



## Agrupamento da qualidade de duas espécies arbóreas amazônicas por método de ondas de tensão

Jackeline Nascimento de LIRA<sup>1\*</sup>, Joaquim dos SANTOS<sup>2</sup>, Claudete Catanhede do NASCIMENTO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas, Brasil.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas, Brasil.

\* E-mail: jackelinelira@hotmail.com

Recebido em novembro/2016; Aceito em fevereiro/2017.

**RESUMO:** A otimização do potencial da floresta por meio de ferramentas tecnológicas no manejo florestal, como o método não destrutivo, poderá auxiliar nos processos de tomada de decisão das empresas, no seu emprego com espécies amazônicas em face de sua diversidade. O objetivo deste trabalho foi analisar agrupamento da qualidade de duas espécies arbóreas amazônicas por método de ondas de tensão. A avaliação não destrutiva decorreu na emissão de ondas de tensão com o equipamento *Stress Waver Timer* em árvores de *Goupia glabra* e *Ocotea neesiana* nos sentidos longitudinal, diagonal e transversal. Foi calculada a velocidade da onda e o módulo de elasticidade dinâmico (MOEd). Foi analisado o estado físico das toras para verificar a fitossanidade e foram retirados discos para determinar a densidade básica. Foram realizadas a análise descritiva da velocidade e MOEd, a ANOVA do MOEd em função dos sentidos de leitura, teste Tukey e o agrupamento dos indivíduos ocos e não ocos. O sentido transversal foi o que mais se diferenciou do longitudinal e diagonal. A técnica de emissão de ondas possibilitou o agrupamento dos indivíduos ocos e não ocos que poderão ser utilizados pela empresa de manejo florestal para decisões de corte.

**Palavras-chave:** *Stress Wave Timer*, módulo de elasticidade dinâmico, ocosidade.

### Quality grouping of two amazonian tree species by stress waves method

**ABSTRACT:** The optimization of forest potential through technological tools in forest management, such as the non-destructive method, may help in the decision-making processes of the companies, in their use with Amazonian species due to their diversity. The aim of this work was to analyze the quality grouping of two Amazonian tree species by stress wave method. The non-destructive evaluation was carried out in the emission of stress waves with the *Stress Waver Timer* equipment in *Goupia glabra* and *Ocotea neesiana* trees in longitudinal, diagonal and transverse directions. The wave velocity and dynamic modulus of elasticity (DME) were calculated. The physical state of the logs was analyzed to verify the phytosanity and wood discs were removed to determine the basic density. The descriptive analysis of the velocity and DME, the ANOVA of the DME in function of reading senses, Tukey test and the grouping of the hollow and non-hollow individuals were performed. The transversal direction was the one that most differentiated from the longitudinal and diagonal. The wave emission technique allowed the grouping of hollow and non-hollow individuals that may be used by the forest management company for cutting decisions.

**Keywords:** Stress Wave Time, dynamic modulus elasticity, hollow.

## 1. INTRODUÇÃO

No Amazonas, apenas 30% da tora em madeira é aproveitada no processo de desdobro nas serrarias, sendo importante aumentar essa taxa de conversão para melhor aproveitamento da tora e diminuição do desperdício. O restante desse percentual é descartado na forma de cascas, costaneiras, parte do tronco com ocosidade, aparas, serragem, sobra de desdobro e destopo e alburno. Este desperdício está associado às seguintes razões: utilização de equipamentos obsoletos, falta de mão-de-obra qualificada, layout precário das serrarias, falta de planejamento, falta de informação tecnológica das espécies não comerciais aumentando a pressão de exploração sobre as mais conhecidas com alto valor comercial (CLEMENTE; HIGUCHI, 2006).

A tecnologia da madeira pode ser um integrante em solução para melhorar esta taxa de conversão, pois para uma região que possui um potencial estimado de 4,5 bilhões de m<sup>3</sup> de madeira em tora (MERRY et al., 2009), aumentar o aproveitamento pode ser determinante na viabilização do manejo florestal sustentável. No entanto, existe a falta de tecnologia mais efetiva da matéria-prima para melhor produtividade e, assim, diminuir desperdícios em operações florestais e serrarias na Amazônia (SABOGAL et al., 2009).

É necessário fortalecer esse segmento para maior competitividade no mercado, pois em termos de madeira, o Amazonas pode promover o atendimento da demanda dos países consumidores e riqueza para os países produtores (LIMA; SANTOS; HIGUCHI, 2005).

