

Estimativa da densidade da madeira em árvores vivas
de *Cedrela fissilis* Vell. através de resistografiaEstimation of wood density in living trees of
Cedrela fissilis Vell. through resistographic analysisCarlos Eduardo Silveira da Silva¹, Carolina Nogueira Xavier²,
Pablo Vieira dos Santos³, Alexandre Monteiro de Carvalho⁴,
João Vicente de Figueiredo Latorraca⁴ e Pedro Henrique Santin Brancalion⁵**Resumo**

A restauração florestal visa propiciar condições para o restabelecimento dos atributos do ecossistema, dentre elas as espécies florestais. Neste sentido novas metodologias são utilizadas para verificar o desenvolvimento e as características dos indivíduos sem a necessidade da sua derrubada. A resistografia é uma técnica não destrutiva, aplicada na árvore viva e visa descrever o perfil de variação radial de características da madeira. Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a densidade da madeira de *Cedrela fissilis* Vell. (cedro rosa) através da técnica da resistografia e correlacionar os valores obtidos com os dados de densidade básica, gerados através do método gravimétrico, buscando-se assim, avaliar e comprovar a eficiência do método não destrutivo e seu potencial para gerar informações sobre a fitossanidade, a densidade da madeira e usos possíveis para a espécie. Foram realizados os testes em 24 árvores de *Cedrela fissilis* Vell. implantadas em uma área de restauração florestal, sendo estas divididas em três classes diamétricas. A análise gravimétrica da densidade básica nas três classes diamétricas não apresentou diferença estatística significativa ao nível de 5%. Os resultados da avaliação resistográfica demonstraram diferença entre as classes diamétricas ($r=0,709$). Quando correlacionados, os valores de densidade básica e da amplitude resistográfica apresentaram uma correlação significativa ($r=0,549$), comprovando a eficiência da metodologia não destrutiva para determinação da densidade da madeira de árvores vivas de cedro rosa.

Palavras-chave: cedro-rosa, amostragem não destrutiva, madeira de espécies nativas.

Abstract

Forest restoration aims at providing conditions for the restoration of the ecosystem, also the forest species. In this regard new methodologies are used to monitor the development and characteristics of individuals without cutting of trees. The resistographic analysis is a technique which aims to describe the profile of the radial variation of timber. The objective of this study was to evaluate the density of *Cedrela fissilis* Vell. wood (cedro rosa) through the resistographic technique and to correlate it with the basic density data generated by the gravimetric method, seeking thus to evaluate and prove the efficiency of non-destructive method and its potential to generate information on plant health, wood density of and possible uses of the species. The tests were performed on 24 trees of *Cedrela fissilis* Vell. in a restoration forest area, which were divided into three diameter classes. The gravimetric density analysis in the three diameter classes showed no statistically significant difference at 5%. The results of the assessment demonstrated difference between the diametrical classes and the resistographic amplitude ($r=0,709$). When correlated, tests showed a significant correlation ($r=0,549$), confirming the efficiency of this nondestructive method to determine the density of the wood of living trees of cedro rosa.

Keywords: cedro rosa, non-destructive sampling, wood from native species.

¹Doutorando em Ciências Ambientais e Florestais. UFRRJ – Universidade Estadual Rural do Rio de Janeiro/ Instituto de Florestas. BR - 465 Km 07 - 23835180 - Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: c.eduardo_silveira@yahoo.com.br

²Doutoranda em Ciência e Tecnologia da Madeira. UFPA – Universidade Federal de Lavras / Departamento de Ciências Florestais. Caixa Postal 3037 – 37.200-000 – Lavras, MG, Brasil. E-mail: ncarolx@gmail.com

³Mestre em Ciências Ambientais e Florestais. UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro / Instituto de Florestas. BR - 465 Km 07 - 23835180 - Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: pabloufrrj@hotmail.com

⁴Professor Associado do Departamento de Produtos Florestais. UFRRJ - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro / Instituto de Florestas. BR - 465 Km 07 - 23835180 - Seropédica, RJ, Brasil. E-mail: amcarvalho.ufrrj@gmail.com; latorraca@hotmail.com

⁵Professor Doutor do Departamento de Ciências Florestais. USP – Universidade de São Paulo / ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Av. Pádua Dias, 11 – 13.418-900 – Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: pedrobrancalion@gmail.com

INTRODUÇÃO

Com a excessiva exploração dos recursos naturais e com a substituição gradativa da vegetação original, as práticas de restauração florestal têm aumentado, visando contribuir com a conservação da biodiversidade e aumentar a conectividade entre fragmentos degradados.

