

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: UTILIZAÇÃO DA ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO EM MADEIRAS E NO CARVÃO

Helena Cristina Vieira¹; Joielan Xipaia dos Santos^{1 *}; Polliana D'Angelo Rios²; Simone Ribeiro Morrone¹,
Graciela Inés Bolzon de Muñiz¹; Silvana Nisgoski¹

¹ Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba/PR, Brasil.

² Departamento de Engenharia Florestal, Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Lages/SC, Brasil.

*e-mail do autor correspondente: lenacristin@hotmail.com

Resumo: Na caracterização da madeira, são conhecidos alguns métodos distintos. Parte deles, são destrutivos, ou seja, durante as análises, as amostras são perdidas/danificadas, enquanto em outros casos, são utilizados métodos não destrutivos, nesse caso, a análise é realizada de forma que a amostra permaneça intacta. A utilização de análises não destrutivas é interessante, principalmente quando a amostra já está em uso e não pode ser perdida ou danificada. As principais técnicas não destrutivas pesquisadas para caracterizar a madeira nos últimos anos são baseadas na espectroscopia, ultrassom, termografia, entre outras. Dentre esses métodos, destaca-se principalmente a análise da espectroscopia no infravermelho próximo (NIR), essa análise possibilita avaliar uma peça com rapidez e precisão. Nesse trabalho, objetivou-se apresentar algumas características específicas da espectroscopia no infravermelho próximo para a madeira e para o carvão.

Palavras-chave: Caracterização da madeira; Técnicas não destrutivas; NIR.

BIBLIOGRAPHIC REVIEW: USE OF NEAR INFRARED SPECTROSCOPY IN WOOD AND CHARCOAL

Abstract: In wood characterization, some different methods are known. Some of them are destructive, that is, during the analysis the samples are lost/damaged, while other cases are non-destructive methods, in which case the analysis is carried out ensuring that the sample remains intact. The use of non-destructive analysis is interesting, especially when the sample is already in use and cannot be lost or damaged. The main non-destructive techniques researched to characterize wood in recent years are based on spectroscopy, ultrasound, thermography, and others. Among these methods, the analysis of near infrared spectroscopy (NIR) stands out, which makes it possible to evaluate a part or an object quickly and accurately. The aim of this work was to present some specific characteristics of near infrared spectroscopy for wood and charcoal.

Keywords: Wood characterization; Non-destructive techniques; NIR

1. ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO

A caracterização feita utilizando o infravermelho é resultante da resposta química das amostras e pode ser subdividida em diferentes números de onda: espectroscopia no infravermelho distante (200 a 10 cm^{-1}), infravermelho médio (4000 a 200 cm^{-1}) e infravermelho próximo (12800 a 4000 cm^{-1}). Cada região pode fornecer diferentes informações sobre as amostras [1].

Inicialmente, a espectroscopia no infravermelho próximo era utilizada na indústria de fármacos, alimentos, polímeros, petroquímica e produtos agrícolas [2]. Na literatura há diversos estudos com a espectroscopia no infravermelho próximo (NIR) para a madeira e também para outras áreas como, por exemplo, para a área dos solos e no setor alimentício [3; 4]. O uso da técnica na tecnologia da madeira foi iniciado no setor de celulose e papel e expandiu posteriormente para outros setores.

Considerando a necessidade de compreender melhor a utilização da técnica NIR para a ciência e tecnologia da madeira, diversos trabalhos foram publicados. Dentre eles destacam-se as revisões de literatura já publicadas sobre: os desafios de utilizar o NIR para a qualidade da madeira [5], a técnica NIR com novas perspectivas [6], a relação da técnica NIR e a ciência e tecnologia da madeira [2], e as atribuições de bandas em espectros de infravermelho próximo para os componentes de madeira [7].

