

PROPOSTA METODOLÓGICA PARA A IDENTIFICAÇÃO DE MADEIRAS UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO NAVAL ARTESANAL NO NORDESTE DO BRASIL

Carlos Rios¹

Henry Socrates Lavalle Sullasi¹

Hamilton Marcelo Morais Lins Junior²

André Luiz Campelo dos Santos²

Resumo: A presente pesquisa versa sobre a dificuldade de identificação, dos diferentes tipos de madeira utilizados na construção naval artesanal evidenciado em contexto arqueológico subaquático. Nos últimos anos, relevantes trabalhos propuseram o emprego da Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) como técnica de identificação de madeiras. Iniciou-se uma coleção de referência de espécies conhecidas e realizou-se a análise de cada uma por meio da referida técnica. Neste trabalho foram utilizadas sete espécies botânicas como referência para análise de amostras de madeira provenientes de quatro canoas encontradas na lagoa de Extremoz, RN. Após a análise comparativa, foi proposta uma possível identificação dos vegetais utilizados na construção das canoas baseado nas similaridades observadas entre os espectros FTIR obtidos: todas as madeiras das canoas aparentam ser de Pitiá. **Palavras-chaves:** Arqueologia Subaquática, Arqueometria, Espectroscopia no Infravermelho.

Abstract: This research presents the difficulty of identifying, the different types of wood used in artisanal shipbuilding, evidenced in underwater archaeological context. In recent years, relevant works have proposed the use of Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) as a wood identification technique. A reference collection of known species was started and the analysis of each was carried out by means of the said technique. Subsequently, these raw materials from the collection were compared with samples from naval vessels of unknown construction, the material of which is difficult to identify. In this work seven botanical species were used as reference for the analysis of four wood samples from four canoes found in the lagoon of Extremoz, RN. After the comparative analysis, and based on the similarities observed among the FTIR spectra obtained a possible identification of the trees used in the construction of the canoes was proposed: all the wood of the canoes appear to be hardwood, possibly of *Pitiá*. **Keywords:** Underwater Archaeology, Archaeometry, Infrared Spectroscopy, Woods.

¹ Departamento de Arqueologia, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE.

² Discentes do Programa de Pós-Graduação em Arqueologia, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Introdução

Dentre as matérias-primas empregadas na construção naval, a madeira apresenta-se como a mais profícua. É também notável que nos lugares onde o tipo de ambiente é favorável ao desenvolvimento de espécies vegetais capazes de fornecerem lenhos em tamanhos e formas que permitam seu aproveitamento na elaboração de embarcações, a madeira é a matéria-prima preferida pelos construtores navais artesanais.

Entre as diversas espécies de madeiras existentes, as empregadas na construção naval apresentam, grosso modo, algumas características em comum, a leveza é uma das mais importantes por influenciar no peso final da embarcação e no esforço de propulsão necessário. A resistência a animais xilófagos representa uma maior durabilidade e vida útil da embarcação que, por sua vez, se reflete na segurança da navegação. Cabe ao carpinteiro naval a escolha das madeiras, suas formas e características para emprego em diversas partes da embarcações.

Em contextos passados, cadeia operatória na produção de uma embarcação iniciava-se com o carpinteiro naval percorrendo as matas e florestas procurando, não apenas as madeiras apropriadas, mas principalmente, as formas das árvores que se adaptem à fabricação das estruturas da embarcação.

A visão treinada do mestre naval para olhar o tronco, a experiência, o aprendizado por tentativa e erro como processo de desenvolvimento e avanço na técnica da construção naval tradicional ao longo dos séculos. o conhecimento empírico e galgado na transmissão de conhecimento tradicional sobre as qualidades das diversas variedades de madeira elegíveis para o uso naval – tudo isso era requerido a fim de distinguir as diversas formas que poderiam ser transformadas em peças específicas (Rieth, 2016).

³ Dentro da estrutura arquitetônica da embarcação, dependendo do tipo de função que ela desempenha nesta arquitetura, estas madeiras podem ter características mais resistentes ou mais maleáveis. Como exemplo tem-se as cavernas, cuja função é dar sustentação, corpo e forma ao casco, a madeira empregada deve ter alta resistência para suportar os esforços aplicados sobre o casco internamente, o peso das obras mortas e assoalhos, e a força exercida pela pressão da água sobre a estrutura das obras vivas. As cavernas também devem ter certo grau de flexibilidade para suportar os esforços de torção e tração sofridos pela embarcação pelo movimento ondular do meio aquoso.

McGrail (2004), afirma que sem o emprego da madeira como matéria-prima, o leque de possibilidades de embarcações empregadas no transporte naval nos tempos pretéritos seria de fato bem limitado.

Por isso, a madeira é especialmente importante nos estudos das embarcações, empregada como matéria-prima na construção seja de canoas monóxilas, jangadas, balsas, canoas de casca e, mesmo, em barcos e navios. Dentro da construção naval de embarcações tradicionais, as madeiras são empregadas nas mais diversas finalidades, com as mais variadas funções e características.

Por outro lado, nem sempre é fácil identificar o tipo de madeira empregada em uma construção naval, maiormente quando tal artefato passa, às vezes, milhares de anos em ambiente aquático, o que dificulta a sua identificação binominal, a exemplo das canoas de Extremoz (Souza, et al., 2014).

Na tentativa de resolver este problema, nos últimos anos uma série de relevantes trabalhos tem proposto o emprego da Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR) como técnica de identificação de madeiras, a partir de análise comparativa espectro-a-espectro (Carballo-Meilàn, et al., 2014; 2016).

Tal técnica gera espectros que possibilitam a análise das concentrações aproximadas de determinados radicais (moléculas) presentes na amostra analisada (Beasley, 2014). Assim, ao se analisar o espectro FTIR de uma amostra de madeira desconhecida e compará-lo ao mesmo produto proveniente de uma madeira conhecida, tornar-se possível realizar a identificação da primeira amostra.

A utilização da espectroscopia FTIR em Arqueologia demonstra-se bastante comum, principalmente para outro tipo de material: ossos – inclusive, o Nordeste brasileiro tem sido campo fértil para tal aplicação (Mutzenberg et al., 2015; Santos, 2016; Santos; Sullasi, 2016; Sullasi, et al. 2017). No entanto, a sua utilização para uma possível identificação de madeiras encontrados em contextos arqueológicos (especificamente, afundamentos/naufrágios) demonstra-se inexistente.

A descoberta de remanescentes de antigas canoas monóxilas – com idades em torno de 700 ± 30 anos A.P.⁴ – na Lagoa de Extremoz, no estado do Rio Grande do Norte (Figura 1), apresentou-se como contexto adequado para a aplicação da espectroscopia FTIR a fim de se identificar a(s) madeira(s) empregada(s) na manufatura das embarcações citadas (Figura 2).

Neste contexto, o problema científico desta pesquisa reside na identificação das madeiras empregadas na construção naval, dos remanescentes de canoas encontrados na Lagoa de Extremoz. Assim, o objetivo geral deste trabalho é identificar, por meio da técnica de espectroscopia FTIR, as madeiras utilizadas na construção naval artesanal destas canoas.

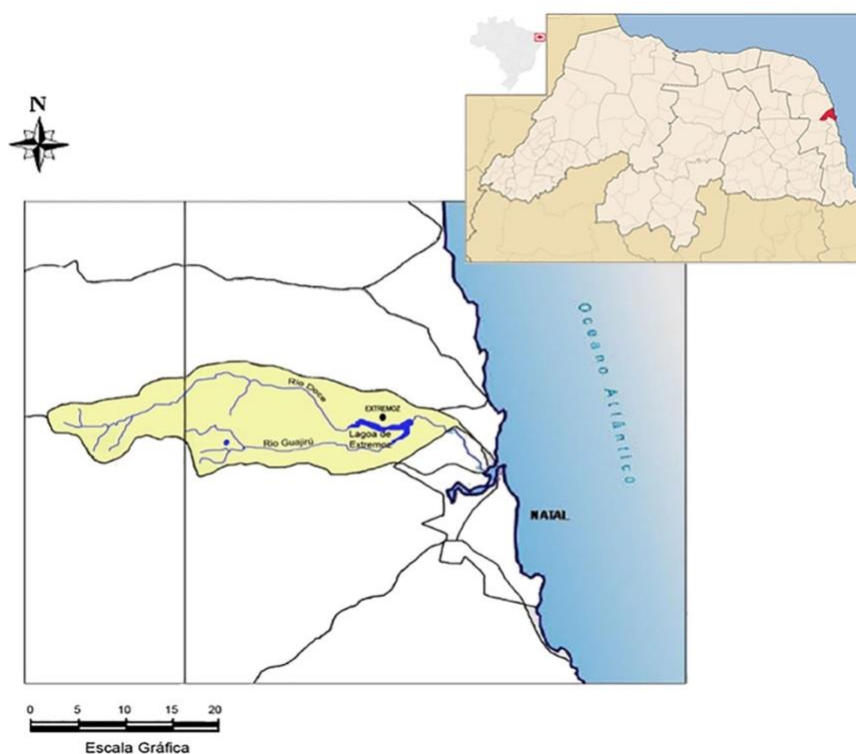


Figura 1: Localização do município de Extremoz (em vermelho) no estado do Rio Grande do Norte, e localização da Lagoa de Extremoz na Baía dos rios Doce e Guajirú. Fonte: autoria própria (2018) com dados de NordNordWest - United States National Imagery and Mapping Agency data World Data Base II data, CC BY-SA 3.0.

⁴Valor obtido mediante aplicação de datação radiocarbônica tradicional (Beta-389468) pelo laboratório estadunidense especializado neste tipo de técnica, *Beta Analytic*.



Figura 2: Remanescentes de antigas canoas monóxilas evidenciadas na Lagoa de Extremoz. Fonte: autoria própria (2018).

Os objetivos específicos deste trabalho foram: coletar amostras de madeiras conhecidas para obter uma coleção de referência daquelas empregadas na construção naval; submeter amostras de referência à técnica de espectroscopia FTIR para a obtenção de assinaturas próprias (na forma de espectros); e comparar as assinaturas das madeiras, das amostras referencia, conhecidas com as madeiras das canoas de Extremoz.

As hipóteses a serem testadas envolvem os seguintes fatos:

- Em que pese o fato de existir várias formas de identificação de uma dada madeira, independente do tempo de uso e de intempéries ambientais que tenha passado, deve existir uma técnica segura para chegar à identificação em nível de gênero e talvez espécie, sem ser pela inspeção visual, corte histológico ou pelo cheiro; e
- Que diferentes tipos de madeiras apresentem assinaturas dentro do espectro de sua composição química, que possam permitir a sua identificação através do emprego da técnica de espectroscopia FTIR.

Este trabalho se justifica, portanto, na medida em que mitiga a possibilidade de erro na identificação de uma dada madeira utilizada na construção de embarcações, bem como tratasse de uma forma pioneira na identificação de artefatos náuticos pré-históricos.

Antes de se testar as hipóteses apresentadas, no entanto, é importante apresentar aqui, ainda que muito brevemente, as características físicas e químicas das madeiras e como as mesmas podem influenciar o resultado final da espectroscopia FTIR.

Características Físicas e Químicas de Madeiras em Geral

Madeiras podem ser inicialmente divididas e caracterizadas quanto ao seu respectivo grau de resistência: entre duras e macias. O grau de resistência de uma determinada espécie de madeira está associado à disposição e densidade de suas células que caracterizam a direção dos seus veios – aspectos que dependem estritamente da espécie vegetal que a originou (Gonzaga, 2006).

Em um nível macroscópico, o tronco de um vegetal – capaz de produzir madeiras usadas para navegação – pode ser descrito como uma pilha de cones superpostos que, cortado no sentido transversal exibe um desenho de círculos concêntricos, chamados de anéis anuais crescimento.