Na exploração florestal, a qualidade da árvore a ser cortada é realizada pelo teste do oco, sendo um processo que requer tempo e experiência do motosserrista, além de não obter uma reposta segura e eficaz da qualidade, influenciando o rendimento no processo de desdobro das toras em serrarias. Madeiras ocas são descartadas devido ao comprometimento das propriedades físico-mecânicas da matéria-prima, influenciando na qualidade e no rendimento devido ao baixo aproveitamento e a falta de aplicação de tecnologia para obter a qualidade prévia das árvores que são exploradas (ULIANA, 2010).

Um eficiente manejo florestal e de operações de industrialização da madeira requerem obter maior volume de material útil da tora para convertê-la em produtos, porém, são afetados pela qualidade das toras que podem ajudar ou prejudicar o rendimento em madeira serrada (MARCHESAN, 2012). Por isso, é necessário obter a qualidade de árvores para melhor aproveitamento da matéria-prima, podendo ser adquirida por meio de teste não destrutivo que é um dos grandes avanços na caracterização de materiais.

Os testes não destrutivos usam alguma forma de propagação de energia através ou em volta de um material e para obter características importantes do material examinado por meio de vários aparelhos e o tipo da grã, falhas, rachaduras, nó e outros elementos podem influenciar na onda emitida (DEL MENEZZI; SILVEIRA; SOUZA, 2010).

Entre as diversas tecnologias não destrutivas para realizar os ensaios, tem-se a emissão de ondas de tensão por meio do aparelho *Stress Waver Timer*, o qual classifica a madeira por meio da estimativa do módulo de elasticidade dinâmico que fornece a resistência mecânica, caracterizando-os em classes de qualidade por categoria de resistência a partir das ondas aplicadas (IWAKIRI, 2013). Este procedimento pode ser usado pela empresa para obter a qualidade interna da árvore e tomar decisões de corte.

A determinação da qualidade de árvore em pé por meio da caracterização tecnológica a partir da aplicação de emissão de ondas de tensão poderá auxiliar nas tomadas de decisões de corte da empresa, podendo gerar conhecimento prévio do estado interno dos indivíduos em área de manejo florestal, influenciando no aumento do rendimento.

Diante disso, este estudo visa analisar agrupamento da qualidade de duas espécies arbóreas amazônicas por método de ondas de tensão em processos pré-exploratórios em uma área de manejo florestal em Itapiranga, Amazonas, Brasil. Para atingir esse objetivo, foi analisada a variação da propriedade de resistência, sendo este o módulo de elasticidade dinâmico, nos sentidos de leituras no transversal, longitudinal e diagonal com aparelho *Stress Wave Timer* para agrupar os indivíduos ocos e não ocos e obter a qualidade.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Coleta de dados e amostragem das espécies

A pesquisa foi desenvolvida em unidade de produção anual (UPA) na área de manejo florestal da empresa Mil Madeiras Preciosas Ltda (Precious Woods Amazon – PWA) em Itapiranga, Amazonas, Brasil. A sede da empresa certificada pelo FSC (*Forest Stewardship Council*) está localizada a 45 km do município de Itacoatiara com as coordenadas 02°30'S 59°00'W e 03°00'S e 58°30'W e faz divisa com os municípios de Itacoatiara, Silves e Itapiranga.

Foram avaliadas duas espécies comerciais, sendo 4 indivíduos de cupiuba (*Goupia glabra* Aubl.) e 5 indivíduos de louro-preto (*Ocotea neesiana*) e mensurado o DAP (diâmetro à altura do peito)  $\geq 50$  cm com auxílio de trena.

