

**CONTRIBUIÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO À COMPREENSÃO DAS PRÁTICAS SOCIAIS  
EM ANTRACOLOGIA: GESTÃO E USO DA LENHA EM  
SOCIEDADES PRÉ-HISTÓRICAS**  
EXPERIMENTATION AS A TOOL FOR IDENTIFYING FIREWOOD USES AND  
MANAGEMENT IN PREHISTORIC SOCIETIES

Isabelle Thery-Parisot  
Auréade Henry  
Julia Chrzavzez

Vol. XIII | n°25 | 2016 | ISSN 2316 8412



# Contribuição da experimentação à compreensão das práticas sociais em antracologia: gestão e uso da lenha em sociedades pré-históricas

Isabelle Thery-Parisot\*

Auréade Henry\*

Julia Chrzavzez\*

**Resumo:** O desenvolvimento de abordagens socioeconômicas aplicadas à antracologia permitiu abordar temas relacionados com a utilização e gestão da lenha. Estudos etnográficos nos lembram que os critérios segundo os quais uma sociedade escolhe sua lenha não podem ser reduzidos a uma seleção taxonômica "simples": outras características, tais como o diâmetro ou o estado da madeira (verde, seco, podre) são pelo menos tão importante quanto a espécie. Este artigo apresenta uma síntese das recentes ferramentas desenvolvidas para aumentar o potencial da antracologia para o estudo dos usos e gestão de lenha. Experimentos de laboratório padronizados sobre amostras de pinheiro silvestre (*Pinus sylvestris*), combinando forno mufla e combustões em lareira aberta, permitiram propor novos métodos para identificar o diâmetro e o estado da madeira com base em assinaturas anatômicas. Graças a estes métodos, é possível contribuir para um melhor conhecimento das tradições técnicas ligadas ao uso do fogo, desde a coleta de madeira até fogueiras especializadas, a partir de amostras de carvão arqueológicas.

**Palavras-chave:** Antracologia, Gestão de Lenha, Experimentação, Fogueira, Assinaturas Anatômicas.

**Abstract:** The development of socioeconomic approaches applied to charcoal analysis has made it possible to focus on topics related to firewood use and management. Ethnographic studies remind us that the criteria according to which a society chooses its firewood cannot be reduced to a "simple" taxonomic selection: other characteristics, such as the diameter or the state of the wood (*i.e.* green, seasoned, rotten) are at least as important as the species. The framework of this paper is to present a synthesis of recent tools developed to improve the potential of charcoal analysis for the study of firewood uses and management. Standardized laboratory experiments on Scot Pine (*Pinus sylvestris*) combining both muffle furnace and open fireplace combustions allowed proposing new methods of identifying the diameter and the state of the wood based on anatomical signatures. Thanks to these methods, it becomes possible to contribute to a better knowledge of the technical traditions linked to the use of fire, from wood gathering to specialized hearths on archaeological charcoal samples.

**Keywords:** Charcoal Analysis, Fuel Management, Experimentation, Hearth, Anatomical Signatures.

## INTRODUÇÃO

### ***Para uma abordagem socioeconômica da Antracologia***

Por muitos anos, as pesquisas em Pré-História têm privilegiado o estudo de comportamentos sócioeconômicos das sociedades pré-históricas, descrevendo as atividades realizadas, investigando os territórios percorridos por estas populações e o papel desempenhado pelos assentamentos no seio deste território. Por muito tempo inscritos numa perspectiva paleoecológica (VERNET 1973; BADAL-GARCIA 1988, 1992; THIEBAULT 1988; CHABAL 1990, 1992, 1997; HEINZ 1990; HEINZ et al. 1992), os estudos antracológicos passaram mais recentemente a se interessar por estas práticas sociais, integrando questões relacionadas com a aquisição e utilização do combustível lenhoso como parte integrante da economia de sociedades pré- e proto-históricas (THERY-PARISOT 2001; THIEBAULT 2002; FIORENTINO e MAGRI 2006; THERY-PARISOT et al. 2009; BADAL GARCIA et al. 2014). Mas como abordar tais práticas em antracologia? Para os sítios Paleolíticos em particular, é importante evidenciar as práticas de coleta de lenha (p.ex., coleta de madeira morta ao invés de corte de árvores) ou práticas de seleção (por espécie, tamanho, ou condição da madeira), na medida em que a identificação de tais atividades alimenta uma reflexão geral sobre a função dos sítios e a estacionalidade das ocupações. Mas estarão estas informações registradas nos vestígios que estudamos?

A identificação taxonômica do carvão vegetal permite deduzir a assinatura ecológica de um espectro de frequência a partir de espécies-chave ou de um conjunto de taxa cuja ecologia é conhecida, definir os habitats explorados, os territórios percorridos para a coleta de lenha, e discutir o uso de determinados taxa considerando suas propriedades físicas e químicas. Mas questões relacionadas com a gestão de recursos em si, as práticas de coleta de lenha e a escolha de combustíveis são aspectos difíceis de apreender somente a partir da identificação taxonômica. Por exemplo, se as propriedades combustíveis de uma madeira decorressem somente de suas propriedades físicas e químicas, bastaria combinar as informações sobre forma das estruturas de combustão e conteúdo florístico, a fim de identificar a função das fogueiras. No entanto, com raras exceções, o espectro da frequência das espécies identificadas em uma fogueira raramente conduz a uma reconstituição da sua função, por duas razões principais: as propriedades combustíveis dependem pouco ou nada das espécies, e os critérios de seleção podem decorrer de preferências ou crenças que escapam totalmente ao antracólogo (THERY-PARISOT 2001, 2002b). Mas outros marcadores, a priori mensuráveis e interpretáveis, como a forma (tamanho e morfologia dos ramos) e os estados fenológico e fisiológico (madeira morta, árvore ereta, madeira alterada, madeira verde) podem ser usados para documentar tais práticas. Este artigo propõe uma síntese dos métodos que podem ser utilizados para identificação destes estados e formas da madeira, os quais são baseados na criação de referenciais, através da experimentação.

***Uma abordagem experimental dos processos: a criação de referenciais em condições controladas***

A experimentação com material atual permite produzir referenciais a partir de amostras de madeiras cujas características antes da combustão são conhecidas. Uma dificuldade aqui é considerar a diversidade de um material como a madeira, cuja variabilidade decorre de inúmeros parâmetros. A composição química da madeira, suas características físicas e mecânicas, sua densidade e mesmo sua anatomia dependem tanto das condições de crescimento (natureza e tipo de solo, altitude, exposição à luz), da idade do indivíduo ou da estação de corte, como da genética (variações populacionais ou taxonômicas), condições que determinarão o comportamento no fogo. A preparação dos experimentos deve portanto integrar esta variabilidade, caso contrário, uma variável escondida no experimento poderia influenciar os resultados. A escolha da estrutura de combustão deve atender às premissas do processo que se quer estudar, devendo-se limitar ao máximo a interferência de parâmetros incontroláveis. A experimentação em condições tão próximas quanto possível da realidade de sociedades passadas é, a priori, a melhor maneira de compreender o processo que está sendo estudado. No entanto, no que se refere a fogueiras ao ar livre, parâmetros extrínsecos como vento, pressão atmosférica ou umidade do ar são tão importantes para o processo de combustão que eles podem mascarar quase completamente o efeito das variáveis que se procura analisar. Por esta razão, muitas vezes utilizamos fogueiras de laboratório, em ambiente controlado, visando assim limitar o impacto de parâmetros extrínsecos e padronizar ao máximo as experiências, a fim de estudar o processo de combustão independentemente de fatores ambientais. O forno mufla é no entanto utilizado para algumas experiências que requerem um controle rigoroso da temperatura e dos tempos de combustão. Este procedimento tende a homogeneizar os resultados, pois a amostra é aquecida de forma homogênea, o que nunca é o caso em uma estrutura aberta. O significado das experiências realizadas em forno mufla deve portanto ser questionado. Entretanto, os dois procedimentos são complementares e a duplicação das experiências em forno mufla e fogueira aberta, permite comparar os fenômenos e fornecer mais detalhes para a compreensão dos processos. Todos os referenciais aqui apresentados foram realizados a partir de amostras de pinheiro-silvestre (*Pinus sylvestris* L.), que é o principal táxon dos espectros antracológicos pleistocênicos aos quais estes métodos foram aplicados.

**UM MODELO DISCRIMINANTE PARA CORTE DE ÁRVORES / COLETA*****Premissas***

No contexto das ocupações pré-históricas, um objetivo do estudo antracológico é evidenciar as formas de aquisição da lenha procurando distinguir entre as práticas de corte de árvores e a coleta de lenha, na medida em que se presume que estas práticas informam sobre o tipo de ocupação. De

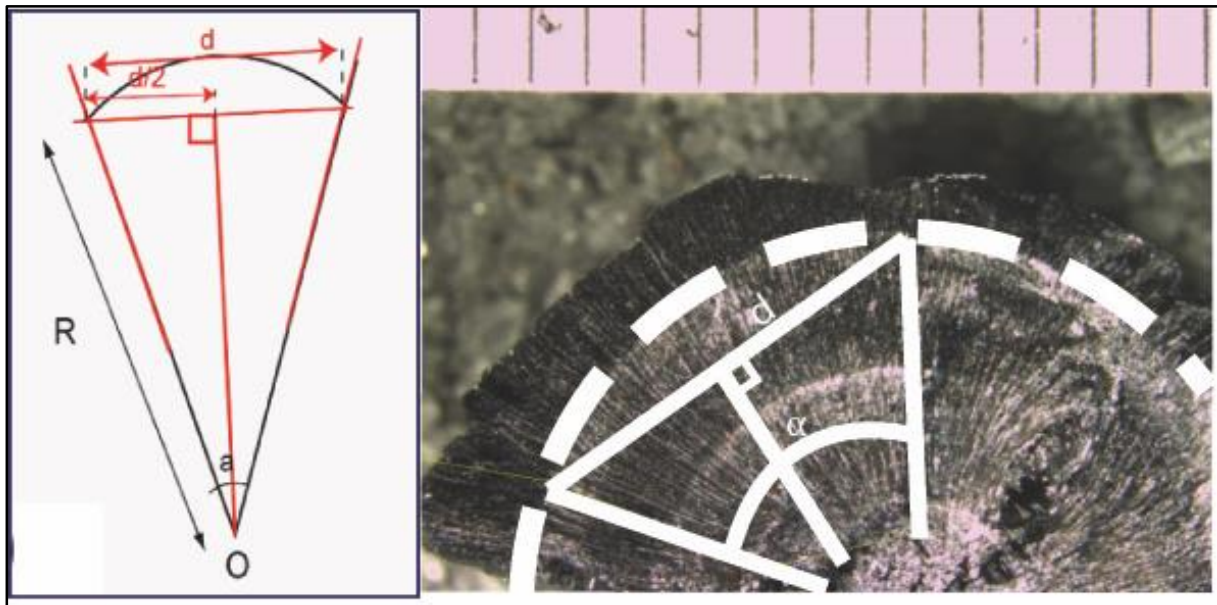
fato, os modos de vida pré-históricos se caracterizam por uma elevada mobilidade, uma ocupação estacional dos assentamentos – variando desde a ocupação de curto prazo ao acampamento de base recorrente – e a um equipamento técnico relativamente limitado, especificidades estas que, presume-se, limitam as possibilidades de gestão do recurso lenhoso (THERY-PARISOT 2002a, 2002b). Além das limitações técnicas do corte de árvores, este postulado é baseado em um condicionante fisiológico da madeira: salvo usos específicos relacionados a atividades especializadas (p.ex., defumação, tratamento térmico de matérias-primas), a lenha deve estar seca. Existe assim uma oposição primária entre a coleta de madeira morta, fácil de coletar, já seca, de uso imediato, e a madeira de corte, de uso diferido (de 18 a 36 meses de secagem de acordo com as condições de armazenamento e as condições climáticas), a qual depende não somente de técnica como de estratégias mais complexas a implementar, e que subentende antecipação, armazenamento provisório e reocupação do sítio. Corte e coleta consistem, portanto, em duas modalidades de coleta de lenha diferenciadas. A distinção entre estas duas práticas baseia-se em parte nas medidas dos diâmetros da madeira utilizada como combustível.

Em uma população em equilíbrio, a madeira morta no solo consiste principalmente de ramos de poda natural das árvores e, ocasionalmente, de árvores caídas. Uma população de árvores vivas tem uma maior diversidade de diâmetros de tronco, de modo que a variedade destes diâmetros reflete esta diversidade (ou seja, todos os diâmetros estão representados, incluindo os maiores). Portanto, os diâmetros da madeira utilizada como combustível tendem a refletir as modalidades de coleta.

### ***Status da pesquisa***

Aplicados aos carvões arqueológicos, os primeiros trabalhos neste campo permitiram desenvolver métodos para estimativa do diâmetro da lenha, extrapolado a partir da curvatura do último anel de crescimento visível. Os primeiros métodos desenvolvidos se baseavam do uso de um transferidor (WILLERDING 1971; ALIX 2002; NELLE, 2002; MARGUERIE e HUNOT 2007) até serem desenvolvidas ferramentas digitais para análise de imagens (CHRZAVZEZ 2006; DUFRAISSE e GARCIA-MARTINEZ 2011, GARCIA-MARTINEZ e DUFRAISSE 2012; PARADIS-GRENOUILLET et al. 2013) (Figura 1). No entanto, em virtude da fragmentação da madeira durante a combustão e/ou da redução a cinzas na periferia das toras, o último anel de crescimento visível raramente corresponde à última camada de crescimento do ramo do qual ela se originou, e pode provir na verdade de qualquer parte dele (DUFRAISSE 2005). Portanto, o último anel visível registra o diâmetro mínimo do ramo do qual provém este carvão, mas não nos diz nada sobre o diâmetro do fuste. Apenas o desenvolvimento de métodos analíticos mais avançados, incluindo modelizações, permitirá a inferência do diâmetro de um conjunto de ramos de madeira a partir da medida individual dos anéis de crescimento em fragmentos individuais. Os métodos de reconstituição já desenvolvidos se enquadram em duas abordagens distintas. A primeira se baseia em um modelo teórico desenvolvido a partir da geometria dos cilindros (DUFRAISSE 2005,

2006). Este método leva em conta os efeitos da fragmentação e visa estimar os diâmetros originais da madeira queimada a partir do cálculo dos diâmetros dos fragmentos de uma amostra, com um modelo de correção. No entanto, a correção proposta não permite de fato conhecer os diâmetros originais (THERY-PARISOT et al. 2011). O segundo modelo é um método qualitativo baseado em referenciais experimentais, que permite comparar os histogramas de frequências dos diâmetros em amostras de carvões arqueológicos com histogramas de referência de composição conhecida, em termos de gama de diâmetros da lenha queimada (NELLE 2002; LUDEMANN 2008).



**Figura 1:** Método de medição em carvão sob microscopia de luz refletida associado a sistema de análise de imagem (software Imagem Pro-Plus). O raio é estimado através de uma fórmula trigonométrica  $R = (d/2)/(\sin \alpha/2)$  (adaptado de PARADIS-GRENOUILLET 2013).

Os trabalhos aqui apresentados se alinham claramente com os modelos de Nelle e Ludemann, com o objetivo de ultrapassar a abordagem qualitativa e propor um modelo quantitativo (THERY-PARISOT et al. 2011; CHRZAVZEZ et al. 2012). O processo de fragmentação dos carvões durante a combustão sendo homogêneo (CHABAL 1992; THERY-PARISOT et al. 2010a, 2010b; HENRY 2011; CHRZAVZEZ et al. 2014), os histogramas de proporção dos diâmetros, obtidos a partir dos diâmetros mensurados dos fragmentos, devem refletir as amostras de madeira das quais provêm. Portanto, é a forma do histograma que é discriminante, e não os valores individuais de cada classe do histograma (Figura 2). Em consequência, deve ser possível estimar a probabilidade de uma amostra arqueológica pertencer a um histograma de referência e assim deduzir os diâmetros originais da madeira. A criação de histogramas de proporções de diâmetros de referência, a partir de amostras de madeira carbonizada de tamanhos conhecidos carbonizada, depende da experimentação.

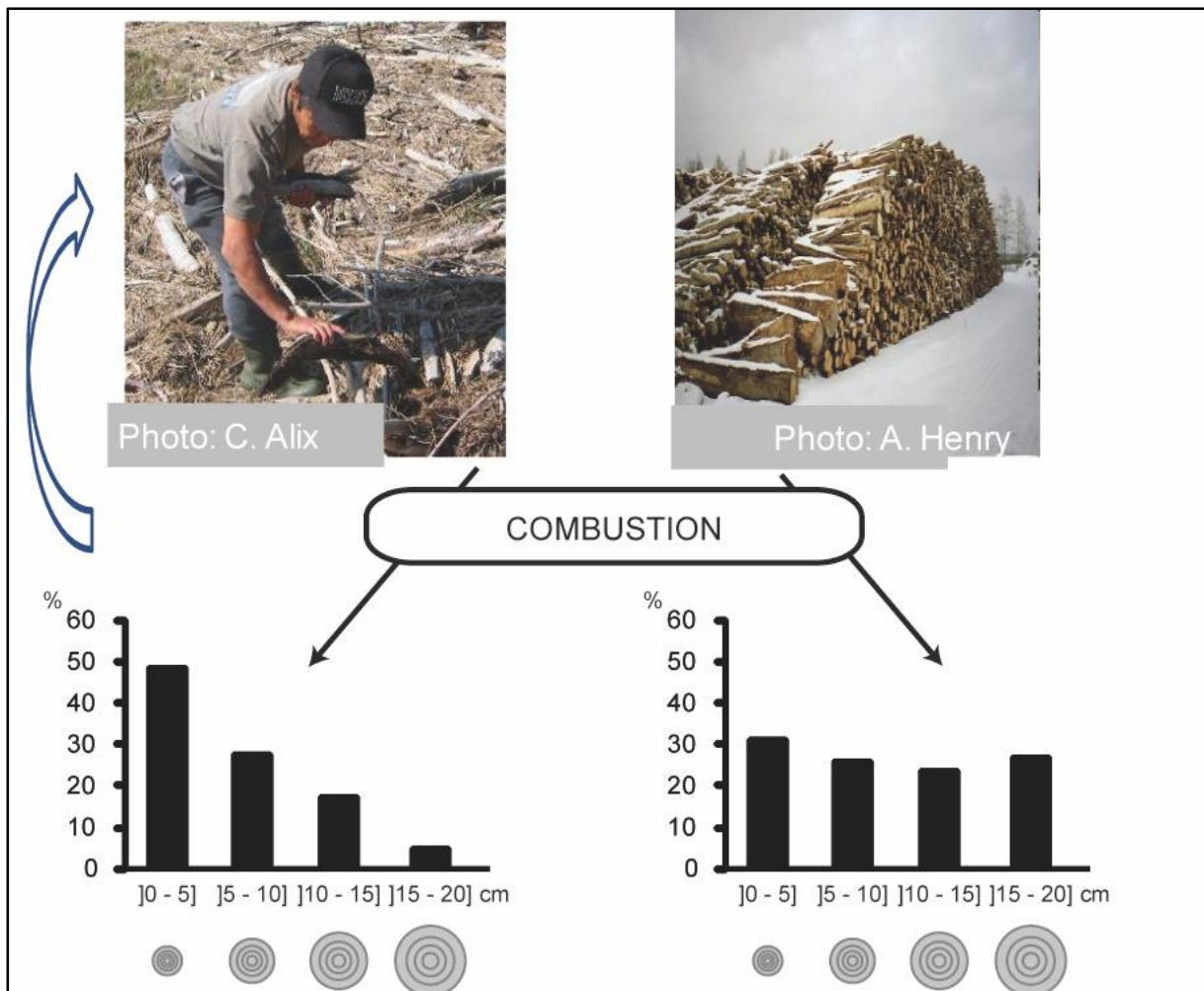


Figura 2: Uma hipótese: o perfil dos histogramas de classes de diâmetro após combustão é função do processo de aquisição de lenha.

### **Materiais e métodos**

A experimentação tem vários objetivos:

- Estudar a relação entre a distribuição em classes de diâmetro antes e depois da combustão;
- Verificar a representatividade dos histogramas em relação às amostras das quais eles provêm;
- Testar a diferença estatística entre amostras distintas;
- Propor um modelo estatístico para o estudo de amostras arqueológicas.

A complexidade da implementação da experimentação e a natureza extremamente demorada das medições de diâmetros nos levaram a trabalhar inicialmente com amostras de madeira deliberadamente simples, não sendo o objetivo testar todas as situações possíveis, mas sim avaliar a relevância do método.

Foram realizadas três séries de experimentos: uma primeira série (série 1: > 25 cm) de quatro combustões, compostas por amostras de madeira de diâmetros superiores a 25 centímetros cortada em achas; uma segunda série (série 2: 7-10 cm) de cinco combustões, compostas de amostras homogêneas de pequeno diâmetro (7-10 cm); uma terceira série (série 3: eixo) proveniente do corte total de uma

árvore inteira na qual a gama de diâmetros se encontra entre 1 e 20 cm, divididos em duas amostras idênticas de composição heterogênea (ou seja, 2 réplicas para este experimento).

Após as combustões, 5500 carvões foram medidos por análise de imagem associando-se os métodos de Chrzavzez (2006) e Paradis-Grenouillet et al. (2013), ou seja, 500 carvões por cada queima. Para cada fogueira experimental, a medida individual do último anel visível em cada um dos fragmentos estudados permitiu estabelecer um histograma para as classes de diâmetro representadas (4 classes de diâmetro com amplitude de 5 cm).

### **Resultados (Figura 3)**

Antes da combustão, a série 1 (> 25 cm) era composto unicamente por achas de diâmetro superior a 25 cm. Após a combustão, a fragmentação da madeira provocou uma redistribuição dentro das diferentes classes de diâmetros, que não parece seguir um modelo linear. A redistribuição é globalmente homogênea em todas as classes, embora se observe uma discreta super-representação da classe [5-10cm]. A classe [15-20cm], que consiste na classe "esperada", ou seja, a que melhor representa os diâmetros antes da combustão, corresponde a no máximo 30% dos fragmentos. Os resultados da segunda série (7-10 cm) são homogêneos, sendo que a classe "esperada" das amostras sub-representadas ou não representados (3/5 das fogueiras). A classe [5-10cm] agrupa no máximo 3% dos fragmentos. Antes de combustão, as amostras da terceira série, que corresponde ao corte de um pinheiro, eram compostas por 20% de diâmetros [15 a 20 cm], 37% de diâmetros [10 a 15 cm], 3% de diâmetros [5 a 10 cm] e 40% de diâmetros [0 a 5 cm]. A comparação dos dois histogramas pós-combustão mostra uma redistribuição semelhante nas diferentes classes. As classes [10-15cm] e [15-20 cm] são sistematicamente sub-representadas após a combustão, enquanto a classe [5-10cm], levemente aumentada, representa bem as frequências antes da combustão; a classe [0-5 cm] é super-representada, com quase 85% dos fragmentos após a combustão, contra 40% antes.

A fragmentação da madeira durante a combustão provoca uma redistribuição no seio das diferentes classes de diâmetro. Consequentemente, as medidas individuais não refletem o diâmetro inicial das amostras de madeira queimadas, mas são resultado da fragmentação. A classe mais alta é sistematicamente sub-representada, enquanto a classe mais baixa é sempre super-representada ([0-5cm]). Os efeitos combinados da contração radial com o processo de combustão da madeira a partir da periferia até o cerne bastam para explicar a sub-representação da classe superior. A fragmentação é a causa da super-representação sistemática da classe mais baixa ([0-5cm]), independentemente do tamanho original da madeira queimada. A dissimilaridade na representação das classes ante e pós-combustão contrasta com a similaridade dos resultados entre as réplicas de cada experimento. A reprodutibilidade das medições sistematicamente observadas nas três séries de experimentos



realizadas sugere uma natureza não aleatória da forma do histograma, que reflete bem a composição da amostra de madeira original que foi carbonizada.

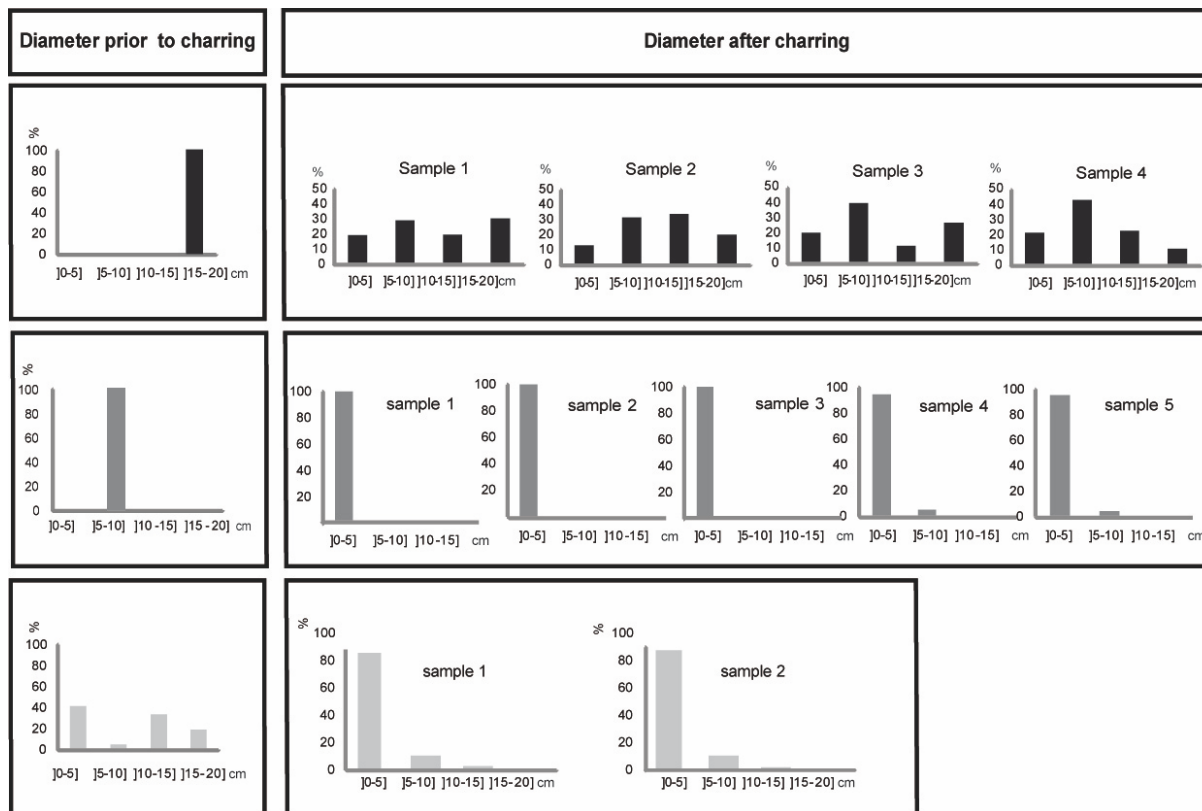


Figura 3: Perfis de histogramas do referencial experimental pós-combustão.

Análises estatísticas multivariadas permitem testar a diferença entre os dois conjuntos. A análise discriminante (AFD) é um método descritivo e explicativo, semelhante à análise de componentes principais (ACP), que se aplicam a dados quantitativos para os quais se pode definir uma tipologia ou partição, o que corresponde bem aos nossos dados. A população estatística consiste nas diferentes combustões realizadas; as variáveis correspondem ao valor individual de cada classe de tamanho para cada uma destas combustões. Este método permite testar tanto a semelhança entre os resultados em cada categoria como a diferença das categorias entre si (Figura 4). De acordo com a análise, a diferença entre o centróide dos três grupos foi significativa (teste do Lambda de Wilks), sendo a classificação das amostras a posteriori idêntica à sua classificação a priori, isto é, à distribuição em três grupos de acordo com o nosso protocolo. De acordo com o esperado pela nossa hipótese, os três lotes foram bem discriminados. Pode-se então confirmar que o valor individual de cada classe de diâmetro não representa a amostra de madeira da qual ela provém, mas que a distribuição de classes é função da composição, em diâmetros, da amostra de madeira queimada.

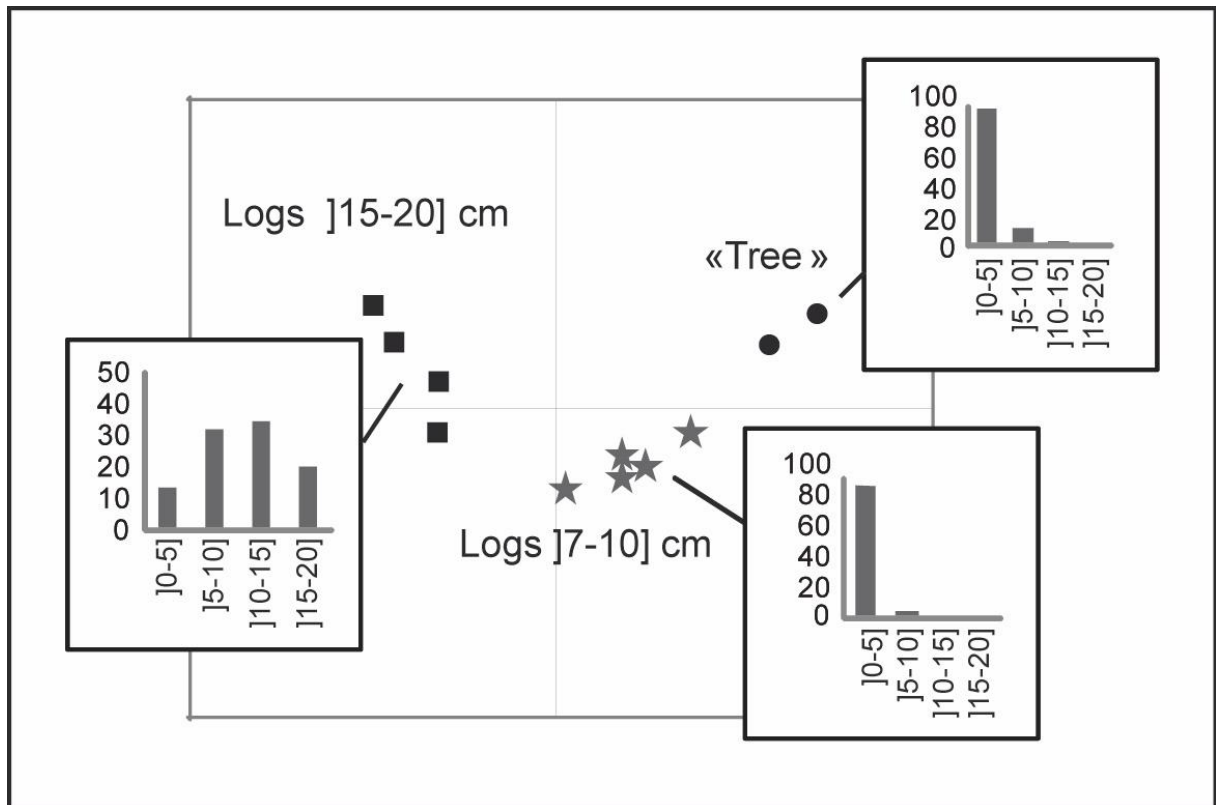


Figura 4: Distribuição do referencial experimental no plano discriminante (Análise Fatorial Discriminante).

### Discussão

O referencial experimental permitiu (1) estudar a relação entre a composição (diversidade de diâmetros) das amostras de madeira e o perfil dos histogramas de classes de diâmetro resultante após a combustão; (2) mostrar a ausência de diferença estatística entre os perfis dos histogramas das diferentes réplicas; (3) mostrar que as amostras de madeira de composição diferente são discriminadas estatisticamente pelo perfil dos histogramas de classes de diâmetros com base nas medições de cada carvão após a combustão.

Deduz-se que, em princípio, o modelo pode ser passível de transposição a contextos arqueológicos. Uma das aplicações da AFD consiste na possibilidade de atribuir estatisticamente um espectro arqueológico a um modelo de distribuição estabelecido a partir de um referencial e consequentemente deduzir o diâmetro médio da madeira utilizada como combustível. Duas condições permitirão sistematizar esta aplicação; em primeiro lugar, um referencial experimental maior precisa alimentar o modelo para explicar uma maior diversidade de combinações de diâmetro, além de verificar se outras espécies de plantas suportam a robustez deste modelo; em segundo lugar, deve-se demonstrar que conjuntos de amostras muito diferentes entre si não conduzam a histogramas com um mesmo perfil. Finalmente, uma ferramenta estatística não é uma ferramenta de tomada de decisão, mas apenas um apoio à formulação de hipóteses e a interpretações arqueológicas que devem ser sempre apoiadas por outros dados.

Uma primeira aplicação deste modelo foi proposta para o estudo de carvões dos sítios Paleolíticos de Fumane (Veneto, Itália) (CHRZAVZEZ 2006; CHRZAVZEZ et al. 2012). Os resultados da análise suportam a hipótese de uma coleta preferencial de madeira de pequeno calibre correspondente a coleta aleatória, hipótese que se encaixa bem com o caráter pontual das ocupações no Paleolítico, que privilegiavam o imediatismo da demanda de madeira. A coleta de madeira já seca e fácil de coletar (madeira morta no chão ou na árvore, troncos à deriva de pequeno diâmetro), parece mais adequada para ocupações curtas (atividades cotidianas ou assentamentos especializados), mas também a ocupações mais longas quando a necromassa o permite (acampamento residencial). Podemos falar então de um manejo oportunista de madeira morta e seca, o qual não exclui necessariamente uma possibilidade de seleção (espécie, tamanho) dentro da necromassa. Ao contrário, a madeira de corte, que depende tanto de técnicas quanto de estratégias mais complexas a serem implementadas, seria preferencialmente associada a ocupações de longa duração do tipo residencial ou a ocupações mais pontuais quando a necromassa é escassa ou inacessível (por exemplo sob a neve).

### **MADEIRA MORTA / MADEIRA ALTERADA: QUAIS ASSINATURAS ANATÔMICAS?**

#### ***Premissas e estado das pesquisas***

A caracterização anatômica de madeira sã / morta / alterada se inscreve na perspectiva de descrever os modos de coleta de lenha, buscando evidenciar: (i) duas práticas opostas: coleta (madeira morta, potencialmente alterada por atividades de degradação biológica) e corte de árvores (árvore viva, madeira saudável); e (ii) o uso de madeira alterada para atividades especializadas, prática observada atualmente, especialmente entre os Evenk da Sibéria (HENRY 2011).

A distinção entre madeira sã e madeira morta depende da preservação de assinaturas anatômicas devidas à atividade de biodegradação antes da combustão. Trabalhos anteriores abordaram alguns dos critérios que permitem a caracterização anatômica de madeira morta (BLANCHETTE et al. 1997; BLANCHETTE 2000; THERY-PARISOT 2001; THERY-PARISOT e TEXIER 2006; ALLUE et al. 2009; MOSKAL-DEL HOYO et al. 2010). Mas os descritores propostos, sempre qualitativos, são problemáticos na medida em que se procure interpretar um conjunto arqueológico, em parte por causa da fraqueza de um argumento que se baseia essencialmente na presença/ausência de alterações visíveis. A observação de alterações na assembleia de carvões do sítio mesolítico de Clos de Pujol (Maciço Central, França) levou ao desenvolvimento de uma nova ferramenta de análise (HENRY 2011; HENRY e THERY-PARISOT 2014). O objetivo foi estabelecer um referencial atual que considerasse um gradiente de alterações e propor uma abordagem quantitativa aplicável a conjuntos arqueológicos.

### **Materiais e Métodos**

Amostragem de madeira ou carvão para o referencial foi realizada em dois conjuntos distintos: em primeiro lugar, amostras de madeira coletadas em árvores vivas ou no solo dentro de populações atuais de *Pinus sylvestris* (Causse du Larzac, França); em segundo lugar, carvões coletados em fogueiras tradicionais dos Evenk da Sibéria, no quadro de uma missão etnoarqueológica.

O referencial "Madeira" consiste em quatro séries que apresentam um gradiente de alterações macroscópicas que vai de inalterado a muito alterado: dois lotes de madeira de referência saudável (H1, H2), dois lotes de madeira morta na árvore sem nenhuma alteração macroscópica (SD1, SD2), três lotes de madeira morta no solo com alterações macroscópicas pontuais (FD1, FD2, FD3) e três lotes de madeira morta no solo com alterações macroscópicas de grande amplitude (HRST, R1, R2).

O referencial "etnoantracológico" consiste em carvões coletados em dois tipos de fogueiras: o *Samnin* ('S - Evenk smudge'), fogueira ao ar livre de fumigação destinada a proteger os animais domésticos dos mosquitos, composta principalmente por madeira verde e por madeira não selecionada, uma mistura de lariço (*Larix*) em diferentes estados fenológicos e fisiológicos; e o *Njučínak* ('N - Evenk smoke'), fogueira especializada para o tratamento de peles, alimentada com madeira de *Larix* muito alterada, pulverulenta, de cor vermelho escuro, e acesa por adição de brasas ardentes de *Larix* a priori saudável ou pouco alterado.

As amostras de referencial "Madeira" foram tratadas de duas maneiras: uma série de amostras de controle carbonizados em rodela em forno de mufla, a 500 °C durante 30 min (9 amostras de referência) e uma série carbonizada em fogueira aberta no laboratório (10 combustões). Após carbonização, as amostras foram observadas em microscópio de luz refletida (ampliação:100, 200 e 500 vezes) (mais de 900 fragmentos de carvão). As observações buscaram identificar marcadores microestruturais de alteração e sua generalização no mesmo carvão. O grau de alteração foi classificado de 0 a 3 de acordo com sua intensidade (para uma descrição detalhada das alterações ver HENRY e THERY-PARISOT 2014).

Os carvões etnoantracológicos foram observados ao microscópio de luz refletida sem preparação. Eles foram sujeitos às mesmas observações.

### **Resultados (Figura 5)**

As alterações da estrutura anatômica são visíveis na seção transversal, o que permite uma rápida caracterização do estado de deterioração. A análise dos planos longitudinais não acrescenta nenhuma informação adicional. A definição de um índice de alteração (A.L. = 0 a 4) permitiu classificar cada carvão numa classes de alteração, para em seguida quantificar as proporções destas classes em cada amostra. Cada índice de alteração "i" foi notado A.L.(i). As observações foram feitas em uma amostra de 150 carvões tirados ao acaso de cada lote (um total de 1.500 observações).

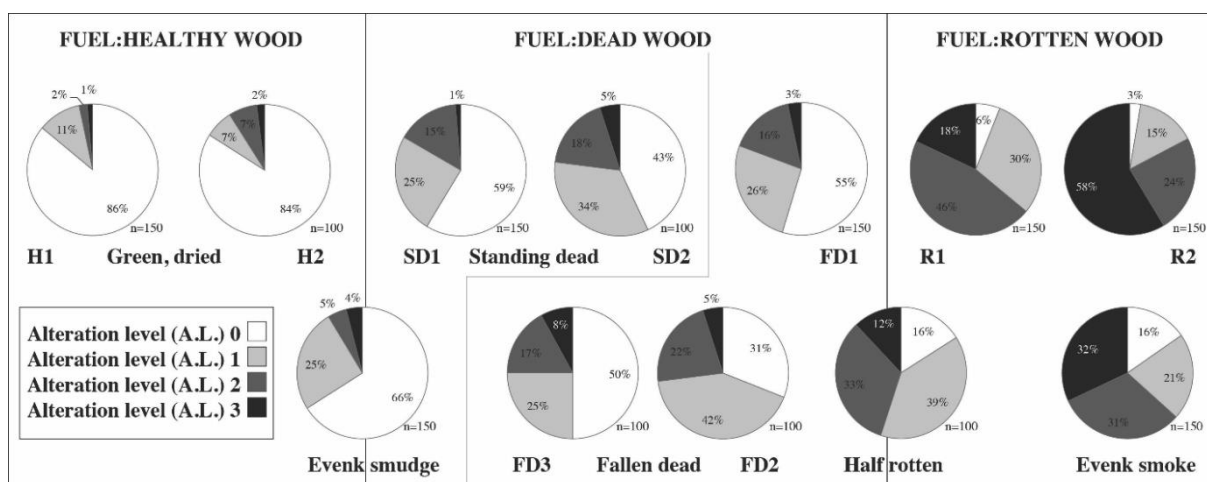


Figura 5: Síntese dos resultados das amostras experimentais e etnoarqueológicas: proporção de A.L. por amostra.

### As amostras atuais

As observações feitas em lotes de madeira atuais mostram que as proporções dos diversos tipos de alteração se estabilizam a partir de cerca de 100 carvões. As amostras de controle (H1, H2) são pouco alteradas, apresentando, respectivamente, 84 e 86% de A.L.(0). Ocorreram, no entanto, algumas amostras com maior A.L. As amostras de madeira morta na árvore e morta no solo (SD1, SD2, FD1, FD2, FD3) são semelhantes entre si, apresentando, em média, 42% de carvões alterados do tipo A.L.(1). As amostras de madeira "muito alteradas" (HRST, R1 e R2) apresentaram de fato índices de alteração muito fortes, ou seja, mais de 80% de A.L.(3).

### O material etnográfico

Como no caso da madeira do referencial, os resultados destas amostras se estabilizaram a partir da análise 100 carvões. O *Evenk njučinak* (tratamento de peles) apresentou 80% de carvões alterados (A.L.=\*), com uma maior proporção de alterações do tipo A.L.(3). O *samnín* (para afastar mosquitos) apresentou uma menor proporção de alteração (34%), com predominância de alterações do tipo A.L.(1). O teste de Mann-Whitney confirmou que existe uma diferença estatística entre os dois grupos.

### Definição de um índice de alteração

Os resultados da experimentação mostraram que a observação de 100 carvões numa sub-amostragem aleatória é representativa do conjunto das madeiras estudadas. As alterações da estrutura anatômica são preservadas após carbonização. A madeira de aspecto saudável também pode apresentar colonização por agentes de degradação; alterações de forte intensidade não são exclusivas das amostras alteradas numa escala macroscópica, e vice-versa. Um teste de comparações múltiplas (Dunn), visando testar a diferença estatística entre os lotes, permitiu discriminar quatro grupos: um

grupo não alterado correspondente à madeira sadia (H1, H2) e à fogueira de fumigação (S); um grupo composto pelas amostras de madeira morta na árvore (SD1 e SD2) e no solo (FD1 a FD3), moderadamente alteradas; e um grupo constituído pelas amostras de madeira morta muito degradada (HRST, R1 e R2) e pela fogueira de tratamento de peles (V).

Com base nestes resultados, foi calculado um índice de alteração, denominado AI, cujo objetivo é propor um critério quantitativo para a caracterização de carvões arqueológicos (Figura 6). Este índice permite considerar tanto a intensidade como a frequência de alterações:

$$AI = (nA1x1+nA2x2+nA3x3)/n(0 \text{ à } 3)x3).$$

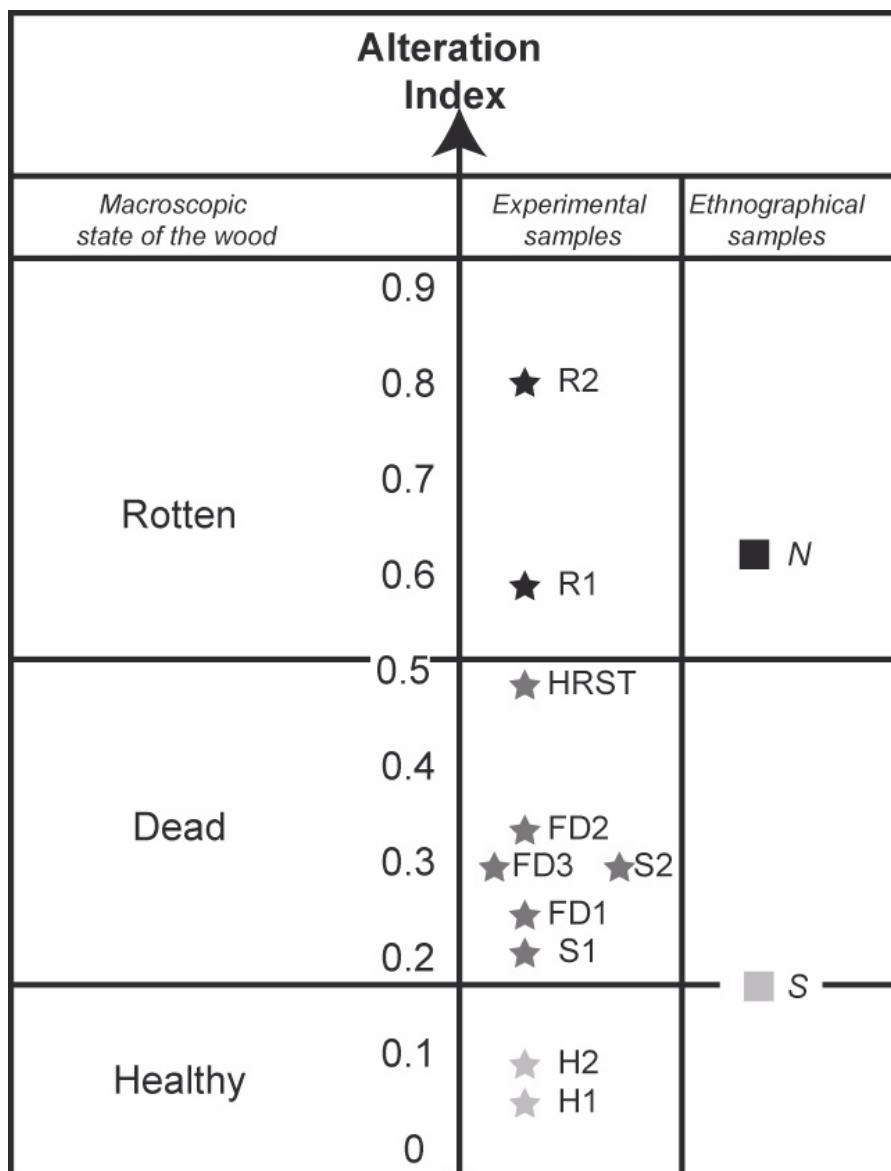


Figura 6: Classificação das amostras de carvão de acordo com o Índice de alteração (AI).

Por convenção, se 100% de carvão tiver zero alteração, AI = 0. Segundo esta classificação, um índice baixo (<0,15) corresponde a um lote de madeira saudável. Os valores médios (0,2 a 0,34) assinalam uma assembleia proveniente de madeira morta (coletados no chão ou na árvore); ao passo que valores superiores a 0,5 caracterizam um lote de madeira muito degradada, do tipo fogueira

especializada. Aplicada ao material etnoantracológico, este índice permite classificar corretamente os carvões de acordo com o referencial: o *samnín*, composto de madeira não selecionada coletada aleatoriamente, se classifica entre o referencial “madeira sã” e o referencial “madeira morta pouco alterada”, enquanto o *njučínak*, composto de madeira muito alterada, se classifica no referencial desta categoria.

### ***Discussão: do cálculo do índice à interpretação***

O cálculo do índice de alteração permite identificar o estado da madeira quando ela foi levada ao fogo. Um índice muito baixo ou, ao contrário, muito elevado, fornece uma indicação relativamente precisa do estado fenológico do combustível utilizado. Este não é o caso dos valores médios, interpretados como resultado de uma mistura de valores extremos ou de uma acumulação de valores médios. Neste caso, será mais o aspecto das diferentes curvas de proporção dos estados de alteração que vai permitir uma compreensão do grau de alteração. Em última análise, deve-se considerar o contexto sócioeconômico global, a natureza do sítio e do depósito antracológico, visando propor uma interpretação precisa do contexto.

Um trabalho preliminar semelhante foi realizado em amostras de carvalho (*Quercus* f.). Em estágios de decomposição macroscópica equivalentes, os índices de alteração do carvalho são muito inferiores aos obtidos para pinheiros e *Larix*. No entanto, utilizando testes adequados foi possível discriminar os lotes de madeira pouco, moderadamente e altamente alterados.

Aplicado a amostras arqueológicas, o índice de alteração permite discutir as modalidades de coleta de lenha (coleta aleatória, armazenamento, corte de árvores). