properties of juvenile wood in southern pines – a synopsis**. US Forest Products Laboratory. General technical report, FPL-GTR-129, Madison, 2001.

LATORRACA, J.V.F., ALBUQUERQUE, C.E.C. **Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira**. Revista Floresta e Ambiente, v. 7, n. 1, p. 279-291, jan/dez 2000.

LAVERS, G.M. The strength properties of timber. In.: THE PRINCESS RISBOROUGH LABORATORY OF THE BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. **The strength properties of timber**. Lancaster: MTP Construction, p. 1 – 86. 1974.

LOETSCH, F., ZOHRER, F., HALLER, K.E. **Forest inventory**. München: BLY Verlagsgesellschaft, 1973. 2v.

MAESTRI, R. **Manejo florestal para obtenção de múltiplos produtos**. In.: Semana do meio ambiente, 3.: Produção e proteção – a busca do desenvolvimento sustentável. Palestras...Lavras: ESAL, 1994. 12p.

MATOS, J.L.M., **Estudos sobre a produção de painéis estruturais de lâminas paralelas de Pinus taeda L.** Curitiba 1997. Tese. (Doutorado em Ciências Florestais) Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná

MATOS, J.L.M.. **Qualidade da Madeira da Pinus**. Revista da Madeira – Edição especial – Pinus Uma alternativa de mercado. p. 104 - 108, dez 2002.

MAYER, H. **Waldbau**. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 1977. 483 p.

MCALISTER, R.; CLARK, A. **Shrinkage of juvenile and mature wood of loblolly pine from three locations**. Forest Products Journal, V. 42, n. 7/8. p. 25-28, 1992.

MENDONÇA, M.A., **Características da Madeira de Pinus elliottii com diferentes idades e propriedades do papel**. Curitiba 1982.124p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná.

MUÑIZ, G. I. B., **Caracterização e de desenvolvimento de modelos para estimar as propriedades e o comportamento na secagem da madeira de Pinus elliottii Engelm e Pinus taeda L.** Curitiba, 1993. Tese. (Doutorado em Ciências Florestais) Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná.

MONTAGNA, R.G. et all. **Peso de matéria seca, densidade básica e dimensões de fibras de Pinus caribea Mor. var. hondurensis Bar. Et Golf.** Silvicultura em São Paulo, São Paulo, 13/14: 23-32, 1979/1980

MORESCHI, J.C. **Levantamento da qualidade da madeira em plantações artificiais de “Pinus elliottii” nos Estados do Sul do Brasil** Curitiba 1975. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

MORESCHI, J. C. **Levantamento da qualidade da madeira em plantações artificiais de “Pinus elliottii” nos Estados do Sul do Brasil**. In: Floresta. v.VIII, n.1. 1977. p.38-46.

MURARA, M. I. **Desdobro de toras de Pinus utilizando diagramas de corte para diferentes classes diâmetricas**. Curitiba 2005. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

NASCIMENTO, A. M.; OLIVEIRA, J. T. S.; LUCIA, R. M. D.. **Classificação e Propriedades da Madeira de Pinus e Eucalipto**. Revista - Floresta e Ambiente – V. 8, n. 1, p. 27-35, jan/dez 2001

OLANDOSKI, D.P., BRAND, M. **Avaliação do rendimento, quantidade, qualidade e aproveitamento de resíduos no desdobro de *Pinus* spp.** In: Evento de Iniciação Científica da UFPR, 5., 1997, Curitiba. Anais, p. 379.

PANSHIN, A.J. & DE ZEEW, C. **Textbook of wood technology – II.** New York, MC Craw Hill, 4ª ed. 722 p. 1980.

PATIÑO-VALERA, F. **Variação genética em progênies de *Eucalyptus saligna* Smith e sua interação com o espaçamento.** Picacicaba: ESALQ-USP, 1986. 192 p.(Dissertação – Mestrado em Engenharia Florestal).

PEARSON, R.G., GILMORE, R.C. **Characterization of the strength of juvenile wood of loblolly pine (*Pinus taeda*).** Forest Product Journal, Madison, v. 21, n 1, p. 23 – 30, may 1971.

PEARSON, R.G., GILMORE, R.C. **Effect of fast growth rate on the mechanical properties of loblolly pine.** Forest products journal, v. 30, n. 5, p. 47 – 54 1980.

PELLERIN, R.F. **A vibrational approach to nondestructive testing of structural lumber.** Forest Products Journal, Madison, v. 15, n. 3, p. 93 – 101, 1965.