### 2.2. Avaliação não destrutiva

De cada árvore selecionada foram retiradas cascas do tronco com dimensões 3 x 3 cm para alocar o sensor a 1,30 m do solo para o teste no sentido diagonal, longitudinal e sentido transversal (ou radial). Com o equipamento *Stress Wave Timer*, foram realizadas 5 leituras de propagação da onda emitida a partir do impacto do martelo no fuste e recebida pelo sensor na outra extremidade que envia o tempo de propagação da onda para o receptor em microssegundos. Com o registro do tempo de detecção de onda, foi calculada a velocidade de propagação da onda ( $v$ ) e o módulo de elasticidade dinâmico (MOEd) segundo as Eqs. 1 e 2.

$$v = \frac{L}{T} \quad (1)$$

$$\text{MOEd} = v^2 \times \frac{DB}{g} \quad (2)$$

em que:  $v$  = velocidade de propagação da onda ( $\text{cm s}^{-1}$ ),  $L$  = distância percorrida pela onda (m),  $T$  = tempo de propagação da onda (microssegundos  $\times 10^{-6}$ ), MOEd = módulo de elasticidade dinâmico ( $\text{kgf cm}^{-2}$ ),  $DB$  = densidade ( $\text{g cm}^{-3}$ ),  $g$  = aceleração da gravidade ( $980,4 \text{ cm s}^{-1}$ ).

### 2.3. Análise visual

Após o corte das árvores selecionadas, constataram-se indivíduos que apresentaram cerne e alborno distintos de *Goupia glabra* e indistintos de *Ocotea neesiana*. Foi verificado que determinadas toras possuía ocosidade nas suas extremidades. Foi efetuado o corte de discos de cada indivíduo e os mesmos foram acondicionados em saco de ráfia, para posterior determinação da densidade básica. Os resultados obtidos da existência de oco pela análise visual foram comparados com os valores obtidos no método não destrutivo, para verificar se a ocosidade interferiu na propagação de ondas da árvore em pé.

### 2.4. Determinação da densidade básica

Foi determinada a densidade básica pelo método de deslocamento de líquido com imersão em água com o corpo-de-prova fixado em um suporte. Em seguida, foi feita a secagem dos corpos de prova na estufa em temperatura a  $\pm 105$  °C até atingirem peso constante para obter o peso seco. Com o peso seco e o volume verde foi calculada a densidade básica de acordo com a Eq. 3:

$$DB = \frac{P}{V} \quad (3)$$

em que:  $DB$  = densidade básica ( $\text{g cm}^{-3}$ ),  $P$  = peso seco,  $V$  = volume verde.

### 2.5. Análise dos dados

Os testes foram realizados no *Software R* (R Core Team, 2015). Foi realizada estatística descritiva da velocidade de

propagação da onda ( $v$ ) e módulo de elasticidade dinâmico (MOEd). A análise de variância ANOVA tendo os sentidos como tratamentos com a propriedade MOEd para cada espécie com significância ( $p < 0,05$ ) e aplicado o teste de *Tukey*.

Com a detecção do oco por meio da análise visual, foi estudado o comportamento por indivíduos ocos e não ocos para verificar possível formação de grupos considerando a velocidade e o MOEd com os 3 sentidos de leitura com a aplicação da PCA (Análise de Componentes Principais) com a finalidade de agrupamento a partir da velocidade e MOEd

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, observa-se maiores variações das médias da velocidade da onda ( $v$ ) e módulo de elasticidade dinâmico (MOEd) entre as espécies dos sentidos diagonal e longitudinal em relação ao transversal. Dessa forma, a leitura transversal proporcionou característica ideal para a realização das leituras de propagação da onda devido às menores variabilidades das médias das duas espécies.

Por meio da ANOVA do MOEd com os sentidos de leitura de propagação da onda (Figura 2) foi verificado que o sentido transversal diferenciou-se das leituras diagonal e transversal de *Ocotea neesiana*.

A PCA foi realizada para cada espécie e cada ponto significa um indivíduo, os mesmos indivíduos constam para cada leitura. Este teste realiza um ordenamento e reduz a dimensionalidade de dado (GOTELII; ELLISON, 2011). Os indivíduos mais distantes do eixo zero estão mais dispersos e contribuem mais na variação enquanto que os indivíduos mais próximos um do outro formando agrupamentos estão mais relacionados (SHIMOYAMA, 2005).

Os resultados para *Goupia glabra* indicaram que o único indivíduo oco e os 3 indivíduos não ocos se mantiveram dispersos entre si não havendo agrupamentos, tanto no longitudinal quanto no diagonal (Figura 3).

No sentido transversal ocorreu a separação do único indivíduo oco em relação aos demais, estando alocados em quadrantes diferentes, promovendo um agrupamento dos indivíduos ocos em detrimento do único indivíduo não oco.

