UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Influência da largura dos anéis de crescimento em propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus caribaea.*

Aluna: Nayara Santos

Orientador: Joaquim Carlos Gonçalez, Ph.D., EFL/UnB

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília como parte das exigências para obtenção do título de Engenheira Florestal.

Brasília – DF

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

INFLUÊNCIA DA LARGURA DOS ANÉIS DE CRESCIMENTO EM PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DA MADEIRA DE *Pinus caribaea*.

Estudante: Nayara Santos (09/0030168)

Menção: MS

Aprovada por:

Prof. Dr. Joaquim Carlos Gonçalez
Universidade de Brasília – EFL/UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Orientador

Msc. Roberta Santos Souza
Doutoranda em Ciências Florestais - UnB
Universidade de Brasília – EFL/UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Membro da Banca

Profa.Msc. Edilene Silva Ribeiro
Doutoranda em Ciências Florestais - UnB
Instituto Federal do Mato Grosso - IFMT
Membro da Banca

Dezembro, 2015

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Edson Santos e Marília dos Santos, pelo apoio emocional durante toda a minha jornada na graduação, sempre me amparando em momentos difíceis, nunca permitindo que eu desistisse. Ao meu irmão Luiz Paulo Santos, pela ajuda com seus conhecimentos acadêmicos.

Ao atencioso professor orientador Joaquim Carlos Gonçalez, pelos ensinamentos e dedicação na orientação desse estudo. À colega Roberta Santos Souza, pela grande ajuda e dedicação no desenvolvimento deste trabalho.

Aos professores que tive ao longo da minha graduação e aos colegas de curso, pois sem o conhecimento de adquiri de cada um, não poderia realizar esse estudo.

Por fim, aos meus amigos e familiares que compartilham comigo a alegria desta conquista.

RESUMO

O *Pinus caribaea*, também conhecido como pinheiro tropical é originário da América Central. Esta espécie pode chegar a ter de 20 a 35 metros de altura. Os anéis de crescimento, característicos desse gênero, tem como origem a atividade sazonal do cambio vascular que resultam de sucessivas deposições de lenho no fuste. As propriedades tecnológicas da madeira de Pinus apresentam variações em função da largura dos anéis de crescimento, o que acaba sendo fator condicionante no desempenho físico-mecânico da madeira. A madeira utilizada neste experimento é proveniente de um plantio de 20 anos na região de Catalão –GO. Foram analisados 45 corpos de prova divididos em 3 grupos de largura de anéis de crescimento: Grupo 1 (0,0 a 0,7 cm - maior percentagem de lenho final. Anéis finos e estreitos); grupo 2 (0,7 a 1,2 cm – o percentual de lenho inicial e final é próximo. Anéis de largura mediana); grupo 3 (1,2 a 2 cm - maior percentagem de lenho inicial. Anéis largos). Analisou-se a densidade básica, retratibilidade, MOE e MOR em ensaios de flexão estática e MOEd determinado por métodos de *stress wave* e ultrassom. Os resultados obtidos indicam que as madeiras com anéis de crescimento mais estreitos, que possuem um maior percentual de lenho final, possuem maior densidade, maior retratibilidade e também maior rigidez.

Palavras-chave: Densidade básica, retratibilidade, módulo de ruptura, modulo de elasticidade.

ABSTRACT

Pinus caribaea, also known as tropical pine, is native to Central America. This species can reach 20-35 meters high. Growth rings, characteristic of this genus, are to rise to season activity of vascular cambium, that are resulted of successive deposition of wood in the trunk. Technological properties of pine wood vary depending on the width of the growth rings, which ends up being determinant in the physical-mechanical performance of wood. Wood used in this experiment is from a 20-year planting at the region of Catalão - GO. 45 samples were analyzed, which were divided into three groups according their growth rings: Group 1 (0.0 cm 0.7 - higher percentage late wood; tight rings); group 2 (0.7 to 1.2 cm - the percentage of early and late wood are close; average width rings.); group 3 (1.2 to 2 cm - higher percentage of early wood; wide rings.). It was analyzed basic density, shrinkage, MOE and MOR in static bending tests and MOEd determined by stress wave and ultrasound methods. Results indicate that wood with tight growth rings, which have a higher percentage of late wood, have higher density, higher shrinkage as well as increased rigidity.

Keywords: basic density, shrinkage, modulus of rupture, modulus of elasticity.

Sumário

1.INTRODUÇÃO 9

2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 10

2.1 Densidade básica 10

2.2 Retratibilidade 11

2.3 Flexão Estática 12

2.3.1 Módulo de Elasticidade (MOE) 12

2.3.2 Módulo de Ruptura (MOR) 13

2.4 Stress wave 13

2.5 Ultrassom 13

3.MATERIAL E MÉTODOS 14

3.1 Ensaio de Ondas Ultrassonoras – Ultrassom 16

3.2 Ensaio de Ondas de Tensão – *Stress Wave* 17

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO 18

4.1 Densidade básica e Retratibilidade 18

4.2 *Stress wave e Ultrassom* 21

4.3 Flexão estática 23

5.CONCLUSÃO 27

6.BIBLIOGRAFIA 28

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Intervalos de largura dos anéis de crescimento por cada grupo amostral. 14

Tabela 2 - Valores médios de densidade básica para cada grupo amostral. 18

Tabela 3 – Valores médios das retratibilidades tangencial (Rtg), radial (Rrd) e volumétrica (Rv) por grupo amostral. 18

Tabela 4 - Análise de variância de densidade básica (db) retratibilidades tangencial (Rtg), radial (Rrd) e volumétrica (Rv). 19

Tabela 5 - Teste de médias para densidade básica (db), retratibilidades tangencial (Rtg), radial (Rrd) e volumétrica (Rv) 20

Tabela 6 - Correlação densidade básica (db) retatibilidades tangencial (Rtg), radial (Rrd) e volumétrica(Rv). 20

Tabela 7 – Valores médios de módulo de elasticidade dinâmico (MOEd) para *stress wave.* 21

Tabela 8 - Valores médios para o módulo de elasticidade dinâmico por ultrassom. 22

Tabela 9 - Análise de variância de velocidade de propagação (Vprop) e Módulo de elasticidade dinâmico (MOEd) para stress wave e ultrassom. 22

Tabela 10 - Teste de médias para velocidade de propagação (Vprop) e Modulo de elasticidade dinâmico (MOEd) para stress wave e ultrassom. 23

Tabela 11 – Valores médios para cada grupo amostral para os testes de flexão estática. 23

Tabela 12 - Análise de variância para MOE e MOR em flexão estática. 24

Tabela 13 - Correlação entre valores de *stress wave* e flexão estática para cada grupo. 24

Tabela 14 – Correlação entre ultra som e flexão estática para cada grupo 25

1.INTRODUÇÃO

O cultivo de árvores plantadas no Brasil começou durante a década de 60. Nessa época surgiu o programa de reflorestamento brasileiro com espécies de rápido crescimento, entre as quais os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*, os que melhores se adaptaram a esse tipo de cultura no Brasil.