Já em um nível microscópico, os vegetais são formados majoritariamente por 3 compostos químicos (moléculas): lignina, hemicelulose e celulose; que correspondem a, aproximadamente, 15 a 25, 23 a 32 e 38 a 50% (Figura 3), da composição molecular total deste tipo de organismo, respectivamente (Laine, 2005). Tal variação nas porcentagens é decorrente da diversidade de espécies vegetais –cada uma possui uma determinada combinação de concentrações das 3 moléculas.

Tais informações demonstram-se relevantes especialmente para a aplicação da espectroscopia FTIR. Tal técnica gera espectros que possibilitam a análise das concentrações aproximadas de determinados radicais (moléculas) presentes na amostra analisada. Isto permite observar a assinatura química de cada madeira que, relacionada com seu respectivo grau de resistência, permite uma identificação aproximada de outras amostras desconhecidas de madeiras.

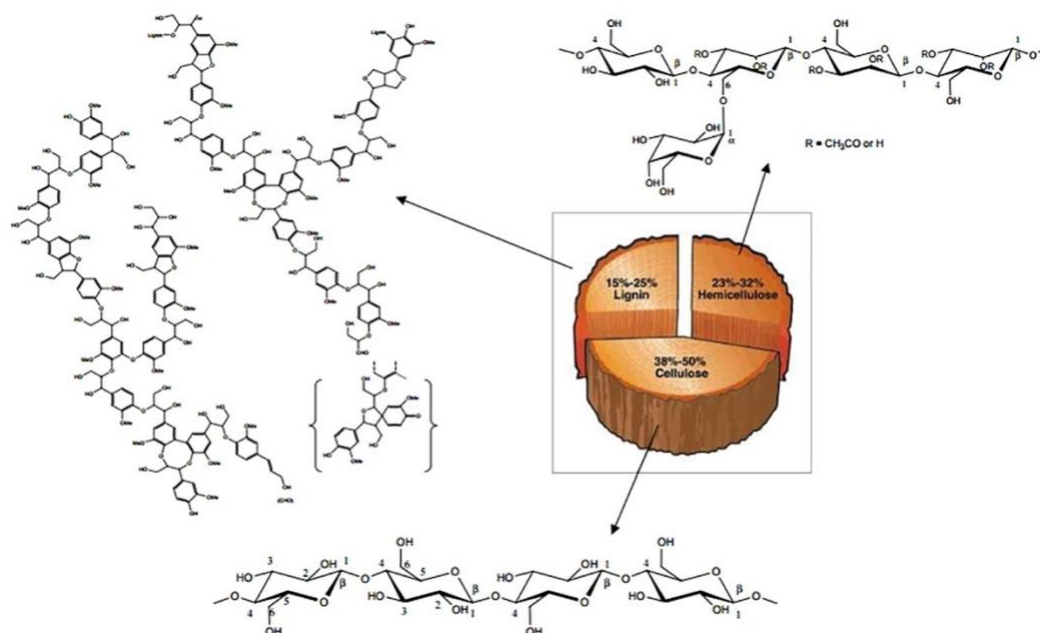


Figura 3: Composição química de madeira. Fonte: adaptado de Laine, 2005, pp. 15-21.

Metodologia

A metodologia empregada envolve a constatação de biomarcadores, isto é, diferenças de alturas entre os diversos picos e bandas que compõem um espectro de uma amostra de madeira e que, por sua vez, evidenciam a presença de determinados radicais orgânicos e inorgânicos – referentes à celulose, lignina e hemicelulose – presentes nas amostras analisadas (a assinatura química).

De acordo com o primeiro dos objetivos específicos, sete amostras de madeiras modernas foram coletadas para análise, são elas:

1. Jaca dura (*Artocarpus heterophyllus*);
2. Jaca mole (*Artocarpus heterophyllus*);
3. Mangue Branco (*Laguncularia racemosa*);
4. Mangue Escuro (*Avicennia germinans*);
5. Massaranduba (*Manilkara huberi*);
6. Pitiá (*Carycar villosum*);e
7. Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*).

Todas as sete amostras de madeiras modernas e quatro amostras de madeiras arqueológicas – uma coletada de cada canoa evidenciada na Lagoa de Extremoz – foram analisadas por meio da espectroscopia FTIR.

A preparação das mesmas envolveu o tritramento de pequenas quantidades (20g) das madeiras selecionadas, antes de serem submetidas à referida técnica.

O equipamento utilizado para a análise foi um espectrômetro FTIR da marca Bruker, modelo Vertex 70⁵, pertencente no Departamento de Engenharia Química (DEQ) da UFPE.

Os procedimentos realizados para a medição das alturas/intensidades dos picos dos espectros FTIR foram realizados com o auxílio do *software OriginPro[®] versão 9*.

Alguns picos e bandas presentes nos espectros são especialmente importantes para esta análise (Moore; Owen, 2001). Uma breve apresentação dos mesmos e de suas respectivas relevâncias pode ser observada abaixo (Tabela 1).

Tabela 1: Picos e bandas de interesse nos espectros de madeiras.

Picos/Bandas (cm ⁻¹)	Descrição
1640/1595	Nos espectros de madeira macia a intensidade do pico 1640 é maior do que o de 1595. Nos de madeira dura se dá o inverso.
1460	Pico cuja intensidade varia muito de espécie a espécie. Ele surge devido à presença de lignina e polissacarídeos não celulósicos.
1320 (1335+1315)	Corresponde à presença de celulose em madeiras macias. Em madeiras duras, um pico análogo em 1325 cm ⁻¹ aparece.
1205, 1235 e 1265	Aparecem comumente com altas intensidades em madeiras macias.
808 e 870	Observados com maior intensidade em madeiras macias.
830	Observado com maior intensidade em madeiras duras.

Fonte: autoria própria (2018); com dados de Moore e Owen (2001).

⁵ Os parâmetros utilizados nas análises foram os seguintes: todas as amostras foram medidas na modalidade de absorvância da radiação no infravermelho, entre os números de onda de 400 a 4000 cm⁻¹, mediante emprego de instrumento de Refletância Total Atenuada (ATR) com cristal de Seleneto de Zinco (ZnSe); o detector utilizado é do modelo RT-Dlat6S; e os espectros obtidos para cada amostra são resultados da realização de 64 scans em cada uma delas; a resolução dos espectros é de 4 cm⁻¹.

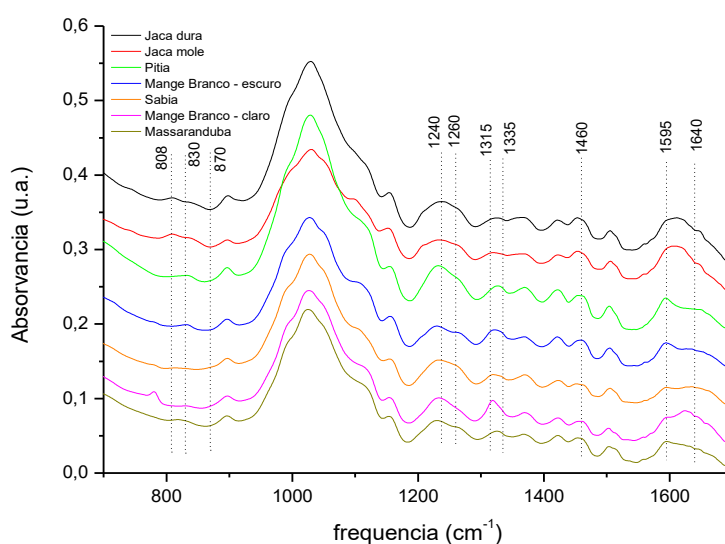
A identificação e a mensuração de todos estes picos e bandas foram buscadas em todos os espectros obtidos. Os mesmos podem ser utilizados para a caracterização – quanto à resistência, principalmente – das diferentes amostras de madeiras de referência (Moore; Owen, 2001).

Por fim, realizou-se a comparação espectro-a-espectro a fim de identificar qual madeira moderna mais se aproximava de cada um dos espectros resultantes das amostras arqueológicas, efetuando assim uma identificação aproximada destas últimas.

Resultados e discussão

Ao fim das análises, foi possível gerar os espectros FTIR de todas as amostras de madeiras citadas, tanto modernas quanto arqueológicas (Figuras 4 e 5). Nos mesmos é possível confirmar que há um padrão para este tipo material – em outras palavras, um espectro característico para madeiras.

Foi possível identificar todos os picos e bandas de interesse em todos os espectros resultantes das amostras modernas. No entanto, o mesmo não foi possível para as amostras arqueológicas, devido à qualidade de seus respectivos espectros.



Fonte: autoria própria (2018).

Figura 5: Espectros FTIR das 4 amostras de madeiras arqueológicas

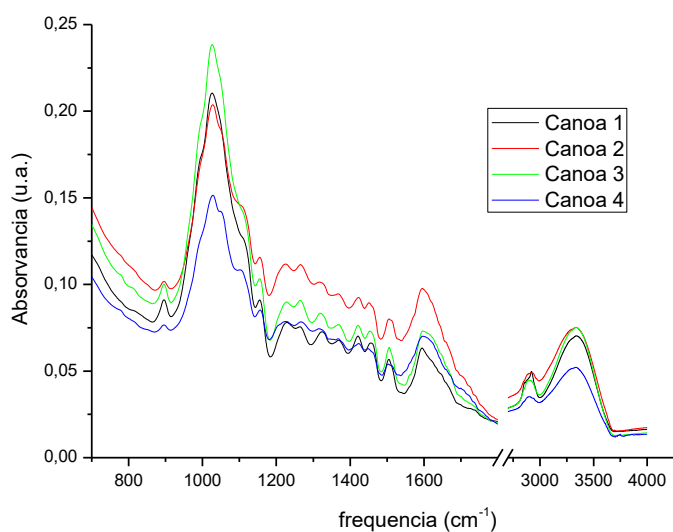


Figura 4: Espectros FTIR das 7 amostras de madeiras modernas; os picos e as bandas de interesse também estão destacados. Fonte: autoria própria (2018).

A partir dos espectros resultantes das amostras arqueológicas é possível realizar algumas observações sobre as mesmas:

1. Considerando a relação entre os picos nas posições 1640 e 1595 cm^{-1} todas as madeiras utilizadas para a manufatura das canoas aparentam ser duras;
2. O pico em 1460 é observado em todas as amostras, o que a princípio demonstra que as madeiras utilizadas apresentam características químicas semelhantes, ainda que possam ter sido produzidas por diferentes espécies de vegetais;
3. O pico em 1325 é observado – ainda que de forma não muito clara – em todos os espectros, também sugerindo que todas as amostras analisadas são provenientes de madeiras duras;
4. Nas regiões/bandas entre as posições 1240 a 1260 e 800 a 900 cm^{-1} não é possível obter informações conclusivas dos espectros, devido à qualidade dos mesmos – aspecto que pode estar relacionado à natureza das amostras (antigas e submersas na lagoa); e
5. Ao comparar a proporção entre as intensidades dos picos nas posições 1640 e 1595 cm^{-1} , entre as amostras arqueológicas e as de referência/modernas analisadas, pode-se apontar para a possível conclusão de que as madeiras utilizadas para produziras antigas canoas evidenciadas na Lagoa de Extremoz sejam a Pitiá ou Mangue branco/escuro, porem a segunda possibilidade é mais difícil de ter acontecido, isto porque o diâmetro do mangue não é compatível com o das canoas, bem como está distante da área estuarina.

Conclusões

Este trabalho demonstra que a espectroscopia FTIR mostra-se de grande potencial para análise de madeiras, mesmo que elas apresentem alto grau de degradação, como é o caso das arqueológicas.

Os espectros resultantes, por sua vez, demonstraram que as madeiras utilizadas para produziras antigas canoas evidenciadas na Lagoa de Extremoz são duras.

Dentro do conjunto de madeiras de referência analisadas, os espectros das madeiras conhecidas que apresentam maior grau de semelhança com os das amostras provenientes das canoas é da Pitiá.

Por fim, dado a qualidade dos espectros resultantes das madeiras arqueológicas, demonstra-se de grande potencial científico um possível experimento que busque caracterizar como se dá o processo de degradação de madeiras submersas – comparando espectro a espectro amostras de madeira proveniente de uma mesma espécie conhecida, mas que foram submetidas a diferentes períodos de submersão. Tais resultados poderão demonstrar se a assinatura química de uma dada espécie vegetal ainda se mantém, mesmo após longos períodos de degradação.

Referências

BEASLEY, M. M.; BARTELINK, E. J.; TAYLOR, L.; MILLER, R. M. 2014. Comparison of transmission FTIR, ATR, and DRIFT spectra: implications for assessment of bone bioapatitediagenesis. *Journal of Archaeological Science*, vl. 15, p. 16-22.

CARBALLO-MEILÀN, A.; GOODMAN, A. M.; BARON, M. G.; GONZÁLES-RODRIGUEZ. 2014. An specific case in the classification of woods by FTIR and chemometrics: Discrimination of Fagales from Malpighiales. *Cellulose*, v. 21, n. 1.

CARBALLO-MEILÀN, A.; GOODMAN, A. M.; BARON, M. G.; GONZÁLES-RODRIGUEZ. 2016. Application of chemometric analysis to infrared spectroscopy for the identification of wood origin. *Cellulose*, v. 23,

GONZAGA, A. L. 2006. *Madeira: Uso e Conservação*. Brasília: Iphan/Monumenta.

LAINE, C. 2005. Structures of hemicelluloses and pectins in wood and pulp.63f. Tese (Doutorado) – Departamento de Tecnologia Química, Universidade de Tecnologia de Helsinque.

MCGRAIL, S. 2014. Ancient boats in North-West Europe. Nova York, Londres: Routledge.

MOORE, A. K.; OWEN, N. L. 2001. Infrared spectroscopic studies of solid wood. *Applied Spectroscopy Reviews*, v. 36, n. 1, p. 65-86.

MUTZENBERG, D. C. S; SULLASI, H. S. L.; FARIAS, A. A.; SANTOS, A. L. C.; BARBOSA, M. B. G. 2015. Fundamentos da diagenese óssea e suas formas de avaliação usando as técnicas espectroscópicas de FTIR-ATR e DRX., v. 30, n. 2, p. 154-188.

RIETH, E. 2016. Navires et Construction Naval au Moyen âge: Archéologie nautique de Baltique à la Méditerranée. Paris: A & J Picard.

SANTOS, A. L. C. 2016. Estudo da diagênese óssea e experimento de datação direta dos sepultamentos do sítio arqueológico Pedra do Alexandre – RN. 158f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Arqueologia, Universidade Federal de Pernambuco.

SANTOS, A. L. C.; SULLASI, H. S. L. 2016. Implicações Microscópicas da Tafonomia ao Emprego de Métodos e Técnicas Forenses em Arqueologia. *Fundamentos*, v. 13, p. 108-130.

SULLASI, H. S. L.; SANTOS, A. L. C.; SIMÕES, S. S.; MARTIN, G.; SILVA, S. F. S. M.; FARIA, A. A. 2017. A Note on Diagenetic Parameters for Bone Remains from Pedrado Alexandre Paleoamerican Site Without Sample Destruction. *Fundamentos*, v. 19, p. 74-85.

SOUZA, C. C. R.; LAVALLE, H.; LINS, M.; SANTOS JUNIOR, V. 2015. A Canoa Monóxila Pré-Histórica da Lagoa de Extremoz, RN, Brasil. *Clio Arqueológica*, v.30.