Sobre o mesmo tema, sobressaem as seguintes pesquisas para: diferenciar processos de carbonização [8]; determinar a influência da topossequência na espectroscopia da casca e da madeira de barbatimão [9]; a utilização do NIR para diferenciar a madeira e casca de indivíduos que se desenvolveram com níveis de adubação distintos [10]; diferenciar origens geográficas da madeira [11; 12]; discriminar variedades de *Cryptomeria* plantadas no sul do Brasil [13]; identificar espécies de madeira e carvão [14; 15; 16]; discriminar materiais com base em madeira [17].

Para as características da madeira, pode-se ainda, em associação com outras análises, fazer a diferenciação de espécies com características anatômicas similares [18], identificar espécies [19], prever resultados de densidade [20], composição química, predição de caracteres anatômicos [21], comprimento de fibra, espessura da parede celular, resistência mecânica, entre outras informações.

Esses resultados podem ser aplicados em diferentes setores. Pesquisadores utilizaram a técnica para diferenciar casca e madeira das espécies do setor de pellets e avaliaram o potencial de predição das propriedades da biomassa com a técnica NIR [22; 23].

Cabe salientar que a identificação não é feita somente com a leitura da amostra, também é necessário que a comparação seja feita com um banco de dados robustos, onde sejam determinados

por comparação qual é realmente a espécie.

A aplicação da técnica NIR no Brasil vem crescendo e está sendo direcionada para diversas práticas em órgãos de fiscalização. Para a região Norte, o NIR portátil foi utilizado para diferenciar as madeiras de seis espécies da Amazônia [24]. Ainda considerando as florestas tropicais, foram realizados trabalhos que identificaram as madeiras de quatro diferentes espécies e utilizaram a técnica NIR para diferenciar madeiras de “angelim” [25; 26].

Na região Sudeste do Brasil, a técnica NIR foi utilizada para diferenciar espécies plantadas de espécies nativas [27]. Para a Região Sul do Brasil, foi realizada a identificação da madeira de espécies nativas da mata Atlântica [28].

Para diferenciação de espécies, a Espectroscopia no infravermelho próximo é uma técnica em ascensão, que permite a identificação não só da madeira, mas também no carvão utilizando as características químicas das amostras. Deve-se ressaltar que a identificação do carvão é dificultada durante o processo de fiscalização, principalmente pela ausência dos contrastes de cor entre os elementos anatômicos.

Salienta-se ainda, que há necessidade de estudar o comportamento de outras espécies originárias das diferentes regiões, considerando principalmente a infinidade dos métodos de análises estatísticas que podem ser aplicados aos dados para obter os melhores resultados possíveis.

2. REFERÊNCIAS

- [1] Skoog, D. A.; Holler, F. J.; Crouch, S. R. Principles of instrumental analysis. Cengage learning, 2017. 961 p.
- [2] Tsuchikawa, S.; Kobori, H. A review of recent application of near infrared spectroscopy to wood science and technology. *Journal of Wood Science*, v. 61, n. 3, p. 213-220, 2015.
- [3] Silva, J. C. A.; Signor, D.; Brito, A. M. S. S.; Cerri, C. E. P.; Camargo, P. B.; Pereira, C. F. Espectroscopia no infravermelho próximo e análise de componentes principais para investigação de solos submetidos a diferentes usos da terra na Amazônia Oriental brasileira. *Revista Virtual de Química*, v. 12, n. 1, p. 51-62, 2020.
- [4] Onório, D. F.; Seixas, F. A. V. Uso de FT-NIR para a identificação e quantificação de microrganismos em alimentos. *Revista Uningá Review*, v. 3, n. 1, p. 62-70, 2010.
- [5] Hein, P. R.G.; Pakkanen, H.; Santos, A. A. Dos. Challenges in the use of Near Infrared Spectroscopy for improving wood quality: A review. *Forest Systems*, v. 26, n. 3, eR03, 2017.
- [6] Pasquini, C. Near infrared spectroscopy: A mature analytical technique with new perspectives - A review. *Analytica Chimica Acta*, v. 1026, p. 8, 2018.
- [7] Schwanninger, M.; Rodrigues, J. C.; Fackler, K. A review of band assignments in near infrared spectra of wood and wood components. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, v. 19, n. 5, p. 287-308, 2011.