As árvores do gênero *Pinus* cultivadas no Brasil são provenientes de cultivos sustentáveis e permitem o uso da madeira em larga escala, reduzindo a pressão sobre as florestas nativas, além de oferecer as melhores condições técnicas e econômicas para desenvolvimento e fabricação de produtos engenheirados de alto valor agregado e de compósitos estruturais de grande resistência mecânica (MARTINI, 2014).

O *Pinus caribaea*, também conhecido como pinheiro tropical é originário da América Central. Esta espécie pode chegar a ter de 20 a 35 metros de altura e possui grande potencial para áreas de reflorestamento em regiões tropicais. O *Pinus caribaea* possui três variedades: *caribaea, bahamensis* e *hondurensis* (MADEIRABRASIL, 2015).

A madeira de *Pinus* tem como uma das características principais a presença de anéis de crescimento visíveis. Os anéis de crescimento tem como origem a atividade sazonal do cambio vascular que resultam de sucessivas deposições de lenho no fuste (ESAU, 1974). Quanto mais evidentes forem os anéis de crescimento, mais facilmente se define o fim e o início de um período de crescimento de uma árvore em países de clima temperado (NUTTO et al, 2012).

Em cada anel de crescimento de coníferas podem-se diferencias duas regiões distintas, uma clara e outra escura. Em um anel de crescimento, o lenho mais claro, chamado de lenho inicial, é composto basicamente por células com maior lúmen, paredes menos largas e, conseqüentemente, madeira menos densa. O lenho escuro, chamado de lenho tardio é constituído de células com paredes mais largas, menor lúmen, resultando em madeira mais densa (ESAU, 1974).

Assim, as propriedades tecnológicas da madeira de *Pinus* irão apresentar variações em função da presença destes dois tipos de lenhos. A largura dos anéis de crescimento, de algumas coníferas no Brasil, acaba sendo fator condicionante no desempenho físico-mecânico da madeira. Quanto mais largos os anéis de crescimento menor será sua resistência mecânica esperada. Segundo Panshin e Zeeuw (1980), com a maior quantidade de lenho inicial presente na madeira, essa tende a ter menor densidade e menor resistência mecânica.

O conhecimento do comportamento das variações dimensionais da madeira é de fundamental importância para sua utilização tanto na indústria da construção civil como no setor da movelaria. A determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira é realizada em laboratórios, com a utilização de equipamentos projetados para tais finalidades. A sua caracterização, levando em conta a presença dos dois tipos de lenho (inicial e final), definirá um melhor uso da madeira, podendo predizer o comportamento tecnológico desta na fabricação de produtos provenientes deste tipo de matéria-prima.

Este trabalho teve como objetivo verificar a influência da largura dos anéis de crescimento da madeira de *Pinus caribaea* em suas propriedades tecnológicas (densidade, retratibilidade e flexão estática). Também foram determinados os módulos de elasticidade dinâmicos por ultrassom e *stress wave*.

2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Densidade básica

A densidade é um importante fator na determinação das propriedades físicas e mecânicas na caracterização de diferentes espécies de madeiras, diferentes árvores de uma dada espécie e diferentes regiões de uma mesma árvore (FOELKEL et al., 1971).

No estudo da tecnologia da madeira a densidade está ligada às características do produto final como rendimento em celulose, rendimento em massa, resistências físicomecânicas e produção de carvão vegetal (SOUSA et al, 1986)

Na caracterização da madeira, a determinação de sua densidade é fundamental como subsídio ao entendimento de sua qualidade. Madeira mais homogênea, no que diz respeito à sua densidade sem dúvida poderá se comportar melhor nas operações de processamento e refletir maior uniformidade nas demais propriedades tecnológicas (OLIVEIRA et al, 2005)

Madeiras com baixa massa específica apresentam dificuldades na obtenção de supefícies lisas, no entanto espécies com massa específica muito alta são difíceis de serem trabalhadas por provocarem desgastes excessivos de ferramentas em vista de sua acentuada dureza (BURGER e RICHTER, 1991)

Segundo Berger (2000) a densidade da madeira é uma propriedade importante para a definição da qualidade da madeira para fins tecnológicos por estar relacionada às características químicas, físicas e anatômicas da madeira.

Brito e Nucci (1984) em experimento com duas variedades de *Pinus caribaea* encontraram valores de densidade básica para a variedade *hondurensis* igual a 0,353g/cm³ e para a variedade *bahamensis* igual a 0,335g/cm³.

2.2 Retratibilidade

A contração e a expansão higroscópica são dois dos mais importantes problemas práticos que ocorrem durante a utilização da madeira, como conseqüência da variação do teor de umidade. A magnitude das variações dimensionais depende de inúmeros fatores, como o teor de umidade, a direção estrutural (radial, tangencial ou longitudinal), aposição na árvore, a densidade da madeira, a temperatura, o grau de estresse de secagem causada pelo gradiente de umidade dentre outros (OLIVEIRA e SILVA, 2003).

As mudanças de dimensões que ocorrem no processo de secagem não estão somente em função do teor de umidade presente na madeira, mas também da quantidade de substâncias presentes nas paredes celulares, portanto, a magnitude das mudanças de dimensões na madeira está diretamente relacionada com a quantidade de material presente nas paredes celulares (PANSHIN e ZEEUW, 1980).

Com a diminuição da umidade da madeira além da perda de massa também ocorre a perda de volume, esse fenômeno denomina-se retratibilidade volumétrica (encolhimento ou inchamento). Esse termo refere-se à perda total de água desde o ponto de saturação de fibra (PSF) até a umidade de 0% (MARTINS, 1988)

A maior mudança de dimensão na madeira ocorre no sentido tangencial, que é cerca de 2 vezes maior do que a retatibilidade no sentido radial. Já no sentido longitudinal a retratibilidade é praticamente nula. (PANSHIN e ZEEUW, 1980)

Rezende (1997) verificou em experimentos com *Pinus caribaea* em idade de 8 anos que a retratibilidade da madeira cresce com o aumento da densidade básica.

