



RELISE

## **ANÁLISE DE ÁRVORES EM AMBIENTE URBANO: UM ESTUDO DE CASO DA AVENIDA BERNARDO MONTEIRO EM BELO HORIZONTE-MG<sup>1</sup>**

*TREE ANALYSIS IN URBAN ENVIRONMENT: A CASE STUDY OF  
BERNARDO MONTEIRO AVENUE IN BELO HORIZONTE-MG*

*Matheus Barreto de Góes<sup>2</sup>*

*Guilherme Antônio Michelin<sup>3</sup>*

*Marina Ferreira Lapa de Oliveira<sup>4</sup>*

*Edgar Vladimiro Mantilla Carrasco<sup>5</sup>*

### **RESUMO**

As árvores urbanas desempenham um papel importante na qualidade de vida das cidades, oferecendo benefícios como sombra, melhoria da qualidade do ar e um ambiente agradável. Este estudo analisou árvores urbanas na região central de Belo Horizonte usando um tomógrafo acústico para avaliar sua segurança estrutural. O estudo se concentrou em árvores de grande porte, que são comuns na região. Algumas árvores apresentaram extremidades degradadas, mas isso não representou um risco significativo para sua segurança estrutural. Essas descobertas podem ser utilizadas como argumento para preservar as árvores nessa área específica, contrapondo as preocupações relacionadas à segurança estrutural. A utilização de métodos de avaliação acústica, como o tomógrafo acústico, mostrou-se uma abordagem eficiente e acessível para detectar defeitos internos em árvores vivas. Esses métodos podem contribuir para a segurança em áreas públicas e fornecer resultados rápidos e confiáveis. Embora os resultados desse estudo tenham indicado que as árvores analisadas estão em boas condições, é importante considerar outros aspectos relacionados à preservação das árvores urbanas, a fim de promover um ambiente urbano saudável e sustentável.

**Palavras-Chave:** paisagem, cidade, segurança estrutural, tomógrafo acústico

---

<sup>1</sup> Recebido em 20/05/2024. Aprovado em 30/06/2024. DOI: [doi.org/10.5281/zenodo.15379538](https://doi.org/10.5281/zenodo.15379538)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Minas Gerais. [matheusbarretog@ufmg.br](mailto:matheusbarretog@ufmg.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Minas Gerais. [guilherme.michelin@ufmg.br](mailto:guilherme.michelin@ufmg.br)

<sup>4</sup> Universidade Federal de Minas Gerais. [marina.lapaoliveira@ufmg.br](mailto:marina.lapaoliveira@ufmg.br)

<sup>5</sup> Universidade Federal de Minas Gerais. [mantilla@gmail.com](mailto:mantilla@gmail.com)



RELISE

139

## ABSTRACT

Urban trees play an important role in the quality of life in cities, offering benefits such as shade, improved air quality, and a pleasant environment. This study analyzed urban trees in the central region of Belo Horizonte using an acoustic tomograph to assess their structural safety. The study focused on large trees, which are common in the area. Some trees showed degraded ends, but this did not represent a significant risk to their structural safety. These findings can be used as an argument to preserve the trees in this specific area, countering concerns related to structural safety. The use of acoustic evaluation methods, such as the acoustic tomograph, proved to be an efficient and accessible approach to detect internal defects in living trees. These methods can contribute to safety in public areas and provide quick and reliable results. Although the results of this study indicated that the analyzed trees are in good condition, it is important to consider other aspects related to the preservation of urban trees in order to promote a healthy and sustainable urban environment.

**Keywords:** landscape, city, structural safety, acoustic tomograph

## INTRODUÇÃO

O elemento arbóreo em uma cidade representa uma gama de vantagens ambientais, econômicas, de saúde e de bem-estar. As árvores atuam na filtragem da poluição atmosférica, assimilação de oxigênio, regulação da temperatura do ar e controle da umidade além de mitigar o escoamento superficial de águas da chuva e absorção de ruídos sonoros. Estudos atestam que a presença de árvores pode reduzir o consumo energético com ventiladores e condicionadores de ar, aumentar a vida útil do asfalto e aumentar a valorização imobiliária. Árvores também estão atreladas ao lazer, atenuação de sintomas relacionados ao estresse e bem-estar social (TZOULAS; JAMES, 2004). Esses benefícios são potencializados pela estrutura da árvore: quanto maior o grau de amadurecimento e crescimento, mais benéfica e conseqüentemente maior o dano em caso de falhas em sua estrutura e quedas de galhos ou da árvore (DURYEA; MALAVASI, 2021).