PONCE, R. M. **Produção de madeira de qualidade para processamento mecânico.** In: I Seminário sobre Processamento e Utilização de Madeiras de reflorestamento. Curitiba, SBS, 1983. – p 9- 13.

PONCE, R. M. **Produção de madeira de qualidade para processamento mecânico.** Silvicultura, São Paulo, 9 (34): p. 9 – 13, 1984.

PUEHRINGER, C.A. **Uso de emissão de ondas de tensão para a avaliação não destrutiva de árvores e da madeira de *Pinus taeda* L.** Curitiba 2002. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná

ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria-prima para serrarias.** Curitiba. 2000. 157f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná).

ROSS, R.J. BRASHAW, B.K., PELLERIN, R.F. **Nondestructive evaluation of wood.** Forest Product Journal. Vol. 48, n. 1, 1998.

SAHLBERG, U. **Influence of knot fibers on TMP properties.** Tappi Journal, Atlanta, v. 78, n. 5, p. 162-168, mai. 1995.

SANQUETA, C.R., ARCE, J.E., MELLO, A.A., SILVA, E.Q., FILHO, N.B., MATOSKI, S.L. **Produção de madeira livre de nós em povoamentos de *Pinus taeda* em função da densidade de plantio.** Revista Cerne, Lavras, v. 9, n.2, p. 129 – 140, jul dez. 2003.

SAUCIER, J. R. **Forest Management and wood quality.** Proceedings of southern plantation wood quality workshop - United States Department of Agriculture Forest Service. Athens, Georgia June 6-7, 1989.

SCOLFORO, J. R. S. **Manejo Florestal.** Universidade Federal de Lavras / Fundação de Apoio ao Ensino Pesquisa e Extensão. Lavras, 1997. 433 p.:il.

SCHAD, K.C , SJAMOLDT, D.L., ROSS, R.J. **Nondestructive methods for detecting defects in softwoods logs.** US Forest Products Laboratory. Research Paper, FPL-RP-546, Madison, 1996.

SEITZ, R. A. **Crêterios para a sele o de um regime de podas de *Pinus taeda* L. no sul do Brasil** 2000 Tese (Professor Titular, Departamento de Ciências Florestais, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná).

SHIMOYAMA, V.R.S.. **Avalia o de propriedades da madeira através de método não destrutivovisando a gera o de produtos de alto valor agregado**. Curitiba, 2005. Tese (Doutorado em Ciências Florestais, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná).

SCHULTUZ, R.P. **Utilization needs as a driving force in timber management research**. In.: Forest Products Research Conference. Madison, 1986.

SENF, J.F. Pratical significance of juvenile wood for the user. **IUFRO World Congress, XVIII**. Ljubljana, Proceedings, (261 – 71). 1986.

SIMIONI, F.J.; BRAND, M.A.; VICARI, N.P.; ROSAR, R.R.; CAMARGO, H.B. **Caracteriza o das propriedades físicas e porcentagem de lenho tardio da madeira do gênero *Pinus* plantadas na região de Amures**. II Congresso Ibero-Americano de Pesquisa e desenvolvimento de Produtos Florestais. Curitiba, a 13 de setembro de 2002. (Anéis do congresso).

SIMÕES, J. W. **Curso de manejo florestal: Módulo 2**. In: Curso de Especializa o por Tutoria a Distância. Ministério da Educa o / Associa o Brasileira de Educa o Agrícola Superior. Brasília, 1988.

SPELTZ, R. **Avalia o econ mica integrada de regimes de manejo em *Pinus taeda* L. direcionados a múltiplos produtos da madeira**. Curitiba 2000. Disserta o (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

STANALKER, J.J., HARRIS, E.C. **Structural design in wood**. New York, NY, 1989.

SUNLEY, J.G. **Grade Stresses for structured timber**. In: Strength properties of timber, MTP construction, Lancaster UK, p. 128 – 144, 1974.

THUNELL, B. **Sortierungs-und Sicherheitsgragem bei der vervundung von holz fur tragwerke und geruste**. Holz als Roh-und Werkstoff, v. 16, p. 127 – 131, 1958. (1958).

TOMASELLI, I. **Qualidade da madeira de *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Araucaria angustifolia* e sua correla o com as propriedades do papel**. Relatório final. Convênio FINEP, UFPR. N. 18/79, Curitiba, (157-161). 1979.