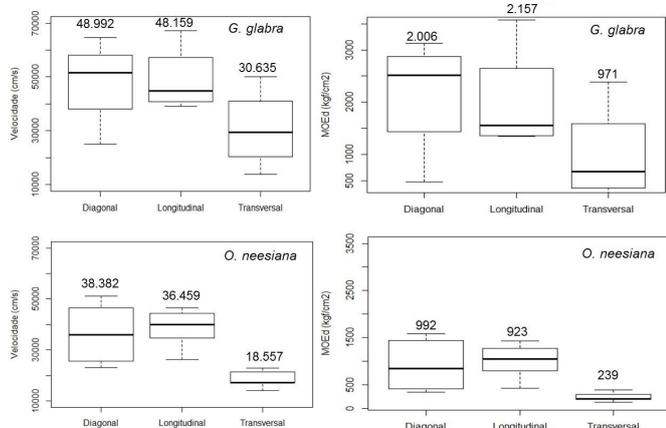
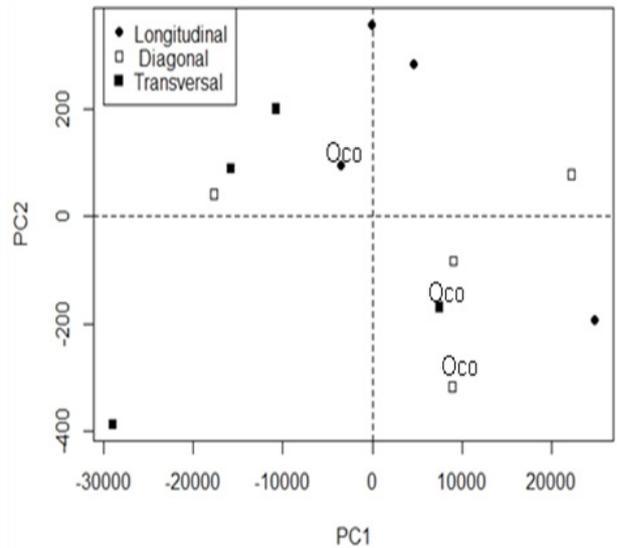


Figura 1. Variações das médias dos sentidos de leitura diagonal, longitudinal e transversal da velocidade e MOEd de *Goupia glabra* e *Ocotea neesiana*.

Figure 1. Variations of the means of the diagonal, longitudinal and transverse reading directions of velocity and DME of *Goupia glabra* and *Ocotea neesiana*.



Em que: Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste de *Tukey*.

Figura 2. Representação do MOEd em função dos sentidos com valor de “p” e teste *Tukey* para *Goupia glabra* e *Ocotea neesiana*.

Figure 2. Representation of DME in function of the directions with “p” value and *Tukey* test for *Goupia glabra* and *Ocotea neesiana*.

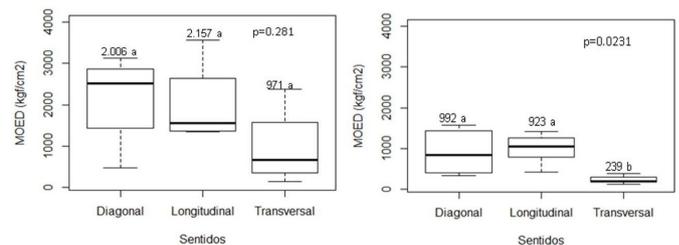


Figura 3. Agrupamento dos indivíduos com oco e não oco a partir do MOEd nos sentidos longitudinal, diagonal e transversal de *Goupia glabra*.

Figure 3. Grouping of individuals with hollow and not hollow from the DME in the longitudinal, diagonal and transverse directions of *Goupia glabra*.

Na Figura 4, observa-se que os indivíduos da *Ocotea*

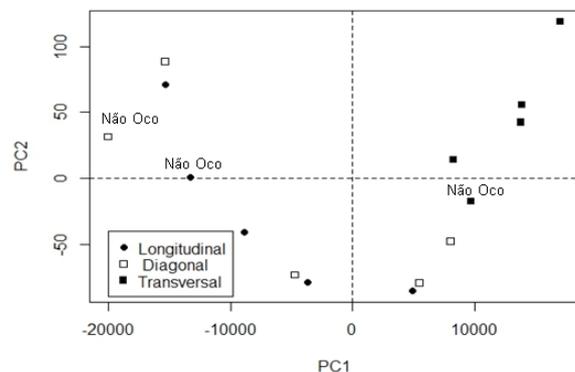


Figura 4. Agrupamento dos indivíduos com oco e não oco a partir do MOEd nos sentidos longitudinal, diagonal e transversal de *Ocotea neesiana*.