As florestas resultantes de restauração não se tornam idênticas às originais quanto à composição de espécies, sabe-se que não há duas áreas florestais de composição idêntica, pois o grau de semelhança florística varia mesmo entre áreas preservadas de uma mesma formação. Com a restauração, contudo, podem ser retomados muitos serviços ambientais e serem recuperados vários componentes da biodiversidade original (CHAZDON, 2008). O uso de somente espécies nativas (atualmente apenas recomendado pelo parágrafo único do artigo 19 da Lei 4771/1965) e, principalmente, a determinação de que o processo sucessional deve ser considerado na estratégia destes projetos é a forma mais segura de atender o conceito de restauração previsto na legislação (ESPINDOLA, 2005). Assim, confirma-se a ideia de Brancalion (2010) de que a diversidade biológica não é apenas variável-chave para a obtenção de florestas viáveis e que são naturalmente ricas em espécies, mas representa, também, alvo importante das próprias ações de restauração.

A espécie *Cedrela fissilis* Vell. é utilizada com frequência em projetos de recuperação florestal (DURIGAN, 2002) e fornece madeira de qualidade e com significativa importância econômica para o Brasil (XAVIER, 2003). Porém, devido à exploração extrativista ao longo do tempo, a espécie se encontra em extinção no ecossistema brasileiro (PAULILO et al., 2007), além de existir uma carência de informações sobre processos que viabilizem o seu plantio em programas de reconstituição e/ou plantios para fins comerciais (RAUBER, 2010).

Nos últimos anos, alguns projetos de caráter multidisciplinar têm buscado definir e avaliar espécies de potencial madeireiro, obtidas em áreas de restauração florestal, avaliando a qualidade de sua madeira e identificando usos adequados para sua comercialização (SILVA, 2013). Neste sentido, a utilização de ensaios que contemplam técnicas não destrutivas são ferramentas de extrema importância por permitir a avaliação da madeira das árvores sem a necessidade de abate e sem que se necessite a retirada de amostras que prejudiquem seu desenvolvimento. Muitas vezes as áreas de restauração florestal encontram-se em áreas de preservação permanente (APP's) ou de reservas legais (RL's) e demandam autorizações específicas para abate e/ou cortes de amostras dos troncos.

Uma das técnicas que tem se mostrado bastante promissora para estas avaliações não destrutivas é a resistografia. O resistógrafo é utilizado para descrever o perfil radial de variação de características da madeira relacionadas à dureza e densidade (GONÇALVES, 2009). De acordo com Gonçalves (2006), a correlação dos resultados obtidos pela resistografia, ou pela utilização do equipamento resistógrafo, com a densidade é muito complexa. A velocidade de penetração da haste (cm/min) varia com a resistência da madeira, o que depende diretamente da sua dureza e das tensões externas e internas da árvore. O resistógrafo é muito utilizado na avaliação do estado de sanidade de árvores em parques, jardins, ruas e avenidas; do estado de conservação de postes, pontes e monumentos históricos; e o mais importante, em análises de seleção genética, onde a densidade é a propriedade mais requisitada (GONÇALVES, 2006). Gonçalves (2009), que também avaliou metodologias não destrutivas, verificou em estudos de *Toona ciliata* (cedro-australiano), a eficiência do resistógrafo para a estimativa do modelo na obtenção de ganhos genéticos em relação à densidade básica.

O objetivo deste trabalho foi avaliar e correlacionar os valores de densidade obtidos através do método gravimétrico e da análise não destrutiva de resistografia, associando-os a qualidade da madeira e a sanidade dos indivíduos de *Cedrela fissilis* Vell. implantados visando à restauração florestal.

MATERIAL E MÉTODOS

Em um projeto de restauração florestal localizado no município de Descalvado, estado de São Paulo, foram sorteados 24 indivíduos de *Cedrela fissilis* Vell aos 14 anos e estes foram divididos, igualmente, em três classes de diâmetro descritas abaixo:

- Classe I) Indivíduos com diâmetro inferior a 10 cm;
- Classe II) Indivíduos com diâmetro igual a 10 cm e inferiores a 20 cm;
- Classe III) Indivíduos com diâmetro igual e superiores a 20 cm.

Definidas as classes diamétricas, através de sorteio, foram selecionados indivíduos um a um que se adequassem a uma das três classes, até compor os oitos integrantes de cada uma, para a realização da resistografia.

A análise realizada pelo resistógrafo avalia a resistência imposta pela madeira a uma haste de pequeno diâmetro que adentra o tronco a uma determinada velocidade de perfuração, gerando um gráfico da distância percorrida pela amplitude porcentual da resistência a ele imposta, sendo esta amplitude então, correlacionada com a densidade da madeira (HANSEN, 2000).

