

Avaliação não destrutiva da fitossanidade do tronco de árvores urbanas

Glacyianne Christine Vieira dos Santos^{1*} João Vicente de Figueiredo Latorraca^{1**} Poliane Pe-reira de Souza¹ Fábio Henrique Della Justina do Carmo¹ Bianca Cerqueira Martins¹ Thayanne Caroline Castor Neto¹

¹ Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Autores para correspondência: *annechristine.santos@hotmail.com;

**latorraca@hotmail.com

Resumo: As técnicas de avaliação não destrutiva da madeira apresentam potencial de aplicação para a análise de risco em ambientes urbanos. A tomografia de impulso permite a avaliação da estrutura interna de árvores vivas por meio da passagem de ondas mecânicas através da seção transversal destas. Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar a fitossanidade de árvores de ingá-mirim, presentes em ambiente urbano, utilizando a tomografia de impulso. Foram estabelecidas classificações de risco com base na porcentagem de lenho caracterizado por baixas, médias e altas velocidades de propagação das ondas mecânicas, obtidas a partir de tomogramas. Aproximadamente, 67% das árvores avaliadas apresentaram níveis de risco de acidentes entre médio e alto. A utilização do tomógrafo de impulso possibilitou a identificação de variações na propagação de ondas mecânicas ao longo da seção transversal das árvores, indicando a presença de regiões potencialmente danificadas capazes de comprometer a integridade das mesmas.

Palavras-chave: Arborização urbana, *Inga* sp., Tomógrafo de impulso.

Non-destructive evaluation of plant health in urban trees

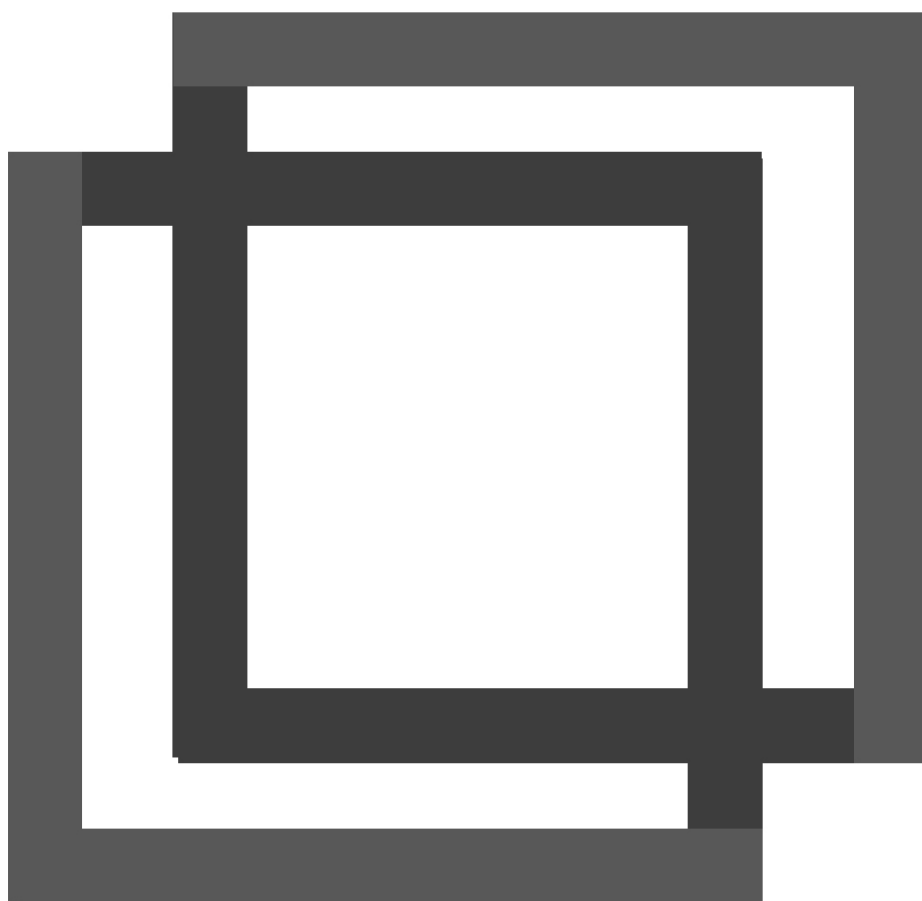
Abstract: The non-destructive techniques present the potential of application for risk analysis in urban environments. Impulse tomography allows the evaluation of the internal structure of living trees by the passage of mechanical waves through the cross-section of these. Thus, the objective of the present study was to evaluate the plant health of Ingá-mirim, present in the urban environment, using impulse tomography. Risk classifications were established based on the percentage of wood characterized by low, medium and high wave propagation velocities obtained from the tomograms. Approximately 67% of the evaluated trees presented risk levels of accidents between medium and high. The use of impulse tomography allowed the identification of variations in the propagation of mechanical waves along the cross-section of trees, indicating the presence of potentially damaged regions capable of compromising their integrity.