- [8] Nisgoski, S.; Vieira, H. C.; Gonçalves, T. A. P.; Afonso, C. M.; De Muñoz, G. I. B. Charcoal anatomy and NIR spectra of *Spirostachysafricana*, *Terminalia* sp. and *Colophospermum mopane* in different carbonization process. *SN Applied Sciences*, v. 2, p. 1-15, 2020.
- [9] Nisgoski, S.; Gonçalves, T. A. P.; De Oliveira, N. M.; Bittencourt, S. C.; Lima, G. S.; De Muñoz, G. I. B. Influence of toposequence position of *Stryphnodendronadstringens* trees on discrimination of samples based on spectroscopy. *RevistaCiência da Madeira*, v. 9, n. 2, p. 112-122, 2018.
- [10] Nisgoski, S.; Klock, U.; Batista, F. R. R.; Schardosin, F. Z., Consalter, R.; Motta, A. C. V. Use of NIR for trees discrimination in different fertilizations based on wood and bark spectra. *Ciência da Madeira*, v. 7, n. 2, p. 100-110, 2016a.
- [11] Sandak, A.; Sandak, J.; Negri, M. Relationship between near-infrared (NIR) spectra and geographic provenance of timber. *Wood Science and Technology*, v. 45, n. 1, p. 35-48, 2011.
- [12] Bergo, M. C. J.; Pastore, T. C. M.; Coradin, V. T. R.; Wiedenhoef, A. C.; Braga, J. W. B. NIRS identification of *Swietenia macrophylla* is robust across specimens from 27 countries. *IAWA Journal*, v.37, n. 3, p. 420-430, 2016.
- [13] Nisgoski, S.; Schardosin, F. Z.; Batista, F. R. R.; De Muñoz, G. I. B.; Carneiro, M. E. Potential use of NIR spectroscopy to identify *Cryptomeria japonica* varieties from southern Brazil. *Wood Science and Technology*, v. 50, n. 1, p. 71-80, 2016b.
- [14] Monteiro, T. C., Silva, R. V. D., Lima, J. T., Hein, P. R. G., Napoli, A. Use of near infrared spectroscopy to distinguish carbonization processes and charcoal sources. *Cerne*, v. 16, n. 3, p. 381-390, 2010.
- [15] Davrieux, F.; Rousset, P. L. A.; Pastore, T. C. M.; Macedo, L. A. D.; Quirino, W. F. Discrimination of native wood charcoal by infrared spectroscopy. *Química Nova*, v. 33, n. 5, p. 1093-1097, 2010.
- [16] Hwang, S.W.; Horikawa, W.H.; Lee, W.H.; Sugiyama, J. Identification of Pinus species related to historic architecture in Korea using NIR chemometric approaches. *Journal of Wood Science*, v. 62, p. 156–167, 2016.
- [17] Tsuchikawa, S.; Yamato, K.; Inoue, K. Discriminant analysis of wood-based materials using near-infrared spectroscopy. *Journal of Wood Science*, v. 49, n. 3, p. 275-280, 2003.
- [18] Horikawa, Y.; Tazuru, S.M.; Sugiyama, J. Near-infrared spectroscopy as a potential method for identification of anatomically similar Japanese diploxyloids. *Journal of Wood Science*, v. 61, p. 251–261, 2015.
- [19] Lazarescu, C.; Hart, F.; Pirouz, Z.; Panagiotidis, K.; Mansfield, S.D.; Barrett, J.D.; Avramidis, S. Wood species identification by near-infrared spectroscopy. *International Wood Products Journal*, v.8, n.1, p. 32-35, 2017.
- [20] Stirling, R.; Trung, T.; Breuil, C.; Bicho, P. Predicting wood decay and density using NIR spectroscopy. *Wood and Fiber Science*, v. 39, n. 3, p. 414-423, 2007.
- [21] Viana, L. C.; Trugilho, P. F.; Hein, P. R. G.; Lima, J. T.; Da Silva, J. R. M. Predicting the morphological characteristics and basic density of *Eucalyptus* wood using the NIRS technique. *Cerne*, v. 15, n. 4, p. 421-429, 2009.