TOMASELLI, I. **Compara o da Qualidade da Madeira de *Araucaria angustifol* e *Pinus spp.* produzida em reflorestamentos**. In.: Encontro da IUFRO sobre problemas florestais do gênero Araucária. 1979, Curitiba. Anais, 1980, p.286 – 291.

TREDELENBURG, R.; MAYER, W. H. **Das Holz als rohstoff**. Munchen: Carl Hanser Verlag. 541 p. 1956.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties, utilization**. Chapman & Hall. New York, 1991. 494 p.

VIANNA NETO, J.A.A. **Considera es básicas sobre desdobro de *Pinus spp.*** In: Seminário sobre processamento e Utiliza o de Madeira de reflorestamento. Curitiba, SBS, 1983. P. 15 –19.

VIANA NETO, J.A. **Considerações básicas sobre desdobro de *Pinus spp.*** In: I SEMADER – Seminário sobre processamento e utilização de madeiras de reflorestamento. Curitiba, 1984. Revista Silvicultura, São Paulo, 9 (34): 15-19, 1984.

VILLELA FILHO, A. **Produção integrada florestas mercado.** In: III SEMADER. Seminário sobre processamento e Utilização de Madeiras de Reflorestamento. Curitiba, 13 e 14 de abril, 1994. 59 – 69 p.

VILLIERS, P.C., **The effect of log quality on the quality of sawn structural timber.** South African forestry journal, n. 72, p. 7 – 11, 1970.

YAO, J., Influence of grown rate on specific gravity and other selected properties for Loblolly pine. **Wood Science Technology.** V. 4: 163 – 175, 1970.

WANG, X., ROSS, R.J., MATTSON, J.A., ERICKSON, J.R., FORSMAN, J.W., GESKE, E.A., WHER, M.A. **Several nondestructive evaluation techniques for assessing stiffness and MOE of small diameter logs.** Forest Products Laboratory, Research paper 600, 2001.

ZOBEL, B.J. Genetic manipulation of wood of southern pines, including chemical characteristics. **Paper presents at a general meeting of the international academy of wood science.** North Carolina State University, Raleigh. 1971

ZOBEL, B.J., Kellison, R., Matthias, M, and Hatcher, A. V. 1972. **Wood density of southern pines.** Tech. Bul. No. 203, Agri. Expt, Sta., N. C. State Univ., Raleigh. 56 pp.

ZOBEL, B.J. **Wood quality from fast-grown plantations.** TAPPI. v.64, n.1, p. 4 – 71. 1981.

ZOBEL, B.J.; JETT, J.B.; HUTTO, R. **Improving wood density of short-rotation southern pine.** TAPPI. v. 61, n. 3, p 41 – 44. 1978

ANEXOS
(ANÁLISES DE VARIÂNCIA)

ANEXO 1.1 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA MASSA ESPECÍFICA BÁSICA DAS ÁRVORES.

Fonte de variação	G.L	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Probabilidade (%)
Espaçamento	8	2.012,933	251,617	0,772 ^{ns}	62,94
Erro (a)	36	11.729,648	325,824		
Total	44	13.742,581			
Teste de Bartlett	χ^2	6,608 ^{ns}			

* - Significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ns - Não significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ANEXO 1.2 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA MASSA ESPECÍFICA BÁSICA AOLONGO DO FUSTE NAS ALTURAS RELATIVAS.

Fonte de variação	G.L	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Probabilidade (%)
Espaçamento	8	9.514,159	1.189,270	0,7469 ^{ns}	64,99
Erro (a)	36	57.320,828	1.592,245		
Posição	4	377.666,537	94.416,634	388,8001*	0,000
Espaç. X Toras	32	5.563,033	173,845	0,7159 ^{ns}	86,50
Erro (b)	144	34.969,118	242,841		
Total	224	485.033,674			
Teste de Bartlett	χ^2	32,413 ^{ns}			

* - Significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ns - Não significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ANEXO 1.3 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA MASSA ESPECÍFICA APARENTE.

Fonte de variação	G.L	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Probabilidade (%)
Espaçamento	8	5.776,615	722,077	1,033 ^{ns}	43,00
Erro (a)	36	25.171,467	699,207		
Total	44	30.948,467			
Teste de Bartlett	χ^2	4,302 ^{ns}			

* - Significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ns - Não significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ANEXO 1.4 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CONTRAÇÃO MÁXIMA VOLUMETRICA.