RELISE

A gestão de riscos envolvendo as árvores urbanas demanda cada vez mais a adoção de tecnologias para analisar e prevenir o risco de queda. As árvores urbanas atingem portes elevados e, com o passar dos anos, o risco de apodrecimento e ataque de insetos aumentam, agravados pelas interferências dos equipamentos urbanos. Por isso, é preciso que se realizem medidas de avaliação das árvores em espaços públicos para averiguar o estado fitossanitário e estrutural delas elaborando o estudo de risco e o plano de mitigação (CHIESURA, 2010).

Para realizar tais medidas de avaliação é possível a utilização de aparelhos que façam controle da madeira desde o plantio, e permitam a verificação de defeitos durante o crescimento como nós, trincas, falhas internas e externas. Atualmente, instrumentos acústicos estão sendo usados para estimar as propriedades internas dos troncos das árvores. Dentre os equipamentos mais utilizados na avaliação não destrutiva está o tomógrafo acústico (Arbosonic 3D), que permite detectar buracos invisíveis, apodrecimento ou deterioração no interior do tronco de uma árvore em pé a partir de imagens denominadas tomogramas. As principais vantagens da utilização de métodos não destrutivos na avaliação das propriedades da madeira em relação aos convencionais são a rapidez de aplicação, confiabilidade dos resultados, redução de perdas no material avaliado e redução de custos (ANGULO-RUIZ et al., 2021).

Este trabalho faz uma análise utilizando o equipamento tomógrafo, para examinar exemplares de árvores urbanas na região central de Belo Horizonte.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

O estudo utilizou um tomógrafo acústico ArborSonic 3D. Este equipamento é composto por vários elementos: sensores para posicionamento em torno da circunferência das árvores, ou dos corpos de prova, caixas



RELISE

141

amplificadoras que permitem a interligação entre os sensores, cabos de ligação e uma bateria que permite conectar as caixas amplificadoras a um computador (ANGULO-RUIZ et al., 2021).

O tomógrafo acústico ArborSonic 3D é usado na prática para diagnosticar danos latentes, internos em árvores vivas e em amostras de madeiras. O método é não destrutivo, ou seja, com intervenções mínimas na madeira. O processo consiste na medição do tempo necessário para que as ondas sonoras passem pela madeira de uma árvore ou elemento de madeira. Um tempo mais longo indica dano biótico interno, possivelmente uma cavidade em um tronco de árvore ou elemento de madeira (Figura 1).

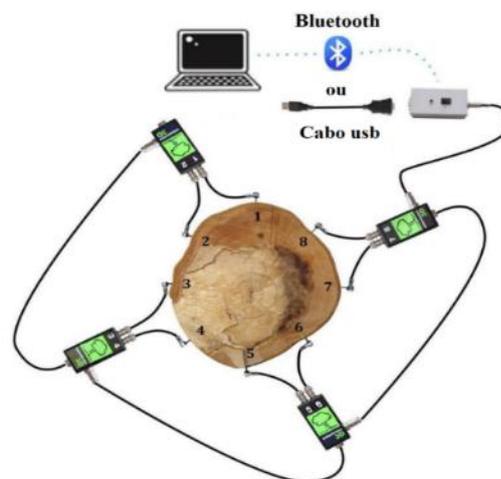


Figura1- Posicionamento do tomógrafo

Fonte: Fakopp (2020)

Os sensores são pregos de aço martelados em um elemento de madeira em torno de seu perímetro a distâncias regulares. Martelar em um sensor cria ondas sonoras cuja velocidade é registrada em outro sensor. Os sensores são martelados a cerca de 15 mm de profundidade, ou seja, a varredura sônica de uma determinada seção do elemento medido é miniaturizada quando comparada com sua dimensão real (MAKÝŠ et al., 2018).



RELISE

Em geral, quanto mais densa a madeira, maior a velocidade do som. Se o teor de umidade da madeira for maior, as ondas sonoras passam por ela mais lentamente porque os capilares contêm água em vez de ar. Isso resulta em maior resistência à onda sonora. A velocidade das ondas sonoras dentro da madeira saudável depende de sua espécie, teor de umidade e direção da medição (Figura 2).