Rezende (2003) estudou o comportamento da retratibilidade volumétrica em função da umidade para as espécies *Pinus caribaea*e concluiu que o comportamento obedece a uma função exponencial dependente da retratibilidade volumétrica máxima e da umidade. Concluiu também que as retratibilidades máximas podem ser consideradas exclusivamente dependentes da densidade básica ou da densidade a 0 % de umidade independente da espécie.

2.3 Flexão Estática

A flexão estática é a propriedade mecânica que se refere à deformação que a madeira sofre quando submetida a uma força perpendicular às suas fibras estando a madeira sobre apoios. Geralmente os ensaios de flexão estática consistem na obtenção de dados ao carregamento contínuo e lento aplicando a um corpo de prova especialmente preparado e das deformações resultantes. (ROCHA e SIQUEIRA, 1988)

Em ensaios de flexão estática dois parâmetros são determinados: módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE). Ambos dão uma boa aproximação da resistência do material, e consequentemente suas possíveis aplicações práticas (MOREIRA, 1999).

2.3.1 Módulo de Elasticidade (MOE)

A carga aplicada no corpo de prova até determinado ponto, conhecido como limite proporcional ou limite elástico, causa apenas deformações elásticas, ou seja, reversíveis, a partir de então, as deformações passam a ser plásticas denominadas irreversíveis. (ROCHA e SIQUEIRA, 1988). A relação entre essa deformação e a carga aplicada, havendo certo limite, é de grande importância para os diversos usos da madeira. (KOLLMANN e CÔTÉ, 1969).

Segundo Scanavaca e Garcia (2004), o MOE tem importância relevante na caracterização tecnológica do material, uma vez que, recebe uma força aplicada perpendicularmente ao eixo longitudinal da madeira, podendo assim representar a rigidez da mesma.

Ballarin e Nogueira (2005) por meio de técnicas de ultrassom determinaram o módulo de elasticidade médio de 10.897 MPa para a madeira de *Pinus taeda*. Rall (2006) também em estudo com *Pinus taeda* encontrou módulo de elasticidade de 12.160 MPa.

2.3.2 Módulo de Ruptura (MOR)

O Módulo de Ruptura (MOR) é um valor convencional fornecido pela máxima tensão normal que pode atuar em um corpo de prova no ensaio de flexão estática, sendo calculado sob a hipótese de a madeira ser um material homogêneo. (SCANAVACA e GARCIA, 2004)

Sendo uma medida de resistência o MOR permite saber o valor a partir do ponto em que, após ser submetida a um valor extremo de carga, a madeira deforma e não volta ao seu estado original (FPL, 1999)

Ballarin e Palma (2003) estudaram a madeira de *Pinus taeda* e encontraram o valor médio de MOR para esta espécie de 107,02 MPa. Também Rall (2006) em estudo com *Pinus taeda* encontrou módulo de ruptura de 97,1MPa.

2.4 Stress wave

A caracterização das propriedades da madeira é normalmente feita através de métodos de avaliação destrutivos, como no caso dos testes realizados em flexão estática, por exemplo. Esses métodos destrutivos, no entanto, podem produzir uma variabilidade nos resultados proveniente de erros de amostragem ou erros na confecção dos corpos de prova.

O método de *stress wave*, ou técnica de ondas de tensão, consiste na aplicação de uma onda de tensão (impacto) no material e análise do fenômeno de propagação desse estímulo. A velocidade de propagação de uma onda de tensão induzida e sua atenuação no material são os principais parâmetros analisados nesses casos (TARGA et al., 2005).

Cunha & Matos (2010) trabalhando com madeirda de *Pinus taeda* encontraram valores médios para módulo de elasticidade, por meio do aparelho de stess wave timer (SWT), igual a 15,589 MPa.

2.5 Ultrassom

Diversos institutos de pesquisa têm voltado suas atenções para as técnicas de ondas acústicas (*Acousticemission - AE*) e ultra-sônicas (*Acousto-ultrasonicemission - AU)*, que se têm mostrado eficientes para determinados propósitos, como, por exemplo, a avaliação da orientação da grã da madeira (TARGA et al., 2005).

Segundo Oliveira e Sales (2002) as vantagens da utilização do método de ultrassom em comparação aos métodos destrutivos, está na rapidez, na versatilidade e no baixo custo de

aplicação do método. Além disso, o método de ultrassom permite que a amostra seja testada inúmeras vezes sem ser deformada.

Esse método consiste na análise da razão entre o tempo (t) que a onda de som leva para atravessar o comprimento (L) do corpo de prova e esse comprimento. (BARTHOLOMEU, 2010)

Ballarin e Nogueira (2005) utilizaram o método de ultrassom para determinar o módulo de elasticidade da madeira de *Pinus taeda* com idade de 34 anos e encontrou valores de 14, 865 MPa.

3.MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília. Foram coletadas 06 pranchas de madeira de *Pinus caribaea* em uma indústria do Distrito Federal. Esta madeira é proveniente de um plantio de 20 anos de idade situado na região de Catalão GO. Com este material confeccionou-se 50 amostras medindo 2 x 2 x 10cm e 50 amostra de 2 x 2 x 30cm. Estas amostras foram divididas em três grupos: 15 amostras que possuíam anéis de crescimento estreitos (entre 0 e 0,7 cm); 15 amostras com anéis de crescimento com espessura intermediária (entre 0,7 e 1,2 cm) e 15 amostras com anéis de crescimentos mais largos (entre 1,2 e 2 cm), conforme demonstrado na tabela 1, totalizando, portanto, 45 amostras. As 5 amostras restantes, com pequenos defeitos foram descartadas.

Tabela 1 - Grupos amostrais, com intervalos de largura dos anéis de crescimentos.

	Intervalos	**Composição do anel de crescimento**
Grupo 1	0,0 – 0,7 cm	Maior percentagem de lenho final. Anéis finos e estreitos.
Grupo 2	0,7 – 1,2 cm	O percentual de lenho inicial e final é próximo. Anéis de largura mediana.
Grupo 3	1,2 – 2 cm	Maior percentagem de lenho inicial. Anéis largos.

A Figura 1 ilustra os grupos de estudos mencionados e a composição dos anéis de crescimentos.