Figure 4. Grouping of individuals with hollow and not hollow from the DME in the longitudinal, diagonal and transverse directions of *Ocotea neesiana*.

*neesiana* dos sentidos diagonal e longitudinal também ficaram dispersos e o transversal se diferenciou agrupando os 4 indivíduos ocos do único não oco, evidenciando que as leituras do sentido transversal proporcionaram melhores respostas e, conseqüentemente, a formação de agrupamentos. Assim, foram constatados que a aplicação da PCA permitiu o agrupamento dos indivíduos ocos e não ocos.

#### 4. DISCUSSÃO

De forma geral, detectou-se que quanto maior a velocidade maior é o MOEd para *Goupia glabra* e menor a velocidade menor é o MOEd para *Ocotea neesiana*. As variabilidades encontradas provavelmente podem estar relacionadas a fatores como presença de oco, material de cerne e albúrnio indistintos ou não, sendo regiões diferentes em sua complexidade anatômica e anatomia.

As variações encontradas das médias dos sentidos de leitura diagonal, longitudinal e transversal (Figura 1) são menores ao obtido por Shimoyama (2005) que encontrou valor médio do MOEd variando de 11.372 a 16.274 kgf cm<sup>-2</sup> em testes com árvore em pé de *Pinus taeda* com o uso de emissão de ondas de tensão.

Em uma pesquisa com 11 espécies de madeiras da Amazônia por meio de emissão ondas de tensão, foi constatado que somente a velocidade não é capaz de estimar o estado de sanidade de árvores em pé na floresta. Foi explicado que outras pesquisas sejam desenvolvidas para o ajuste deste método em árvores em pé, com a formação de grupos de espécies para que se possa determinar o comportamento da velocidade de propagação de ondas no interior do lenho da árvore (MEDEIROS, 2013).

Após o corte das árvores selecionadas, foi determinada a densidade básica, o qual se obteve variação média de 0,78 a 0,62 g cm<sup>-3</sup> para *Goupia glabra* e *Ocotea neesiana* respectivamente. Madeiras que apresentam alta massa específica geralmente possuem maiores velocidades (BUCUR, 2006). Por outro lado, a densidade pode não influenciar de forma expressiva a velocidade. Para Iwakiri et al. (2013), a existência de outro fator que pode afetar a velocidade, como a orientação dos elementos celulares e ocorrência de pequenos nós que desviam a passagem da onda e aumentam o tempo de propagação, afetando em maior magnitude.

Na etapa de identificação visual do estado físico das toras da espécie *Goupia glabra* que contém cerne e albúrnio distintos, foi observado que do total de 4 indivíduos, somente 1 estava com oco de menor abrangência na madeira, por isso todas as árvores desta espécie não foram rejeitadas pela empresa após exploração.

Da espécie *Ocotea neesiana*, que apresenta cerne e albúrnio indistintos, apenas 1 árvore não continha oco, as demais possuíam ocosidade em diferentes estágios, dentre eles 3 foram rejeitadas após o corte pela empresa devido ao comprometimento da matéria-prima e 1 indivíduo apresentou apenas uma faixa estreita de oco do cerne a casca, sendo aceito após exploração.

Determinados ocos não desqualificam as toras para o desdobro em serraria, levando-se em consideração a decisão de corte ou não pela empresa. Além disso, os indivíduos rejeitados para o corte poderão desempenhar o papel de conservação cumprindo sua função ecológica. Danielli (2013) realizou um estudo sobre modelagem do rendimento no desdobro de toras

de *Manilkara* spp. (Maçaranduba) e constatou que não houve diferenças estatísticas entre as toras ocadas e não-ocadas, pois a maioria das toras não-ocadas não pôde ser aproveitada no processo de desdobro devido a trincas e rachaduras presentes e explica que a tomada de decisão quanto ao aproveitamento de árvores ocadas deve considerar os aspectos ecológicos e econômicos envolvidos.

Para *Goupia glabra*, não havia a existência do oco na maioria dos indivíduos, além de possuir maior densidade básica, elevando assim a velocidade e o MOEd e, conseqüentemente, diminuindo o tempo de propagação da na madeira. A onda percorre mais rapidamente e atravessa o material na sua porção de mais alta qualidade.