Na altura do diâmetro do peito (DAP), aproximadamente 1,30m da base da árvore, obedecendo às normas estabelecidas pelo manual de utilização do resistógrafo, ou seja, havendo cuidado para a execução da análise obedecer à posição de 90 graus do carregamento do equipamento foi realizada cada medição, de casca a casca, na orientação Norte-sul e Leste-oeste dos 24 indivíduos.

Também na altura do DAP, e em local do tronco bastante próximo da furação feita pelo resistógrafo, através da utilização de um trado (sonda de Pressler), foram coletadas baguetas, retiradas de casca a casca, de 12 mm de diâmetro dos 24 indivíduos de *Cedrela fissilis* Vell.

As baguetas foram imersas por cerca de 15 dias, em um recipiente com água a fim de atingirem a saturação e após este período foram novamente mensuradas e pesadas.

Através da análise de uma matriz de correlação entre os valores de densidade básica e de amplitude resistográfica (% de resistência à penetração), foram avaliados valores do coeficiente de Pearson (valores-p) a 5% de significância. Procurou-se verificar se a densidade básica da madeira obtida pelo método gravimétrico pode ser associada a valores de resistografia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados na Tabela 1 referem-se aos valores de densidade básica, obtidos e comparados pelo teste de Tukey de comparação de médias ao nível de 5% de significância. Os valores obtidos nas três classes diamétricas não apresentaram diferença estatística significativa ao nível de 5%. Os valores encontrados neste trabalho condizem com as pesquisas realizadas por Jankowsky et al. (1990), que apresentaram valores em torno de 440 kg.m⁻³ para a madeira do cedro rosa, confirmando a expectativa de uma madeira de boa trabalhabilidade, sendo uma espécie com densidade considerada leve a moderada.

Tabela 1. Análise da densidade básica e da amplitude resistográfica dos 24 indivíduos de *Cedrela fissilis* Vell. aos 14 anos de idade.

Table 1. Analysis of basic density and resistographic amplitude of 24 trees of *Cedrela fissilis* Vell. with 14 years old.

Classe	Intervalo diamétrico (cm)	Densidade básica (kg.m ⁻³)	Amplitude (%)
I	0 - 10	435,52 A	8,52 B
II	10 - 20	463,79 A	11,14 A
III	≥ 20	501,58 A	12,11 A
Média		466,96	10,59

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

Analisando os resultados pode-se notar a diferença na amplitude da resistografia por classes de diâmetro, a média da amplitude da classe de 0 a 10 cm de diâmetro diferiu estatisticamente, a um nível de significância de 5%, das demais classes. Foi observada correlação positiva e significativa ($r = 0,709$) entre a amplitude e o diâmetro a altura do peito (DAP), conforme Figura 1.

Esse incremento nos valores de densidade conforme o aumento dos diâmetros das árvores pode ser ocasionado pelo aquecimento da haste no lenho, gerado pelos resíduos da própria madeira no momento da inserção da ferramenta, assim como por tensões internas presentes nas árvores quando encontram-se vivas. Estes fatores acabam aumentando o torque no momento da mensuração, resultando em valores maiores a medida que a haste percorre maiores distâncias, representadas neste estudo pelo diâmetro a altura do peito (DAP).

Essa tendência de acréscimo da amplitude conforme o aumento da classe diamétrica também foi observado em estudo realizado por Pádua (2009) e Lima et al (2007) em *Eucalyptus sp.* De acordo com Oliveira (2011) a serragem gerada na inserção da haste no caule pode eventualmente prender-se na broca, aumentando dessa forma os valores de resistência que são registrados no equipamento.