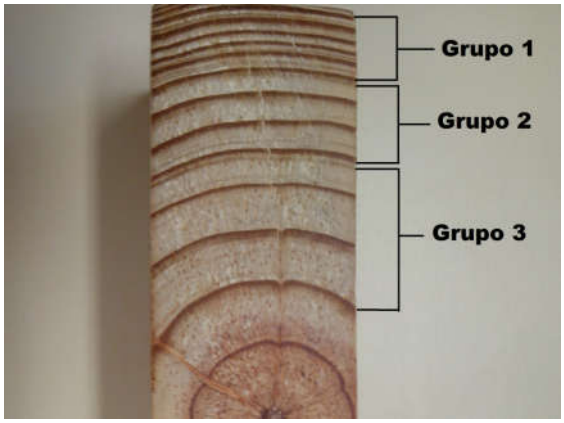

Figura 1 – Grupos amostrais em uma prancha de *Pinus caribaea*.

Para as propriedades físicas (densidade básica e retratibilidades: volumétrica, tangencial e radial), foram utilizados os corpos de prova com dimensões de 2 x 2 x 10 cm. Para as propriedades de Modulo de Elasticidade (MOE) e Modulo de Ruptura (MOR) foram usados os corpos de prova de 2 x 2 x 30 cm (COPANT 458, 1972). Tanto as propriedades físicas como a mecânicas foram realizadas em conformidade com as normas da Comissão Panamericana de Normas Técnicas (COPANT): COPANT (461 para densidade e 462 para retratibilidade) e COPANT 555 (1973 – flexão estática). Os ensaios de ultrassom e stress wave foram realizados nas amostras 2 x 2 x 30cm, antes dos ensaio destrutivo de flexão estática.

Densidade e Retratibilidades

Os corpos de prova com dimensões 2 cm x 2 cm x 10 cm, foram saturados em água, para obtenção do volume saturado. Com o auxílio de uma balança digital com precisão de 0,01g e um Becker com água pode-se determinar o volume saturado pelo princípio de Arquimedes. Em seguida, as amostras foram levadas à estufa a uma temperatura de 103± 2°C, até que atingissem peso constante, para obtenção do peso e volume seco.

A retratibilidade da madeira foi obtida realizando-se medições nas direções tangencial, radial e longitudinal dos corpos de prova, utilizando-se um paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm, nas condições totalmente saturado e totalmente seco em estufa.

Flexão estática

Para os ensaios mecânicos de flexão estática, conforme norma COPANT mencionada, os corpos de prova ficaram na climatização por um período de aproximadamente sessenta dias, para obtenção de um teor de umidade médio de 12%. Após esse procedimento uma máquina universal de ensaio modelo EMIC DL 30 kN foi utilizada para determinar o MOE (Modulo de Elasticidade) e o MOR (Módulo de Ruptura).

O Modulo de Elasticidade dinâmico (MOEd) foi determinado utilizando-se de duas metodologias: ultrassom e *stress wave*. Estes testes foram realizados com as amostras de 2 x 2 x 30 cm a 12% de umidade, antes do ensaio de flexão estática.

Ensaio de Ondas Ultrassonoras – Ultrassom

O ensaio não destrutivo utilizando a propagação de ondas, foi realizado utilizando o equipamento USLab para madeira, o qual consegue determinar as propriedades elásticas e assim classificar a qualidade do material analisado por meio da velocidade da propagação de ondas do material. O aparelho possui potência de 700 V, resolução de 0,1 μs e transdutores de onda longitudinal e de seção plana que operam na frequência de 45 kHz.

Para a determinação do módulo de elasticidade dinâmico (ultrassom) se faz necessário calcular a densidade aparente do material em estudo. A densidade a 12% de umidade foi obtida pelo método estereométrico, realizando-se medições nos três planos dos corpos de prova (tangencial, radial e longitudinal) e obtendo-se a massa de cada amostra em balança de precisão.

Para a determinação do Módulo de Elasticidade Dinâmico por ultrassom (MOEdu) foi utilizada a seguinte equação:

$$MOEdu = D_{12\%} x Vel^2$$

Onde,

MOEdu = Módulo de Elasticidade Dinâmico por ultrassom (MPa);

$D_{12\%}$ = densidade da madeira a 12% de umidade (kg/m^3);

Vel = velocidade da onda ultrassônica (m/s) obtida no equipamento USLab.

Ensaio de Ondas de Tensão – *Stress Wave*

Este ensaio foi executado empregando-se o equipamento *Stress Wave Timer239A* (Metriguard Inc.), que mede o tempo de propagação de uma onde de tensão que percorre a amostra, por meio de dois transdutores acelerômetros e um relógio registrador da velocidade da onda.

Para a determinação da velocidade foi utilizada a equação:

$$V = \frac{L}{tx10^{-6}}$$

Onde,

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

L= distância percorrida pela onda de tensão (m);

t= tempo de trânsito da onda de tensão (µs).

A distância será igual ao vão de ensaio indicado pela norma COPANT de flexão estática, ou seja, 28 cm de comprimento.

O módulo de elasticidade dinâmico por stress wave (MOEds) foi obtido pela equação:

$$MOEds = V^2 D_{12\%} \frac{1}{g}$$

Onde,

MOEds = módulo de elasticidade dinâmico stress wave(N/mm^2);

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

$D_{12\%}$= densidade da madeira a 12% de umidade (kg/m^3); e

g= aceleração da gravidade (9,804 m/s^2).

Além da estatística descritiva, para as propriedades físicas e mecânicas fez-se uma análise de variância (ANOVA). Para comparações de médias foi utilizado o teste de Tukey, ao nível de 95% de probabilidade. Também foi realizada correlação para avaliar a correspondência entre as variáveis. O programa estatístico R (versão 3.2.2) foi utilizado na análise dos dados.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Densidade básica e Retratibilidade

Por ser o ponto de partida no estudo da madeira para diversas utilizações, uma vez que todas as demais propriedades estão a ela relacionadas, a densidade básica é a propriedade física mais significativa para caracterizar a madeira (PANSHIN & ZEEUW, 1980).

A Tabela 2 mostra os valores médios, mínimos e máximos da densidade básica para os três grupos de anéis de crescimento da madeira de *Pinus caribaea*.

Tabela 2 - Valores médios de densidade básica para cada grupo amostral.

	Grupo 1	**Grupo 2**	**Grupo 3**
		(g/cm³)	
Média	**0,513**	**0,459**	**0,406**
Mínimo	0,438	0,350	0,335
Máximo	0,592	0,573	0,515
D.P	0,039	0,073	0,057
C.V%	7,632	15,910	14,140

O grupo que apresentou a maior média de densidade foi o grupo 1 (0,513 g/cm³), seguido pelo grupo 2 (0,459 g/cm³) e grupo 3 (0,406 g/cm³). Infere-se, portanto, que madeiras com maior quantidade me lenho final apresentam maior densidade básica. Já o grupo 3, que possuía maior quantidade de lenho inicial foi o que apresentou a menor densidade.