Menor a velocidade e menor o MOEd verificado para *Ocotea neesiana* foi em decorrência da ocosidade presente nos indivíduos, o que contribuiu em maior tempo para a onda se propagar na madeira desviando dessas áreas. Para a *O. neesiana* o sentido transversal foi sensível nessa detecção devido à ocosidade existentes na maioria dos indivíduos, diferentemente de *Goupia glabra* que conteve mais árvores sadias (Figura 2). A ocosidade na madeira ocasiona menor resistência da parte atacada, além de promover áreas descontínuas nos lenhos das árvores, afetando a resistência mecânica por haver a biodeterioração (CORASSA et al., 2014).

A ocosidade ocasiona maior tempo de propagação da onda, conseqüentemente, menor será a velocidade e o MOEd. Trabalhos desenvolvidos com o método não destrutivo não tiveram esse enfoque, apenas relatam descontinuidades como nós na madeira. Em um estudo desenvolvido por Cruz et al. (2009), foi verificado que a velocidade de propagação das ondas de tensão na madeira variou em função da área de nós nas tábuas, da densidade da madeira e da orientação anatômica das tábuas. Foi constatado em outro trabalho que os nós, caracterizados por áreas descontínuas, aumentaram o tempo e reduziram a velocidade das ondas, conforme explica Shimoyama (2005).

O conhecimento da presença de ocosidade pode representar os parâmetros que a empresa poderá possuir em relação à variabilidade de qualidade das espécies a serem exploradas, sendo importante a realização de um inventário de qualidade tecnológico por método não destrutivo para poder selecionar e classificar quanto à qualidade interna de árvores em pé considerando o MOEd, uma vez que esta propriedade é um ótimo estimador das propriedades de flexão estática de madeiras tropicais (DEL MENEZZI; SILVEIRA; SOUZA, 2010).

Estudos têm demonstrado que as ondas de tensão são bons estimadores da rigidez da madeira, conforme evidenciado por Teles et al. (2011), que realizou dois técnicas não destrutivas de ondas de tensão e vibração transversal e flexão estática (método destrutivo) com peças de madeira de louro-vermelho (*Sextonia rubra*). Concluíram que as três avaliações estudadas são adequadas para se estimar a resistência da madeira amazônica. Seguindo a linha de pesquisa, Del Menezzi, Silveira e Souza (2010) usaram o aparelho *Strees Wave Timer* para estimar as propriedades de flexão estática de seis espécies de madeiras amazônicas. Os modelos de regressão obtidos foram altamente significativos para a predição dessa propriedade, com correlação de 0,954 entre MOE (módulo de elasticidade), sendo este destrutivo e MOEd ( não destrutivo).

Assim, poder-se-á ter um conhecimento prévio da qualidade das espécies que foram selecionadas para exploração, em que pode influenciar no aproveitamento e rendimento da matéria-prima, verificando se existe a necessidade de corte da árvore a ser explorada, dependendo das tomadas de decisões da empresa.

Esses fatores podem prover critérios e métodos confiáveis que possam fornecer informações mais precisas sobre o estado dos indivíduos avaliados (ROLO et al., 2013). A obtenção da variabilidade *in loco* nas avaliações na floresta do tempo de propagação da onda já pode fornecer um indicativo de comprometimento da sanidade (oco e não oco) da árvore quando comparada com outras da mesma espécie e tendo como resultado de comprovação do estado interno a obtenção do MOEd, o que poderá facilitar o rastreamento de forma individual de cada árvore.

Foi possível caracterizar para as duas espécies pelo método não destrutivo de emissão de ondas de tensão, evidenciando a avaliação na árvore em pé com suas características encontradas como ocosidade, regiões de cerne e alburno distintos e não distintos com densidade básica média e alta.

#### 4. CONCLUSÕES

A técnica de emissão de ondas de tensão foi sensível ao detectar diferenças entre as espécies na qualidade da madeira com oco e sem oco na árvore em pé e possibilitou a detecção em agrupamentos dos indivíduos ocos e não ocos a partir do MOEd que poderão ser utilizados pela empresa para tomadas de decisões;

É necessário o desenvolvimento de pesquisas com maior variabilidade de espécies considerando densidade e sanidade (oco e não oco).