- [22] Toscano, G.; Rinnan, Å.; Pizzi, A.; Mancini, M. The use of near-infrared (NIR) spectroscopy and principal component analysis (PCA) to discriminate bark and wood of the most common species of the pellet sector. *Energy & Fuels*, v. 31, n. 3, p. 2814-2821, 2017.
- [23] Acquah, G. E.; Via, B. K.; Fasina, O. O.; Eckhardt, L. G. Non-destructive prediction of the properties of forest biomass for chemical and bioenergy applications using near infrared spectroscopy. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, v. 23, n. 2, p. 93-102, 2015.
- [24] Soares, L. F.; Da Silva, D. C.; Bergo, M. C. J.; Coradin, V. T. R.; Braga, J. W. B.; Pastore, T. C. M. Avaliação de espectrômetro NIR portátil e PLS-DA para a discriminação de seis espécies similares de madeiras amazônicas. *Quimica Nova*, v. 40, n. 4, p. 418-426, 2017.
- [25] Pastore, T. C. M.; Braga, J. W. B.; Coradin, V. T. R.; Magalhães, W. L. E.; Okino, E. Y. A.; Camargos, J. A. A.; De Muñiz, G. I. B.; Bressan, O. A.; Davrieux, F. Near infrared spectroscopy (NIRS) as a potential tool for monitoring trade of similar woods: discrimination of true magogany, cedar, andiroba and curupixá. *Holzforschung*, v. 65, n. 1, p. 73-80, 2011.
- [26] Muñiz, G. I. B.; Carneiro, M. E.; Batista, F. R. R.; ScharDOSin, F. Z.; Nisgoski, S. Wood and charcoal identification of five species from the miscellaneous group known in Brazil as “angelim” by near-ir and wood anatomy. *Maderas. Ciencia y tecnología*, v. 18, n. 3, p. 505 – 522, 2016.
- [27] Ramalho, F. M.G.; Andrade, J. M.; Hein, P. R. G. Rapid discrimination of wood species from native forest and plantations using near infrared spectroscopy. *Forest Systems*, v. 27, n. 2, e008, 2018.
- [28] Pace, J. H. C.; De Figueiredo Latorraca, J. V.; Hein, P. R. G.; De Carvalho, A. M.; Castro, J. P.; Da Silva, C. E. S. Wood species identification from Atlantic Forest by near infrared spectroscopy. *Forest systems*, v. 28, n. 3, e015, p. 8-36, 2019.
- [29] Reis, C. A.; Cisneros, A. B.; Silva, E. L.; De Muñiz, G. I. B.; Morrone, S. R.; Nisgoski, S. NIR spectroscopy and wood anatomy to distinguish *Prosopis alba* wood and charcoal from natural and planted forest. *International Wood Products Journal*, v. 10, n. 4, p. 168-177, 2019.
- [30] Muñiz, G. I. B.; Carneiro, M. E.; Nisgoski, S.; Ramirez, M. G. L.; Magalhães, W. L. E. SEM and NIR characterization of four forest species charcoal. *Wood science and technology*, v. 47, n. 4, p. 815-823, 2013.
- [31] Vieira, H. C.; Santos, J. X. D.; Lopes Da Silva, E.; D’Angelo Rios, P.; De Muñiz; G. I. B., Ribeiro Morrone, S.; Nisgoski, S. Potential of the near-infrared spectroscopy for the discrimination of wood and charcoal of four native Myrtaceae species in southern Brazil. *Wood Material Science & Engineering*, v. 16, n. 3, p. 188-195, 2021.