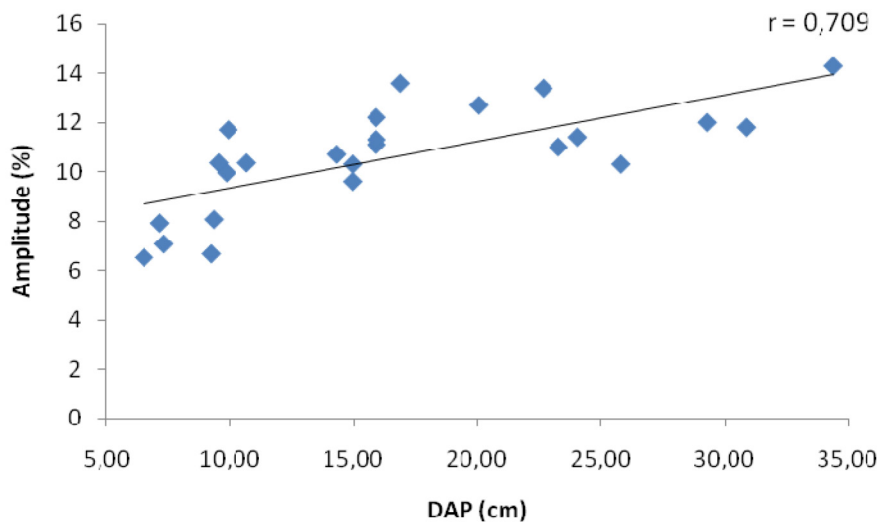


Figura 1. Coeficiente de correlação de Pearson e a distribuição entre a amplitude resistográfica e o diâmetro a altura do peito dos 24 indivíduos de *Cedrela fissilis* Vell.

Figure 1. Correlation according to Pearson and the distribution between resistographic amplitude and diameter at breast height of 24 individuals of *Cedrela fissilis* Vell.

A obstrução no canal formado pelo avanço da haste, provavelmente por substâncias presentes naturalmente na madeira, interfere nos resultados, sendo um fator impossível de ser controlado. Por isso, muitas vezes, há a dificuldade em se encontrar uma correlação geral entre amplitude e densidade da madeira (NUTTO, 2005).

A análise da densidade através da gravimetria não apresentou diferença estatística apesar de ter uma tendência de aumento da densidade pela classe diamétrica.

No que diz respeito à correlação das análises da densidade básica com a resistografia obteve-se o resultado apresentado na figura 02.

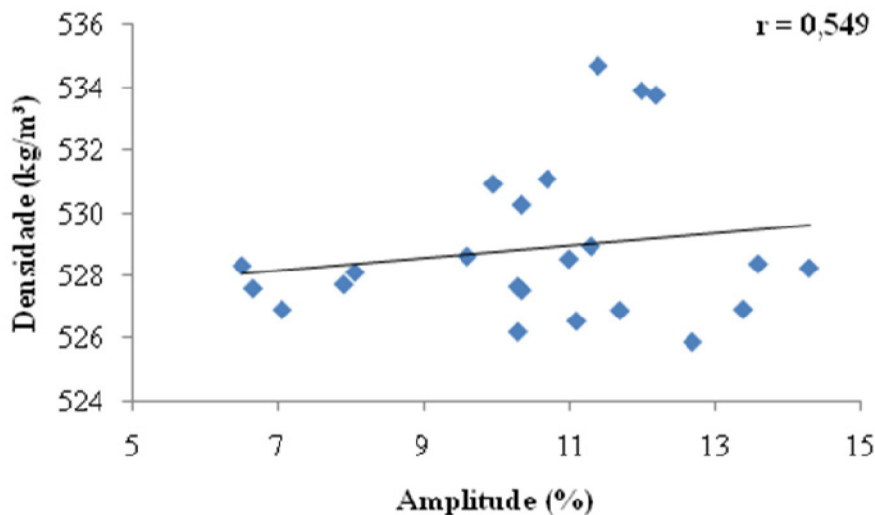


Figura 2. Distribuição dos valores de densidade básica e amplitude resistográfica e correlação segundo o coeficiente de Pearson.

Figure 2. Distribution of basic density values and resistographic amplitude and the correlation coefficient according to Pearson.

Verificou-se correlação significativa e positiva a 5% ($r = 0,549$) entre a densidade básica e a amplitude gerada pelo resistógrafo. No entanto, apesar de significativa a correlação foi considerada baixa, fato este explicado pelo aumento de torque devido ao aquecimento da haste, ao percorrer maiores distâncias e as tensões internas das árvores. Portanto, para obter valores mais próximos dos reais, sem superestimativas, sugere-se diminuir a distância de inserção da haste, podendo esta ser inserida até a medula, pois no presente trabalho a inserção foi realizada de casca a casca.

Adicionalmente, em relação à fitossanidade das árvores de *Cedrela fissilis* Vell. aos 14 anos de idade, não foi observado a presença de oco ou podridão em nenhum dos indivíduos avaliados.

O resistógrafo mostrou-se eficiente para a avaliação da fitossanidade das árvores analisadas. Percebeu-se que para avaliação da densidade é possível utilizar o resistógrafo, principalmente para classificação das árvores no campo para seleção genética, desde que seja diminuída a distância percorrida pela haste, aumentando-se dessa forma a correlação entre a amplitude e a densidade da madeira.

CONCLUSÕES

As árvores de *Cedrela fissilis* aos 14 anos de idade não apresentaram oco ou podridão, sendo a resistografia um método eficiente de avaliar a fitossanidade das árvores.