#### 5. REFERÊNCIAS

- BUCUR, V. Environment modifiers of Wood structural parameters detected with ultrasonic waves. **Acoustics of Wood**. 2.ed. Berlin: Springer- Verlag, p. 242-270, 2006.
- CLEMENTE, C. R.; HIGUCHI, N. A floresta amazônica e o futuro do Brasil. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 58, n. 3, 2006.
- CORASSA, J. N.; PIRES, E. M.; NETO, V. R. A.; TARIQA, T. C. Térmitas associados à degradação de cinco espécies florestais em campo de apodrecimento. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n. 1, p 78-84, 2014. <http://dx.doi.org/10.4322/loram.2014.014>.
- CRUZ, C. R.; MUNIZ, G. I. B.; LIMA, J. T.; FERREIRA, D. F. Application of stress waves to estimate moisture content in *Eucalyptus* wood. **Cerne**, Viçosa, v. 15, n. 4, p. 430-438, 2009.
- DANIELLI, F. E. **Modelagem do rendimento no desdobro de toras de *Manilkara* spp. (sapotaceae) em serraria na nova fronteira madeireira do estado de Roraima, Brasil**. 2013. 82 p. Dissertação (Mestre em Ciências de Florestas Tropicais) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, Manaus, Amazonas.
- DEL MENEZZI, C. H. S.; SILVEIRA, R. R.; SOUZA, M. R. Estimativa das propriedades de flexão estática de seis espécies de madeiras amazônicas por meio da técnica não-destrutiva de ondas de tensão. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 40, n. 2, p 325-332, 2010. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672010000200011>
- GOTELI, N. J.; ELLISON, A. M. **Princípios de estatística em ecologia**. Porto Alegre: Artmed, 2011. 528 p.
- IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M.; TRIANOSKI, R.; Prata, J. G.; ROCHA, V. Y.; IWAKIRI, V. T. Estimativa do módulo de elasticidade dinâmico nas diferentes posições do tronco das árvores de *Tectona grandis* utilizando método de ondas acústicas. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 100, p. 523-532, 2013.
- LIMA, J. R. A.; SANTOS, J.; HIGUCHI, N. Situação das indústrias madeireiras do estado do Amazonas em 2000. **Acta amazônica**, Manaus, v. 35, n. 2, p. 125 – 132. 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0044-59672005000200003>
- MARCHESAN, R. **Rendimento e qualidade de madeira serrada de três espécies tropicais**. Curitiba: 2012. 94 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.
- MEDEIROS, R. G. **Avaliação do rendimento da madeira de árvores de floresta em pé por meio de metodologia não destrutiva**. Manaus: 2013. 103 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, Amazonas.
- MERRY, F.; FILHO, B. S.; NEPSTAD, D.; AMACHER, G.; RODRIGUES, H. Balancing Conservation and Economic Sustainability: The Future of the Amazon Timber Industry. **Environmental Management**, n. 44, p. 395-40, 2009. <http://dx.doi.org/10.1007/s00267-009-9337-1>
- ROLLO, F. M. A.; JUNIOR, M. A. S.; VIANA, S. M.; ROLLO, L. C. P.; COUTO, H. T. Z.; SILVA FILHO, D. F. Comparação entre leituras de resistógrafo e imagens tomográficas na avaliação interna de troncos de árvores. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 2, p. 331-337, 2013. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-77602013000200018>
- SABOGAL, C.; POKORNY, B.; SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. O. O.; ZWEEDE, J.; PUERTA, R. **Diretrizes técnicas de manejo para produção madeireira mecanizada e florestas de terra firme na Amazônia Brasileira**. Belém, Pará: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. 217 p.
- SHIMOYAMA, V. R. S. **Estimativas de propriedades da madeira de *Pinus taeda* através do método não destrutivo emissão de ondas de tensão, visando a geração de produtos de alto valor agregado**. Curitiba: 2005. 151 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná.
- TELES, R. F.; DEL MENEZZI, C. S.; SOUZA, F.; SOUZA, M. R. Nondestructive evaluation of a tropical hardwood: interrelationship between methods and physical-acoustical variables. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 2, n. 1, p. 1-14, 2011.
- ULIANA, L. R. **Aplicação da tomografia de impulso na avaliação da qualidade de árvores de maçaranduba, *Manilkara huberi* (Ducke) Chevalier**. 2010. 157p. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo Piracicaba, São Paulo.