Figura 2- Esquema de captação do som por tomógrafo  
Fonte: Fakopp (2020)

Para funcionamento do aparelho é necessária a disposição dos sensores e informar o formato do elemento a ser medido. Existem as possibilidades de formato circular, elipse, retangular e irregular. Após essa informação o software disponibiliza o posicionamento dos sensores, e distanciamento de cada um a partir do sensor 1, em sentido anti-horário. Os sensores são conectados às suas respectivas caixas amplificadoras, que são numeradas, e conectadas entre si, através dos cabos de ligação. A última caixa é conectada à bateria, que faz a ligação via cabo USB ou via *bluetooth* com o computador. A etapa seguinte é a inserção de dados do material a ser examinado na interface do *software* (FAKOPP, 2020).

## LOCAL DE ESTUDO

As árvores são elementos fundamentais para a qualidade de vida nas cidades, oferecendo sombra, melhoria da qualidade do ar, redução de ruídos e um ambiente mais agradável para os moradores. Em Belo Horizonte, uma cidade conhecida por sua rica diversidade de espécies arbóreas, o estudo dessas



RELISE

árvores é de grande importância para compreender sua importância e promover sua preservação. A cidade abriga uma ampla variedade de árvores nativas, como o ipê, a quaresmeira, a sucupira, o jacarandá, e em locais específicos alguns exemplares de fícus, além de espécies exóticas introduzidas ao longo dos anos.

Além da importância ecológica, as árvores em Belo Horizonte também possuem valor histórico e cultural. Muitas delas estão presentes em praças, parques e avenidas emblemáticas, fazendo parte da identidade da cidade e de sua paisagem urbana. O estudo das árvores pode revelar aspectos interessantes sobre a história da cidade, sua ocupação urbana e o papel desempenhado pelas árvores ao longo dos anos.

Neste estudo, foi feita uma análise com o tomógrafo na região centro-sul de Belo Horizonte. O local analisado fica na Av. Bernardo Monteiro, no bairro Santa Efigênia, próximo ao número 1150. Em um local conhecido como Parque linear da Avenida Bernardo Monteiro (Figura 3).

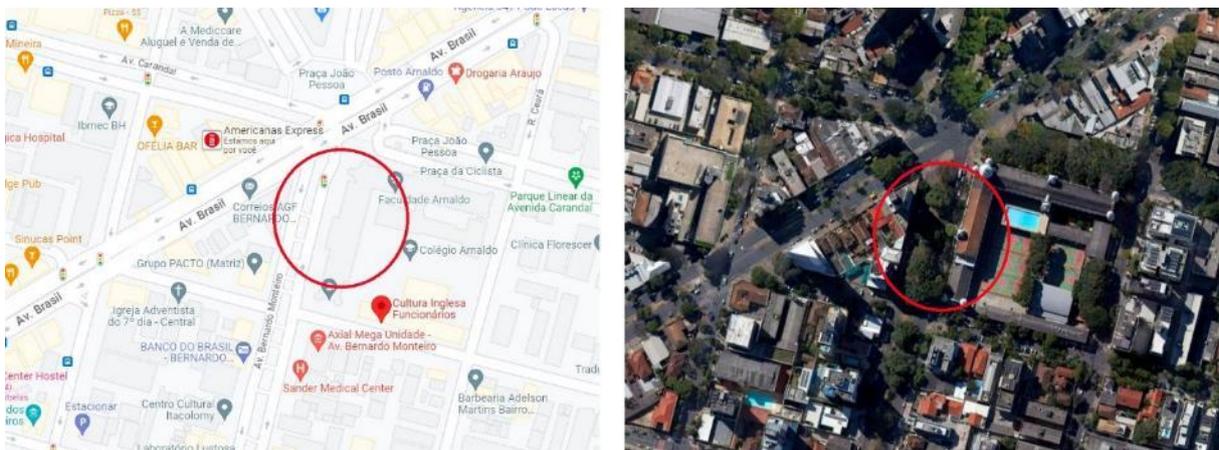


Figura 3: Local de estudo  
Fonte: Google Maps

O local foi selecionado por se tratar de um ambiente urbano com árvores de grande porte, e com um valor simbólico e ambiental para a região. A visualização da paisagem local é marcada por essas árvores distribuídas ao



RELISE

longo do canteiro central. Grande parte da região é marcada por presença dessas árvores centenárias, sendo as espécies de fícus uma das mais frequentes (Figura 4).

Além de seu valor ornamental, as árvores de Ficus também oferecem benefícios ambientais, como a redução da poluição do ar, a sombra proporcionada por suas copas densas e a promoção da biodiversidade, ao fornecer abrigo e alimento para diversas espécies de animais.

Por outro lado, a presença dessas árvores gera muito debate entre as camadas da sociedade. Grande parte da população defende a sua presença no ambiente urbano, pela contribuição com os benefícios citados anteriormente, mas por outro lado, alguns membros do poder público e instituições de infraestrutura informam que a presença das árvores prejudica fatores como distribuição de energia elétrica, redes de internet, estacionamentos de veículos, e pode representar perigos para a segurança pública



Figura 4: Vista do local de estudo  
Fonte: Google Maps

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo com o tomógrafo pretende verificar as características físicas das árvores selecionadas, para confirmação de sua segurança estrutural. Para a análise, foram selecionados sete indivíduos, com tamanhos e espécies variados, com idade adulta e foram submetidos aos testes.



RELISE

Ao se iniciar o software e informar a circunferência da árvore a ser examinada, o software informa as medidas as quais devem ser posicionados cada sensor. Em cada árvore os sensores foram colocados em duas ou três alturas diferentes, para que o programa elaborasse um diagrama em 3D do tronco.

Após a distribuição dos sensores e inserção dos dados no software, o próximo passo é fazer as batidas com o martelo em cada sensor. Através das quais serão transmitidas as ondas sonoras e captadas pelos sensores opostos. São necessárias três batidas em cada sensor com uma força uniforme. O resultado do tomograma analisado pode ser representado em um gráfico, ou mapas 2D e 3D. Por se tratar de uma avaliação em indivíduos vivos, a visualização em diagrama 3D é mais interessante, e torna mais fácil de observar as possíveis falhas internas de cada indivíduo analisado.

Os mapas de resultado apresentam uma representação gráfica com cores variando entre um azul claro e verde escuro. O gráfico à esquerda traz as informações de velocidade de percurso das ondas dentro da peça. As partes em verde representam madeira sadia e compacta, portanto, onde as ondas percorrem em velocidades mais altas, já as partes em vermelho e azul, representam velocidades mais baixas, onde a onda sonora encontrou dificuldades para percorrer, podendo representar espaços ociosos ou com desgaste interno.

As figuras 5 a 11 apresentam os resultados encontrados, contendo uma foto da árvore analisada, uma imagem de uma medição 2D realizada à altura de entre 40 e 60 cm e o diagrama de 3D da estrutura interna da árvore.



RELISE

146

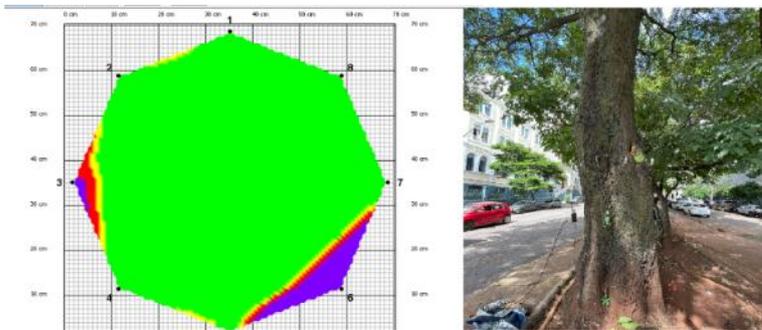


Figura 5 - Resultados árvore 1

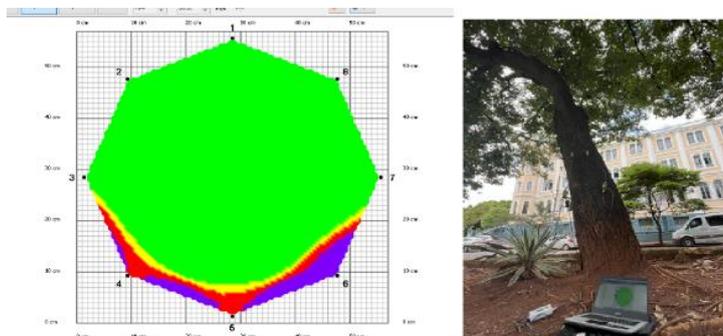


Figura 6 - Resultados árvore 2

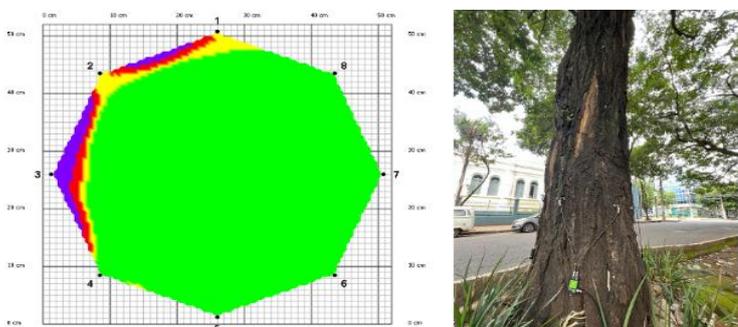


Figura 7. Resultados árvore 3

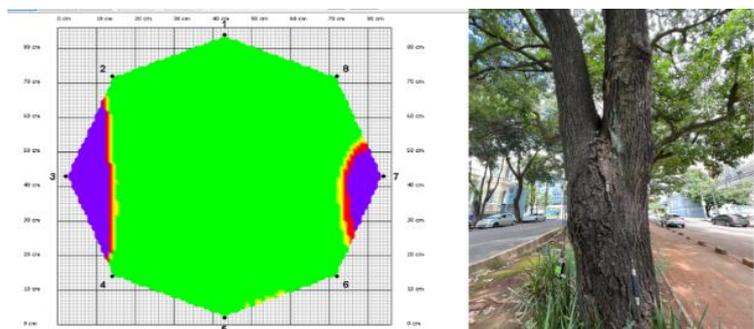


Figura 8 - Resultados árvore 4



RELISE

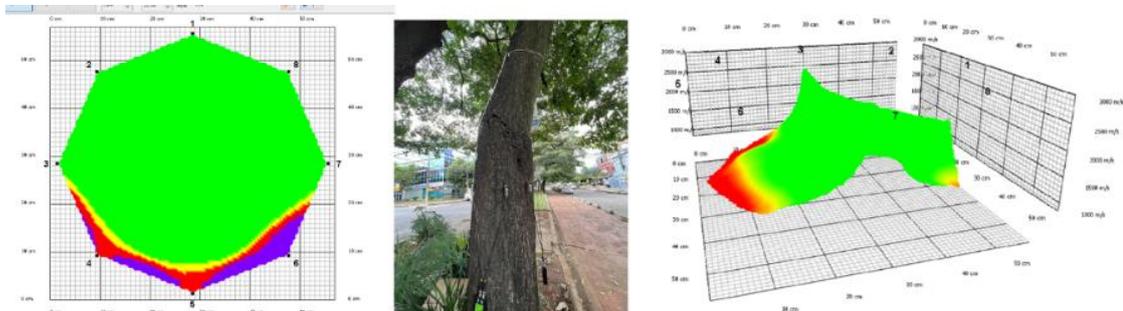


Figura 9 - Resultados árvore 5



Figura 10 - Resultados árvore 6

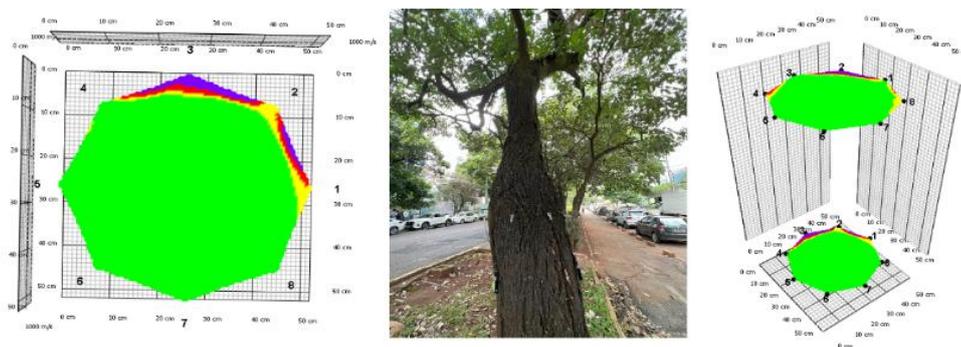


Figura 11- Resultado árvore 7

Conforme apresentado em todos os resultados, as partes em verde dos diagramas simbolizam onde tem material saudável na estrutura das árvores. Os tons mais escuros representam materiais degradados. É possível observar que apenas as partes externas de algumas árvores apresentam suas extremidades degradadas. Isso é devido à casca da árvore, que em algumas espécies serve



RELISE

apenas para proteger o indivíduo do meio externo, e não representa valor significativo em sua segurança estrutural.