Keywords: Urban forestry, *Inga* sp., Impulse tomography.



IV CBCTEM
CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA
E TECNOLOGIA DA MADEIRA

2 À 4 DE
OUTUBRO
2019



PATROCINADORES:



STIHL®

ORGANIZAÇÃO:



INTRODUÇÃO

As áreas urbanas são construídas com a finalidade de melhorar e facilitar a vida em sociedade. É uma construção planejada e artificial, sendo necessária a introdução de elementos naturais para melhorar a qualidade deste ambiente. Segundo Santos et al. (2018), a arborização urbana em uma cidade não consiste apenas em plantar árvores, é indispensável o planejamento preliminar, manejo adequado e gerenciamento integrado, com a finalidade de alcançar melhorias para a comunidade.

A análise de risco em ambientes urbanos requer o desenvolvimento e aplicação de técnicas de diagnóstico rápidas e precisas para detectar possíveis defeitos estruturais em árvores. Nesse contexto, as técnicas de avaliação não destrutiva da madeira apresentam potencial de aplicação visando a identificação de árvores em risco (Santini Jr. et al., 2019).

A tomografia por impulso é uma técnica que possibilita a reconstrução de seções transversais internas de árvores por meio de gráficos de cores em 2D, gerados pela passagem de ondas mecânicas na madeira (Casagrande, 2017), servindo de subsídio para a avaliação estrutural do lenho das árvores. Pode ser utilizada em vários segmentos do setor florestal e na arborização urbana buscando-se aferir o estado fitossanitário dos indivíduos (Karlinsari et al., 2018; Medeiros et al., 2017).

Assim, o objetivo do presente estudo foi avaliar a fitossanidade de árvores de ingá-mirim, presentes em ambiente urbano, utilizando a tomografia de impulso como técnica de avaliação não destrutiva.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas 12 árvores de ingá-mirim (*Inga* sp.), localizadas em áreas de estacionamento do Campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (22°45'41,80"S; 43°41'13,00"O), em Seropédica. Para a obtenção das imagens tomográficas (tomógrafo de impulso ARBOTOM/Rinntech), foram posicionados oito sensores piezoelétricos de vibração no entorno do fuste das árvores. Os sensores foram dispostos equidistantemente entre si, a 1 m do solo. A produção de ondas mecânicas foi realizada por meio de “pancadas” sobre cada sensor, utilizando um martelo, até que a porcentagem de erro (delta %) detectada pelo *software* ARBOTOM fosse inferior a 10%. A partir dos dados captados pelos sensores, foram gerados gráficos de cores *rainbow*, em 2D, das velocidades das ondas mecânicas propagadas no lenho.

A partir das imagens tomográficas, foi realizada a classificação de risco de acidentes em função da porcentagem de área lesionada, de acordo com a metodologia descrita por Rollo (2009)



(Tabela 1). A proporção das áreas foi obtida por meio do *software ImageJ*.

Tabela 1. Classes de risco de queda e critérios para enquadramento das imagens nas respectivas classes, em função do percentual de área caracterizada por baixas velocidades de propagação.

Fonte: Rollo (2009)

Risco de queda	Porcentagem de área lesionada
Baixo	Lesões internas abrangendo até 10% da área da seção.
Médio	Lesões internas abrangendo de 10 a 30% da área da seção.
Alto	Lesões internas abrangendo de 30 a 50% da área da seção.
Severo	Lesões internas abrangendo mais de 50% da área da seção.

Para cada árvore, foi determinada a velocidade média de propagação acústica. Os resíduos foram avaliados quanto à normalidade (*Shapiro-Wilk*, $p < 0,05$) e, em seguida, foi calculado o coeficiente de correlação de *Pearson* entre as médias de velocidade e porcentagem de área lesionada do lenho das árvores.

RESULTADOS

Em geral, as árvores de ingá-mirim apresentaram elevada amplitude dos dados referentes às velocidades de propagação de ondas mecânicas, sendo observadas variações consideráveis ao longo da seção transversal e entre árvores (Tabela 2). Aproximadamente 67% das árvores avaliadas apresentaram níveis de risco de acidentes entre médio e alto.

Tabela 2. Estatística descritiva das velocidades de propagação ondas mecânicas (m/s) e análise de risco de acidentes do lenho de árvores de ingá-mirim (*Inga* sp). *Altura até a primeira bifurcação. **Os valores de referência correspondem à área visualmente lesionada

Árvore	Diâmetro (cm)	Altura do fuste* (m)	Velocidade (m/s)			Risco de acidentes	
			Mín	Média (CV%)	Máx	Área afetada (%)	Risco
1	80	2,8	239	531,36 (29,3)	1139	32,62	Alto
2	100	2,0	216	599,82 (34,5)	1293	25,97	Médio
3	95	2,2	303	633,20 (32,3)	1244	35,80	Alto
4	72	2,0	343	561,07 (24,7)	1031	21,44	Médio
5	67	3,2	350	708,82 (31,8)	1261	4,59	Baixo
6	75	3,8	206	461,79 (27,1)	924	22,07	Médio
7	80	2,1	233	447,30 (27,6)	634	47,74	Alto
8	75	1,5	289	502,88 (19,7)	645	38,79	Médio
9	72	2,2	246	593,95 (44,7)	2051	38,72	Alto
10	67	2,1	288	615,16 (34,0)	1318	9,54	Baixo
11	68	1,8	325	748,82 (48,7)	1878	0,63	Baixo
12	78	2,15	316	748,02 (60,4)	2450	1,37	Baixo
Geral	77,42	2,32	206	588,27 (42,26)	2450	23,28	Médio
Referência**	87	1,5	176	505,36 (29,83)	829	50,00	Alto

Para efeito comparativo, foi avaliada uma região visualmente lesionada (Figura 1A) e o tomograma obtido a partir desta (Figura 1B) foi considerado referência para a análise das demais imagens tomográficas (Figuras 1C e 1D). As áreas com tonalidades próximas ao vermelho e violeta indicam regiões que comprometem a propagação das ondas, enquanto que as azuladas representam partes do lenho aparentemente saudáveis, cuja propagação das ondas ocorrem sem dificuldades.