Fonte de variação	G.L	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Probabilidade (%)
Espaçamento	8	9,204	1,151	1,752 ^{ns}	11,97
Erro (a)	36	23,635	0,657		
Total	44	32,840			
Teste de Bartlett	χ^2	13,505 ^{ns}			

* - Significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ns - Não significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ANEXO 1.5 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CONTRAÇÃO MÁXIMA TANGENCIAL.

Fonte de variação	G.L	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Probabilidade (%)
Espaçamento	8	2,194	0,274	1,009 ^{ns}	44,65
Erro (a)	36	9,784	0,272		
Total	44	11,978			
Teste de Bartlett	χ^2	12,747 ^{ns}			

* - Significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ns - Não significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ANEXO 1.6 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CONTRAÇÃO MÁXIMA RADIAL

Fonte de variação	G.L	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Probabilidade (%)
Espaçamento	8	3,236	0,404	1,889 ^{ns}	9,23
Erro (a)	36	7,666	0,213		
Total	44	10,902			
Teste de Bartlett	χ^2	8,826 ^{ns}			

* - Significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ns - Não significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ANEXO 1.7 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA CONTRAÇÃO MÁXIMA LONGITUDINAL

Fonte de variação	G.L	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Probabilidade (%)
Espaçamento	8	0,037	0,005	1,495 ^{ns}	19,34
Erro (a)	36	0,111	0,003		
Total	44	0,148			
Teste de Bartlett	χ^2	8,918 ^{ns}			

* - Significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ns - Não significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ANEXO 1.8 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA COEFICIENTE DE RETRATIBILIDADE VOLUMÉTRICO

Fonte de variação	G.L	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Probabilidade (%)
Espaçamento	8	0,014	0,002	1,846 ^{ns}	10,02
Erro (a)	36	0,033	0,001		
Total	44	0,047			
Teste de Bartlett	χ^2	2,229 ^{ns}			

* - Significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ns - Não significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ANEXO 1.9 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA COEFICIENTE DE RETRATIBILIDADE TANGENCIAL

Fonte de variação	G.L	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Probabilidade (%)
Espaçamento	8	0,004	0,001	1,740 ^{ns}	12,25
Erro (a)	36	0,011	0,000		
Total	44	0,016			
Teste de Bartlett	χ^2	2,180 ^{ns}			

* - Significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ns - Não significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ANEXO 1.10 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA COEFICIENTE DE RETRATIBILIDADE RADIAL

Fonte de variação	G.L	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Probabilidade (%)
Espaçamento	8	0,003	0,000	1,156 ^{ns}	35,17
Erro (a)	36	0,010	0,000		
Total	44	0,013			
Teste de Bartlett	χ^2	6,174 ^{ns}			

* - Significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ns - Não significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ANEXO 1.11 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA FATOR DE ANISOTROPIA.

(Dados transformados para homogeneizar as variâncias - Logaritmo base 10)

Fonte de variação	G.L	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Probabilidade (%)
Espaçamento	8	0,020	0,002	1,314 ^{ns}	26,79
Erro (a)	36	0,068	0,002		
Total	44	0,088			
Teste de Bartlett	χ^2	15,445 ^{ns}			

* - Significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ns - Não significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ANEXO 1.12 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA PROPORÇÃO DE MADEIRA JUVENIL EM RELAÇÃO A ÁREA BASAL.

Fonte de variação	G.L	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Probabilidade (%)
Espaçamento	8	838,828	104,854	6,029*	0,000
Erro (a)	36	626,144	17,393		
Total	44	1.464,972			
Teste de Bartlett	χ^2	6,920 ^{ns}			

* - Significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ns - Não significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ANEXO 1.13 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA GRAU DE AFILAMENTO DAS TORAS DA BASE ATÉ 50% DA ALTURA COMERCIAL.