Estudos realizados por Kloiber et al. (2016), comprovam que os dispositivos acústicos de banda larga, como o tomógrafo utilizado neste trabalho, são mais adequados para estimar danos em partes internas de madeira do que os dispositivos de banda estreita. Embora outros estudos realizados por Cristini et al. (2021) informem que não existem diferenças estatisticamente significativas entre as velocidades medidas por outros aparelhos de tomograma diferentes.

Cristini et al. (2021) também apontam que para uma análise de árvores vivas é necessário levar em consideração outros aspectos que podem influenciar o resultado dos tomogramas, como imperfeições naturais da madeira, deflexão das fibras e nós, além da qualidade da superfície da madeira, como rugosidade e presença de microfissuras, e muitas vezes também pela forma, tipo, frequência e orientação correta dos sensores acústicos.

## **CONCLUSÕES**

Conhecer as condições técnicas dos elementos de madeira é de grande importância, principalmente para garantir a segurança da estrutura de madeira e de árvores localizadas na área de circulação de pessoas. Esse artigo trata da utilização do tomógrafo acústico para detecção de falhas internas em árvores vivas na cidade de Belo Horizonte.

Métodos de avaliação acústicos fornecem resultados relativamente rápidos, simples e acessíveis de defeitos das madeiras examinadas. Sua aplicação bem-sucedida na detecção de madeira biologicamente danificada pode trazer resultados significativos para a segurança em áreas públicas.

O resultado encontrado pode ser analisado como positivo pois nenhum dos indivíduos analisados representou um percentual significativo de área deteriorada, ou alguma falha interna que simbolize risco para a sociedade. Tal



RELISE

resultado pode ser utilizado como contra-argumento para a justificativa que as árvores neste local ou região devem ser retiradas devido a sua segurança estrutural.

Para uma validação completa da permanência de árvores em ambientes urbanos, é necessária uma análise muito mais complexa, que envolve além da análise estrutural, a falta de espaço adequado para o crescimento das raízes, a poluição, as pragas e doenças, e os impactos das mudanças climáticas. O manejo adequado, a escolha de espécies adequadas ao ambiente urbano, a educação da comunidade e a colaboração entre diferentes partes interessadas são elementos cruciais para superar esses desafios e garantir a sustentabilidade das árvores urbanas.

## REFERÊNCIAS

ANGULO-RUIZ, W. E. et al. **Non-destructive technique based on acoustic tomography for the identification of internal defects in trees**. Scientia Agricola, Fevereiro 2021. 65-71.

CHIESURA, A. **Verso una gestione ecosistemica delle aree verdi urbane e peri-urbane - Analisi e proposte**. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. Roma , p. 58. 2010.

CRISTINI, V. et al. **Comparison of Variability in Results of Acoustic Tomographs in Pedunculate Oak (Quercus robur L.)**. Bioresources, 16, n. 2. 3046-3058.

DURYEA, M. L.; MALAVASI, M. M. **How Trees Grow in the Urban Environment**. University of Florida - Institute of Food and Agricultural Sciences. Florida, p. 1-9. 2021. (CIR 1093).

FAKOPP. **Manual for the Arborsonic3D Acoustic Tomograph**. Fakopp Enterprise BT. Agfalva, Hungary, p. 64. 2020.

KLOIBER, M. et al. **Comparative evaluation of acoustic techniques for detection of damages in historical wood**. Journal of Cultural Heritage, 20, 2016. 622–631.



RELISE

150

MAKÝŠ, O. et al. **DIAGNOSTICS OF WOODEN POLES SITUATED IN THE OPEN - AIR MUSEUM USING SONIC TOMOGRAPHY.** Civil and Environmental Engineering, 14, n. 1, 2018. 54-60.

TZOULAS, K.; JAMES, P. **Finding links between urban biodiversity and human health and well-being.** In: 4th International postgraduate research conference in the built and human environment. University of Salford. Manchester, p. 208-217. 2004.