Os valores encontrados para densidade básica são mais elevados que os encontrado na literatura., porem próximos, a de outras pesquisas como Brito e Nucci (1984) que encontraram densidade básica de 0,353 g/cm³ em estudo com *Pinus caribea* e Santini et al (2000) que encontram densidade básica de 0,410 g/cm³ também para *Pinus caribea.* Talvez a idade do plantio e o sítio podem ter influenciado na maior densidade do material em estudo.

A Tabela 3 apresenta os valores médios, mínimos e máximos das retratibilidades tangencial, radial e volumétrica, considerando os três grupos amostrais da madeira de *Pinus caribaea.*

Tabela 3 – Valores médios das retratibilidades tangencial (Rtg), radial (Rrd) e volumétrica (Rv) por grupo amostral.

	Grupo 1		
	Rtg(%)	Rrd (%)	Rv (%)
Média	**7,96**	**6,53**	**14,14**

Mínimo	5,14	4,71	11,46
Máximo	9,59	11,25	20,02
D.P	1,23	1,64	2,13
C.V%	15,45	25,08	15,04
	Grupo 2		
	Rtg(%)	Rrd (%)	Rv (%)
Média	**6,57**	**5,52**	**12,56**
Mínimo	3,92	3,11	7,98
Máximo	8,89	8,09	16,33
D.P	1,60	1,45	6,60
C.V%	24,39	26,35	52,58
	Grupo 3		
	Rtg(%)	Rrd (%)	Rv (%)
Média	**6,00**	**4,92**	**10,86**
Mínimo	1,17	1,09	2,47
Máximo	9,27	7,92	15,45
D.P	1,85	1,61	2,91
C.V%	30,87	32,65	26,80

Observa-se que o grupo 1 apresentou valor médio maior para a retratibilidade tangencial (7,96%), seguido pelos grupos 2 e 3 (6,57% e 6% respectivamente). O mesmo pode ser observado para a retratibilidade no sentido radial, onde o grupo 1 apresentou maior valor médio (6,6%) seguido novamente pelos grupos 2 e 3 (5,516% e 4,92% respectivamente).A maior presença de lenho final na madeira aumenta a retração em seus sentidos tangencial, radiais e volumétrico. Conforme visto na Tabela 1, a presença deste tipo de lenho leva a uma maior densidade. Madeiras mais densas, possuem maior quantidade de matéria (fibras), havendo maior probabilidade da madeira "trabalhar", levando a retratibilidades mais elevadas.

Dentro dos grupos a retratibilidade no sentido tangencial apresentou valores médios superiores à retratibilidade radial para todos os 3 grupos analisados. Os raios possuem uma menor contração no sentido do seu eixo, o que faz uma força contraria à contração normal da madeira, reduzindo esta diminuição em largura. Esta diferença entre a retração radial e tangencial concorda com Panshin e Zeeuw (1980) que diz que a maior mudança de dimensão na madeira ocorre no sentido tangencial.

A Tabela 4 apresenta a analise de variância da densidade e retratibilidades entre os grupos de madeiras estudados.

Tabela 4 - Análise de variância de densidade básica (db) retratibilidades tangencial (Rtg) radial (Rrd) e volumétrica (Rv) dos 3 grupos amostrais da madeira de *Pinus caribaea*.

FV	GL	db (g/cm³)	Rtg (%)	Rrd(%)	Rv(%)

Tratamento	2	12,34***	6,09***	4,04***	6,5***
Resíduo	42				

*** = Significativo à 5% de significância; N.S= Não significativo.

Pela análise de variância verifica-se que as as propriedades fisicas (densidade e retratibilidades) da madeira foram todas estatisticamente significativas, com a densidade básica sendo a variável com maior diferença significativa entre com 3 grupos analisados. As análises de variância foram feitas à 95% de confiança.

Em seguida, fez-se um teste de média (Tukey) para verificar as diferenças entre as médias de cada grupo estudado para cada propriedade física (Tabela 5).

Tabela 5 - Teste de médias para densidade básica (db), retratibilidades tangencial (Rtg), radial (Rrd) e volumétrica (Rv) entre os grupos amostrais estudados.

Grupos	db (g/cm³)	Rtg (%)	Rrd(%)	Rv(%)
1	0,51 a	7,96 a	6,53 a	14,14 a
2	0,46 b	6,57 ab	5,52 ab	11,9 ab
3	0,41 c	6,00 b	4,92 b	10,86 b

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna apresentam diferença significativa pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Analisando-se a Tabela 5, observa-se que a densidade básica apresentou diferenças significativas para os três grupos estudados, sendo a maior densidade pertencente ao grupo 1 (anéis de crescimentos mais estreitos, maior percentual de lenho final). As retratibilidades seguiram a mesma tendencia, ou seja, o grupo 1 apresentou as maiores retratibilidades. No entanto,não houve diferenças significativas entre as retratibilidades do grupo 1 e 2. Assim como também não ocorreram diferenças estatísticas significativas entre os grupos 2 e 3. Isso mostra que o grupo intermediário (grupo 2), teve influencia tanto da presença dos lenhos incial, como do final, havendo participação mais marcante de um ou do outro, conforme o grupo amostral considerado. Assim, para o grupo 1 a maior influencia foi do lenho final e para o grupo 2 a maior inflencia foi do lenho inicial.

Após, foi realizado correlações entre as propriedades físicas dentro de cada grupo estudado (Tabela 6).

Tabela 6 - Correlação da densidade básica (Db), retatibilidades tangencial (Rtg), radial (Rrd) e volumétrica(Rv) para os três grupos estudados.

	Grupo 1			
	Db	*Rtg*	*Rrd*	*Rv*
Db	1			
Rtg	0,206**	1		
Rrd	0,418	0,215**	1	
Rv	0,260	0,688	0,847**	1

	Grupo 2			
	Db	*Rtg*	*Rrd*	*Rv*
Db	1			
Rtg	0,191**	1		
Rrd	0,542	0,497**	1	
Rv	0,416	0,907	0,802**	1
	Grupo 3			
	Db	*Rtg*	*Rrd*	*Rv*
Db	1			
Rtg	0,241**	1		
Rrd	0,003	0,488**	1	
Rv	0,162	0,887	0,825**	1

**= significativo a 5% de significância.

As correlações entre a densidade básica e as retratibilidades (volumetrica, tangencial e radial) apesar de existentes, na maioria das vezes foram baixas para os três grupos estudados. Segundo Tsoumis (1991), a redução da retratibilidade da madeira é proporcional à quantidade de extrativos presentes na madeira. Sabe-se que a madeira de *Pinus sp* tem grande quantidades de resinas e isso pode ter influenciado na baixa correlação entre estas variáveis. As melhores correlações foi para os grupos 1 e 2 entre a densidade básica e a retratibilidade radial. Já a retratibilidade volumétrica, como era de se esperar mostrou boa correlação com as retratibilidades tangencial e radial para os três grupos. Isso era esperado, uma vez que a retratibilidadevolumetrica é o somatório das duas outras retratibilidades, além da retratibilidade longitudinal.