Fonte de variação	G.L	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Probabilidade (%)
Espaçamento	8	0,448	0,056	3,205 *	0,750
Erro (a)	36	0,629	0,017		
Total	44	1,077			
Teste de Bartlett	χ^2	11,794 ^{ns}			

* - Significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ns - Não significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ANEXO 1.14 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA RENDIMENTO TOTAL DE MADEIRA SERRADA SECA

Fonte de variação	G.L	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Probabilidade (%)
Espaçamento	8	134,390	16,799	0,6134 ^{ns}	76,06
Erro (a)	36	985,841	27,384		
Toras	1	20,382	20,382	0,7259 ^{ns}	39,98
Espaç. X Toras	8	68,042	8,505	0,3029 ^{ns}	96,00
Erro (b)	36	1010,830	28,079		
Total	89	2.219,486			
Teste de Bartlett	χ^2	15,289 ^{ns}			

* - Significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ns - Não significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ANEXO 1.15 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA RENDIMENTO NA CLASSE DE QUALIDADE C

Fonte de variação	G.L	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Probabilidade (%)
Espaçamento	8	627,467	78,433	1,1573 ^{ns}	35,09
Erro (a)	36	2.439,869	67,774		
Toras	1	3.195,465	3.195,465	48,2434*	0,000
Espaç. X Toras	8	158,004	19,750	0,2982 ^{ns}	96,18
Erro (b)	36	2.384,506	66,236		
Total	89	8.805,310			
Teste de Bartlett	χ^2	20,792 ^{ns}			

* - Significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ns - Não significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ANEXO 1.16 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA RENDIMENTO NA CLASSE DE QUALIDADE A.
(Dados transformados para homogeneizar as variâncias - Raiz quadrada de Rend. Classe A)

Fonte de variação	G.L	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Probabilidade (%)
Espaçamento	8	11,646	1,456	1,3725 ^{ns}	24,15
Erro (a)	36	38,185	1,061		
Toras	1	40,288	40,288	59,0317*	0,000
Espaç. X Toras	8	1,412	0,146	0,2585 ^{ns}	97,52
Erro (b)	36	24,569	0,682		
Total	89	116,100			
Teste de Bartlett	χ^2	25,548 ^{ns}			

* - Significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ns - Não significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ANEXO 1.17 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA FREQUÊNCIA DE NÓS.
(Dados transformados para homogeneizar as variâncias – Frequência dividida por 100)

Fonte de variação	G.L	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Probabilidade (%)
Espaçamento	8	0,020	0,002	1,2280 ^{ns}	31,12
Erro (a)	36	0,073	0,002		
Toras	1	0,124	0,124	119,0924*	0,000
Espaç. X Toras	8	0,006	0,001	0,7691 ^{ns}	63,18
Erro (b)	36	0,038	0,001		
Total	89	0,261			
Teste de Bartlett	χ^2	13,871 ^{ns}			

* - Significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ns - Não significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ANEXO 1.18 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA DIÂMETRO MÉDIO DOS NÓS.

Fonte de variação	G.L	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Probabilidade (%)
Espaçamento	8	1,985	0,248	1,2280 ^{ns}	31,12
Erro (a)	36	7,272	0,202		
Toras	1	12,426	12,426	119,0924*	0,000
Espaç. X Toras	8	0,642	0,080	0,7691 ^{ns}	63,18
Erro (b)	36	3,756	0,104		
Total	89	26,081			
Teste de Bartlett	χ^2	13,871 ^{ns}			

* - Significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ns - Não significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ANEXO 1.19 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA ÁREA DOS NÓS.

Fonte de variação	G.L	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Probabilidade (%)
Espaçamento	8	26.097,776	3.262,222	1,3855 ^{ns}	23,59
Erro (a)	36	84.764,520	2.354,570		
Toras	1	5.338,256	5.338,256	4,8408*	3,4296
Espaç. X Toras	8	6.348,348	793,543	0,7196 ^{ns}	67,29
Erro (b)	36	39.699,686	1.102,769		
Total	89	162.248,585			
Teste de Bartlett	χ^2	12,993 ^{ns}			

* - Significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ns - Não significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ANEXO 1.20 – ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DAS ONDAS DE TENSÃO

Fonte de variação	G.L	Soma dos Quadrados	Quadrado Médio	F	Probabilidade (%)
Espaçamento	8	1.017.656,058	127.207,007	3,9910*	0,1801
Erro (a)	36	1.147.436,659	31.873,241		
Toras	1	328.861,165	328.861,165	42,1440*	0,000
Espaç. X Toras	8	142.155,906	17.769,488	2,2772*	4,38
Erro (b)	36	280.917,750	7.803,271		
Total	89	2.917.027,539			
Teste de Bartlett	χ^2	23,020 ^{ns}			

* - Significativo ao nível de 95 % de probabilidade

ns - Não significativo ao nível de 95 % de probabilidade