Obeve-se correlação positiva e significativa ($r = 0,709$) entre a amplitude e o diâmetro a altura do peito, que foi a distância percorrida pela haste.

A amplitude gerada pelo resistógrafo apresentou correlação positiva e significativa ($r = 0,549$) com a densidade básica da madeira.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) por auxílio financeiro por meio de Projeto Temático (Processo n. 2013/50718-5).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRANCALION, P.H.S.; RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S.; KAGEYAMA, P. Y.; NAVE, A. G.; GANDARA, F. B.; BARBOSA, L. M.; TABARELLI, M. Instrumentos legais podem contribuir para a restauração de florestas tropicais biodiversas. *Revista Árvore*, Viçosa, v.34, n.3, p.455-470, 2010.

CHAZDON, R. L. Beyond deforestation: Restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science*, Washington, v. 320, n. 5882, p. 1458–1460, 2008.

DURIGAN, G.; FIGLIOLIA, M. B.; KAWABATA, M.; GARRIDO, M.A. de O.; BAITELLO, J. B. *Sementes e mudas de árvores tropicais*. 2 ed. São Paulo: Páginas & Letras, 2002.

ESPINDOLA, M. B.; BECHARA, F. C.; BAZZO, M. S.; REIS, A. Recuperação ambiental e contaminação biológica: aspectos ecológicos e legais. *Revista Biotemas*, Florianópolis, v. 18, n. 1, p. 27 - 38, 2005.

GONÇALVES, S. F. B. *Ferramentas para a avaliação das propriedades da madeira em árvores vivas de *Toona ciliata* (Roemer) e aplicações no melhoramento genético*. 76 p. 2009. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

GONÇALVES, F. G. *Avaliação da qualidade da madeira de híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *grandis* para produtos sólidos*. 167 p. 2006. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2006.

HANSEN, C. P. Application of the pilodyn in Forest tree improvement. DFSC –Danida Forest seed Centre, Denmark. *Series of Technical Notes*, n. 55, 2000.

JANKOWSKY, I. P.; CHIMELO, J. P.; CAVANCANTE, A. A.; GALINA, I. C. M.; NAGAMURA, J. C. S. *Madeiras brasileiras*. Caxias do Sul: Spectrum, 1990. 172 p.

LIMA, J. T.; SARTÓRIO, R. C.; TRUGILHO, P. F.; CRUZ, C. R.; VIEIRA, R. S. Uso do resistógrafo para estimar a densidade básica e a resistência à perfuração da madeira de *Eucalyptus*. *Scientia Forestalis*. Piracicaba, n. 75, p. 85-93. 2007.

NUTTO, L. Comunicação pessoal. Pesquisador do Institut für Forstbenutzung und Forstliche Arbeitswissenschaft, Universidade de Freiburg, Alemanha. 2005. In: GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J.T.S.; TOMAZELLO FILHO, M.; REZENDE, G.D.S.P. Estimativa da Densidade básica da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* por método não destrutivo. **Revista Cerne**, Lavras, v. 13, Suplemento, p. 119-128, 2007.

OLIVEIRA, A. C. **Amostragem não destrutiva e qualidade da madeira em clones de *Eucalyptus* spp.** 2011. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

PÁDUA, F. A., **Amostragem para avaliação da densidade básica da madeira de um híbrido de *Eucalyptus grandis* W.Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake.** 2009. 87 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2009.

PAULILO, M. T. S.; DUZ S. R.; SIMINSKI, A.; SANTOS, M. Responses to light changes in tropical seedlings of the Brazilian Atlantic rainforest tree species *Cecropia glaziovii* (Cecropiaceae) and *Cedrela fissilis* (Meliaceae). **Australian Journal of Botany**, Queensland, v.55, n. 8, p. 795–802, 2007.

RAUBER, R. C. **Dendroecologia de *Cedrela fissilis* Vell. (Meliaceae) em um ecótono de florestas subtropicais montanas no Brasil.** 80 p. 2010. Dissertação (Programa de Pós-graduação em Ecologia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

SILVA, C. C. **Potencial de espécies nativas para a produção de madeira serrada em plantios de restauração florestal.** 101 p. 2013. Dissertação (Programa de Recursos florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

XAVIER, A.; SANTOS, G. A. S.; OLIVEIRA, M. L. Enraizamento de Miniestaca Caulinar e Foliar na Propagação Vegetativa de Cedro-rosa (*Cedrela fissilis* Vell.). **Revista Árvore**, Viçosa, v.27, n.3, p.351-356, 2003.

Recebido em 05/05/2016

Aceito para publicação em 28/09/2016