4.2 Stress wave e Ultrassom

A Tabela 7 apresenta os valores médios, mínimo e máximo das velocidades de propagação e dos módulos de elasticidades dinâmicos determinados por *stress wave* para os três grupos de madeira de *Pinus caribaea* estudados.

Tabela 7 – Valores médios da velocidade de propagação e do módulo de elasticidade dinâmico (MOEds)obtidos por *stress wave* para os três grupos de madeira estudados.

	Grupo 1		**Grupo 2**		**Grupo 3**	
	Vprop (m/s)	MOEds (MPa)	Vprop (m/s)	MOEds (MPa)	Vprop (m/s)	MOEds (MPa)
Média	**5167,45**	**18.020**	**4624,97**	**12.810**	**4316,80**	**10.580**
Mínimo	4663,21	14.630	4186,05	9.780	3703,70	8.590
Máximo	5555,56	24.550	4972,38	16.040	4787,23	15.860
D.P	267,78	2,64	214,96	1,60	256,89	1,94
C.V%	1929,71	14,64	2151,57	12,51	1680,40	18,35

A Tabela 8 mostra os valores médios, mínimo e máximo das velocidades de propagação e dos módulos de elasticidades dinâmicos determinados por ultrassom para os três grupos de madeira de *Pinus caribaea* estudados.

Tabela 8 - Valores médios da velocidade de propagação e do módulo de elasticidade dinâmico (MOEdu)determinados por ultrassom para os três grupos de madeira estudados.

	Grupo 1		**Grupo 2**		**Grupo 3**	
	Vprop (m/s)	MOEdu (MPa)	Vprop (m/s)	MOEdu (MPa)	Vprop (m/s)	MOEdu (MPa)
Média	**5856,33**	**22.600**	**5261,73**	**16.280**	**4841,20**	**13.180**
Mínimo	5597,00	19.270	4651,00	11.840	4285,00	8.510
Máximo	6134,00	29.350	5514,00	20.790	5607,00	21.340
D.P	146,40	2,36	239,40	2,25	309,52	2,97
C.V%	4000,23	10,44	2197,85	13,79	1564,09	22,53

Entre os três grupos estudados, o grupo 1 apresentou valor médio da velocidade de propagação e do modulo de elasticidade dinâmico (MOEds e MOEdu) determinados por stress wave e ultrassom mais elevado que os grupo 2 e 3. Isso mostra que a maior presença de lenho final no anel de crescimento favorece o deslocamento da velocidade, implicando em MOEds mais elevados. Já a presença de lenho inicial, menos denso e possivelmente mais poroso, tem efeito inverso, isto é, diminui a velocidade de propagação na madeira, levando a um menor MOEds. Segundo Gonçalez et al. (2001), a velocidade de propagação (Vprop) da onda também é influenciada pela quantidade de material lenhoso. Portanto, de modo geral, quanto maior a densidade da madeira e maior é o seu módulo de elasticidade, confirmando os resultados encontrados neste trabalho.

A Tabela 9 apresenta a analise de variância da velocidade e do módulo de elasticidade dinâmico (MOEd) para stress wave e ultrassom entre os grupos de madeiras estudados.

Tabela 9 -Análise de variância de velocidade de propagação (Vprop) e Módulo de elasticidade dinâmico (MOEd) para stress wave e ultra som para os três grupos de madeiras estudados.

		Stress wave		**Ultra som**	
FV	GL	Vprop	MOEd	Vprop	MOEd
Tratamento	2	45,94***	49,38***	65,51***	53,43***
Resíduo	42				

*** = Significativo à 5% de significância; N.S = Não significativo.

Nota-se que todas as variáveis analisadas apresentaram diferenças estatísticas a 95% de probabilidade entre os 3 grupos estudados tanto para o *stresswave* como para o ultrassom.

Então, realizou-se um teste de média (Tukey) para verificar as diferenças entre as médias de cada grupo estudado para cada variável (Tabela 10).

Tabela 10 - Teste de médias para velocidade de propagação (Vprop) e Modulo de elasticidade dinâmico (MOEd) para stress wave e ultrassom entre os três grupos estudados.

	Stress wave		**Ultra som**	
Grupos	Vprop (m/s)	MOEd (MPa)	Vprop (m/s)	MOEd (MPa)
1	5167,45 a	17.670 a	5852,85 a	22.600 a
2	4624,97 b	12.560 b	5262,22 b	16.280 b
3	4316,80 c	10.370 c	4848,30 c	13.180 c

Médias seguidas por letras diferentes na mesma coluna apresentam diferença significativa pelo teste de tukey a 5% de significância.

Analisando a Tabela 10 verifica-se que tanto para a velocidade de propagação como para o modulo de elasticidade dinâmico determinado por *stress wave* e por ultrassom mostram diferenças estatísticas entre os três grupos de madeiras estudados. O grupo 1, o de maior proporção de lenho final, portanto de densidade mais elevada, foi o que apresentou maiores valores para estas duas variáveis. O grupo 3, o de maior proporção de lenho inicial, foi o que apresentou menores valores para estas duas variáveis.

4.3 Flexão estática

A Tabela 11 apresenta as médias, mínimo, máximo, além do desvio padrão e coeficiente de variação para os módulos de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE) em flexão estática para os três grupos de madeiras de *Pinus caribaea* estudados.

Tabela 11 – Valores médios dos ensaios de flexão estática (MOE e MOR) para os três grupos de madeirasestudados.

	Grupo 1		**Grupo 2**		**Grupo 3**	
	MOE (MPa)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	MOR (MPa)
Média	**11.568**	**92,49**	**10.051**	**101,68**	**8.670**	**80,25**
Mínimo	9.619	55,20	5.611	55,19	5.195	53,36
Máximo	14.963	126,96	13.467	126,15	15.539	112,78
D. P	1424,21	22,85	2090,03	39,73	2611,11	17,15
C.V%	12,31	24,70	39,07	20,79	21,37	30,11

Observa-se na Tabela 11 que o modulo de elasticidade estático (MOE) do grupo 1 (maior presença de lenho inicial) foi maior que dos grupos 2 e 3. Já o modulo de ruptura estático (MOR) apresentou valor médio mais elevado para o grupo 2, seguidos dos grupos 1 e 3. De uma forma geral, os valores encontrados neste trabalho para estas duas propriedades

(MOE e MOR) estão de acordo com a literatura para a madeira de Pinus tropical (BALLARINet al. 2005; RALL, 2006; TARGA, 2005).

Para o Modulo de elasticidade (MOE), entre os grupos, o grupo 1 apresentou o maior valor médio (11.568 MPa) seguido pelos grupos 2 (10.051 MPa) e 3 (8.670 MPa). No entanto, para o Módulo de ruptura (MOR), entre os grupos, o grupo 2 apresentou o maior valor médio (101,68 MPa) seguido pelo grupo 1 (92,49 MPa) e 3 (80,25 MPa). Estes resultados estão de acordo com os valores encontrados por Trianoskiet al (2014) que estudou a madeira de *Pinus caribea*.

Verificando-se a Tabela 12, que mostra a analise de variância entre os grupos para as propriedades de flexão estática MOE e MOR, o MOE mostra diferenças significativas entre os grupos, destacando-se assim o grupo 1 maior que o 2 e o 2 maior que o grupo 3. Para esta propriedade, a presença de maior percentagem de lenho final (grupo 1) teve influência positiva no modulo de elasticidade. Já para o MOR, não houve diferenças estatísticas entre os grupos de madeiras estudados.

Tabela 12 - Análise de variância para MOE e MOR em flexão estática.

FV	GL	MOE	MOR
Tratamento	2	8,04***	2,41N.S
Resíduo	42		

*** = Significativo à 5% de significância; N.S = Não significativo à 5% de significância.

A Tabela 13 apresenta a correlação entre os valores dos grupos de madeiras obtidos por stress wave e flexão estática (MOR e MOE).

Tabela 13 - Correlação entre valores dos grupos de madeiras obtidos por *stress wave* e flexão estática.

	Grupo 1			
	Vprop	*MOEds*	*MOE*	*MOR*
Vprop	1			
MOEds	0,867**	1		
MOE	0,532	0,593**	1	
MOR	0,705	0,614	0,666**	1
	Grupo 2			
	Vprop	*MOEds*	*MOE*	*MOR*
Vprop	1			
MOEds	0,354**	1		
MOE	0,189	0,538**	1	
MOR	0,133	0,044	-0,257	1
	Grupo 3			
	Vprop	*MOEds*	*MOE*	*MOR*
Vprop	1			

MOEds	0,526**	1		
MOE	0,392	0,591**	1	
MOR	0,293	0,417	0,926**	1

**= significativo a 5% de significância.

A Tabela 13 mostra que o grupo 1 foi o que apresentou as melhores correlações entre as variáveis estudadas. A velocidade de propagação da onda na madeira apresenta boas correlações com o MOEds, MOE e MOR. Para este grupo, o MOEds também apresentou boas correlações com o MOE e MOR. Para os grupos 2 e 3 , o MOE apresentou correlações boa com o MOEds. Já o MOR mostrou muito boa correlação com o MOE para os grupos 1 e 3.

Segundo Oliveira et al, (2003) os valores de módulo de elasticidade obtido por ultrassom são normalmente maiores que os valores encontrados em ensaios de flexão estática.

A Tabela 14 apresenta a correlação entre os valores dos grupos de madeiras obtidos por ultrassom e flexão estática (MOR e MOE).

Tabela 14 – Correlação entre valores dos grupos de madeiras obtidos por ultrassom e flexão estática.

	Grupo 1			
	Vprop	*MOEdu*	*MOE*	*MOR*
Vprop	1			
MOEdu	0,741**	1		
MOE	0,584	0,573**	1	
MOR	0,707	0,501	0,666**	1
	Grupo 2			
	Vprop	MOEdu	MOE	MOR
Vprop	1			
MOEdu	0,443**	1		
MOE	0,301	0,547**	1	
MOR	0,345	0,168	-0,257**	1
	Grupo 3			
	Vprop	*MOEdu*	*MOE*	*MOR*
Vprop	1			
MOEdu	0,737**	1		
MOE	0,583	0,622**	1	
MOR	0,434	0,442	0,926**	1

**= significativo a 5% de significância.

Para o grupo 1 a maior correlação foi para as variáveis de módulo de elasticidade dinâmico e velocidade de propagação. No grupo 2 a maior correlação foi entre módulo de elasticidade em flexão e módulo de elasticidade dinâmico. Para o grupo 3 a maior correlação foi entre o módulo de ruptura e módulo de elasticidade em flexão. Essa correlação é considerada bastante forte. Porem percebe-se que não há um padrão de correlação entre as variáveis dentro dos grupos.

5.CONCLUSÃO

Com o estudo da influência dos anéis de crescimento nas propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus caribaea*, pode-se concluir que:

As madeiras com maior quantidade de lenho final possuem maior densidade básica e suas retratibilidades tendem a serem maiores nos sentidos tangenciais e radiais. Em todos os grupos analisados observou-se que existe uma forte correlação entre a retratibilidade volumétrica e retratibilidades tangencial e radial.

O módulo de elasticidade dinâmico é maior nas madeiras com maior quantidade de lenho final, ou seja, em madeiras com anéis mais estreitos. Os resultados obtidos pelos testes não destrutivos indicam que as madeiras com anéis mais estreitos possuem maior rigidez.

O módulo de elasticidade em flexão e o módulo de ruptura também são maiores nas madeiras com de anéis de crescimento mais estreitos, o que indica que essas madeiras são capazes de suportar tensões maiores.

6.BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO, H. J. B. D. Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. **Floresta, Curitiba - PR**, v. n.37, 2007.

ARTHUT KOEHLER, B. S. The Properties and uses of Wood. In: ARTHUT KOEHLER, B. S. **The Properties and uses of Wood**. New York; London: McGRAW-HILL , 1924. p. 49-75.

AUER, C. G.; JUNIOR, A. G.; SANTOS, A. F., Doenças em Pinus: Identificação e Controle. **EMBRAPA FLORESTAS**. Circular técnica, 2001.

BALLARIN, A. W.; NGOUEIRA, M., Determinação do Módulo de Elasticidade da Madeira Juvenil e Adulta de Pinus taeda Por Ultra-som. ENGENHARIA AGRÍCOLA., Jaboticabal, v.25, n-1, p.19-28, 2005.

BALLARIN, A. W.; PALMA, H. A. L., Propriedades de Resistência e Rigidez da Madeira Juvenil e Adulta de Pinus taeda L. **REVISTA ÁRVORE**, Viçosa, v.27, n.3, p.371-380, 2003.

BARTHOLOMEU, A. Revista da madeira, 2010. Disponivel em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1470&subject=Ultrassom&title=Ultrassom,%20uma%20ferramenta%20para%20a%20classifica%E7%E3o%20de%20madeira%20estrutural>. Acesso em: 15 Maio 2015.

BERGER, R. Crescimento e qualidade da madeira de um clone de Eucalyptussaligna Smith sob o efeito de espaçamento e fertilização. **Dissertação de mestrado**. Santa Maria – RS Universidade Federal de Santa Maria, 2000.

BRITO, J. O.; NUCCI O. D., Estudo Tecnológico de Pinus spp Para a Produção de Carvão Vegetal e Briquetagem. **IPEF**. n.26, p.25-30, 1984.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. Anatomia da Madeira. In: BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da Madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. p. 113-123.

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. **Maderas: selección y colecctión de muestras**. Caracas: COPANT, 1972. (COPANT; 458)

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. **Maderas: acondicionamento de lasmaderas destinadas a ensayos físicos y mecanicos**. Caracas: COPANT, 1972. (COPANT; 459)

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. **Maderas: método de determinacion de lo peso especifico aparente**. Caracas: COPANT, 1972. (COPANT; 461)

COMISSION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS. **Maderas: método de determinacion de La contraccion**. Caracas: COPANT, 1972. (COPANT; 462)

CUNHA, A. B.; MATOS, J. L. M., Determinação do Módulo de Elasticidade em Madeira Laminada Colada por Meio de Ensaio Não Destrutivo. **Revista ÁRVRE**, v.34, Viçosa – MG, 2010.

ENCINAS, J. I., SILVA, G. F., PINTO, J. R. R., Idade de Crescimento das Árvores. **COMUNICAÇÕES TÉCNICAS FLORESTAIS**, v.7, n.1, Brasília, 2005.

ESAU, KATHERINE., Anatomia das plantas com sementes. **Edgard Blüncher**, São Paulo, 1974.

FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. Métodos para a determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, v. 2/3, p. 65-74, 1971.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook**: wood as an engineeringmaterial. Madison: U.S, Forest Products Laboratory, 1999. 463 p.

KOLLMANN, F. F. P.; CÔTÉ, W. A. Principles of Wood Science and Technology. In: P.KOLLMAN, F. F.; A.CÔTÉ, W. **Principles of Wood Science and Technology**. New York: Springer-Verlag, 1969. p. 292-414.

MADEIRABRASIL. Os Pinus no Brasil: Pinus caribaea e suas três variedades: caribaea, bahamensis e hondurensis. Disponivel em: <http://www.madeiratotal.com.br/noticia.php?id=8426&volta=noticias.php?cat=19> Acesso em: 18 de agosto de 2015.

MARTINI, A. S. Revista da madeira, 2014. Disponivel em: < http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1773&subject=E%20mais

&title=Pinus,%20madeira%20do%20presente%20e%20do%20futuro> Acesso em: 20 Junho 2015.

MARTINS, V. A. **Secagem de madeira serrada**. Brasília – DF, IBDF/DPq – LPF, 1988.

MOREIRA, W,S. Relações entre as relações físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira. Viçosa, 107 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, MG, 1999.

NUTTO, L.; et al; Comparação de Metodologia para Medição de Aneis de Crescimento de Mimosa scabrella e Pinus taeda. **SCIENTIA FORESTALIS**, Piracicaba, v.40 p. 135-144, 2012.

OLIVEIRA, F. G. R.; SALES, D. C. A., Ultrasonic Measurements In Brazilian Hardwood. **Materials Research**, v. 1, p. 51-55, 2002.

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; FILHO, M. T., Variação do Teor de Umidade e da Densidade Básica na Madeira de Sete Espécies de Eucalipto. Revista ÁRVORE, Viçosa – MG, v.29, 2005.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica damadeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **RevistaÁrvore**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 381-5, 2003.

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. de **Textbook of wood technology**. New York. Mc. Graw-hill. Company, 705p. 1980.

RALL, R. Influência das características dos anéis de crescimento na densidade, resistência e rigidez da madeira de *Pinus taeda*. Botucatu, Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual Paulista, SP, 2006.

ROCHA, J. S. D. P. E. V. C. M.; SIQUEIRA, M. L. Flexão Estática em amostras pequenas e livres de defeitos. **ACTA AMAZONICA**, p. 147-162, 1988.

REZENDE, M. A. Wood shrinkage of *Pinuscaribaea*var. hondurensis and *Eucalyptusgrandis*and their relationships with moisture content and specific gravity. **ScientiaForestalis**,Piracicaba, n. 64, p. 120-127, 2003.

REZENDE, M. A.; SAGLIETTI, J. R. C.; GUERRINI, I. A.; Estudo das Interrelações Entre Massa Específica, Retratibilidade e Umidade da Madeira do Pinus caribaea var. hondurensis aos 8 Anos de Idade. **IPEF** n.48/49, p.133-141, 1997.

SBS – SOCIEDADE BRASILEIRA DE SIVILCUTURA. **Fatos e Números do Brasil**. São Paulo – SP, 2008

SANTINI, E. J.; HASELEIN, C. R.; GATTO, D. A.; Análise Comparativa das Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira de três Coníferas de Florestas Plantadas. **Ciência Florestal,** Santa Maria – RS, v. 10, n 1, 2000.

SCANAVACA, L. J.; GARCIA, J. N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de Eucalyptus urophylla. **SCIENTIA FORESTALIS**, p. 220-229, 2004.

SOUZA, V. R.; CARPIM, M. A.; BARRICHELLO, L. E. G. Densidade básica entreprocedências, classes de diâmetros e posições em árvores de *Eucalyptusgrandis*e *E. salígna*.**IPEF**, Piracicaba, n. 33, p. 65-72, 1986.

TARGA, L. A.; BALLARIN, A. W.; BIAGGIONI, M. A. M. Avaliação do módulo de elasticidade da madeira com uso de método não-destrutivo de vibração transversal. **Engenharia Agrícola**, p. Vol.25 no.2, 2005.