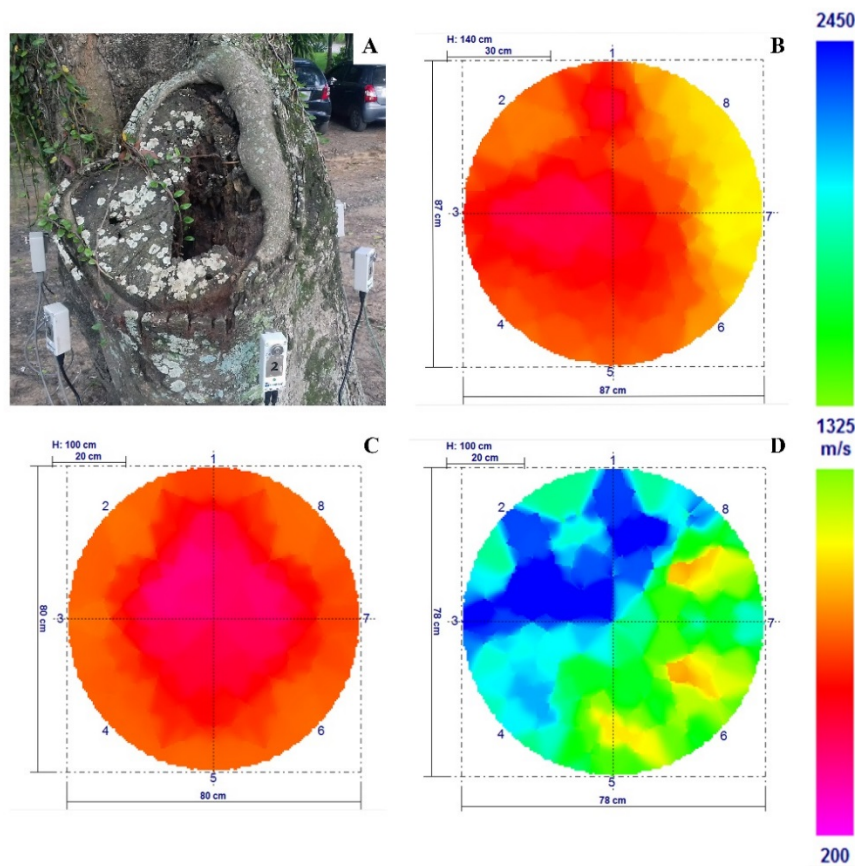


Figura 1. Tomogramas (2D) da velocidade de propagação de ondas mecânicas (m/s): A) Árvore visualmente lesionada, em estágio avançado de apodrecimento; B) Tomograma padrão referente à região lesionada; C) Árvore com lesões potencialmente severas; D) Padrão de resposta considerada saudável.

A extensão de área afetada, expressa em porcentagem, e a velocidade média de propagação das ondas apresentaram correlação forte e negativa, isto é, quanto maior a área afetada por um determinado defeito, menor a velocidade de propagação acústica (Figura 2).

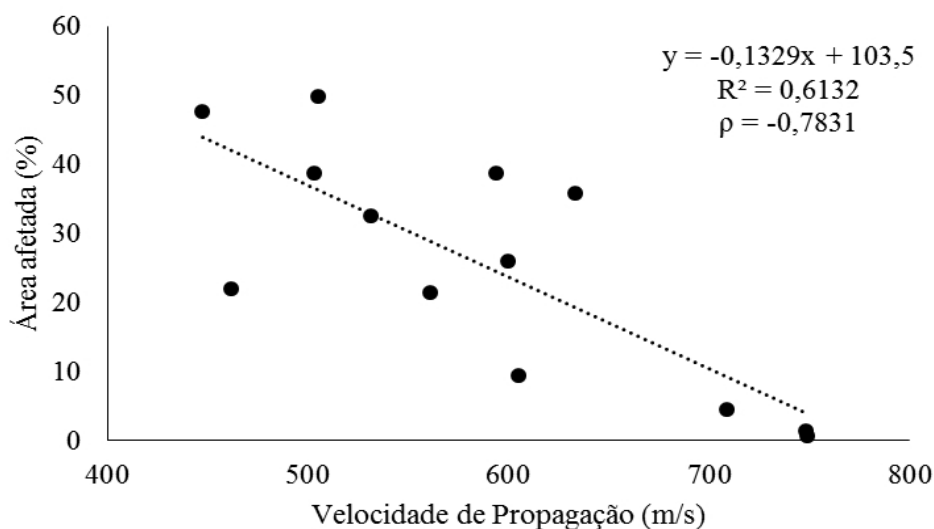


Figura 2. Relação entre a velocidade de propagação média e a área afetada obtidas a partir de tomografia de impulso. Onde: ρ = coeficiente de correlação de Pearson.

DISCUSSÃO

A presença de defeitos internos na madeira altera os padrões de propagação das ondas de tensão na seção transversal do lenho das árvores. Li et al. (2016) observaram uma redução significativa na velocidade das ondas em função do ângulo de propagação em árvores defeituosas, quando comparadas às porções saudáveis da madeira.

Além disso, as variações de densidade e umidade ao longo do lenho das árvores podem alterar a passagem das ondas mecânicas que são produzidas pelo tomógrafo de impulso. Em geral, madeiras com maior densidade e menor teor de umidade proporcionam maiores velocidades de propagação (Amodei et al., 2010).

O uso de métodos não destrutivos para a avaliação do risco de queda das árvores em ambiente urbano auxilia no manejo da arborização destes locais, contribuindo para a prevenção de acidentes devido à queda das árvores (Rollo et al., 2013).

CONCLUSÃO

A utilização do tomógrafo de impulso permite identificar variações na propagação de ondas mecânicas ao longo da seção transversal de árvores urbanas as quais podem indicar a presença de regiões potencialmente danificadas que comprometeriam a integridade destas. Contudo, recomenda-se a realização de análises complementares (densitometria de raios X de baguetas, por exemplo) para confirmar a existência desses danos, uma vez que variações de densidade e umidade, também, podem influenciar a propagação das ondas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

Amodei JB, Oliveira BRU, Gurgel MM, Carvalho AM, Medeiros RA, Latorraca JVF. Avaliação preliminar da qualidade da madeira de *Tectona grandis* L. f. através da tomografia de impulso. *Floresta e Ambiente* 2010; 17(2):124-128.

Casagrande NB. Tomografia de impulso para determinação indireta da densidade básica de árvores em plantios comerciais de *Pinus taeda* L. [dissertação]. Lages: Centro de Ciências Agroveterinárias, Universidade do Estado de Santa Catarina; 2017.

Karlinasari L, Lestari AT, Nababan MYS, Siregar IZ, Nandika D. Assessment of urban tree condition using sonic tomography technology. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 2018; 203(1):1-9.

Li G, Weng X, Du X, Wang X, Feng H. Stress wave velocity patterns in the longitudinal–radial plane of trees for defect diagnosis. *Computers and Electronics in Agriculture* 2016; 124:23-28.

Medeiros RGS, Nascimento CC, Barros SVS, Kroessin A, Paula EVCM, Higuchi N. Tomografia de impulso na avaliação da sanidade e rendimento de *Micrandopsis scleroxylon* W. *Rodr. Nativa* 2017; 5:649-655.

Rollo FMA. Identificação de padrões de resposta à tomografia de impulso em tipuanas (*Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze. [dissertação]. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo; 2009.

Rollo FMA, Soave Junior MA, Viana SM, Rollo LCP, Couto HTZ, Silva Filho DFS. Comparação entre leituras de resistógrafo e imagens tomográficas na avaliação interna de troncos de árvores. *Cerne* 2013; 19(2):331-337.

Santini Jr L, Rodriguez DRO, Quintilhan MT, Brazolin S, Tommasiello Filho M. Evidence to wood biodeterioration of tropical species revealed by non-destructive techniques. *Science of the Total Environment* 2019; 672:357-369.

Santos RC, Bessegatto D, Antunes L, Malengo FM. Análise quali-quantitativa da arborização urbana do centro da cidade de Sananduva-RS. *Revista Gestão e sustentabilidade Ambiental* 2018; 7(2):143-158.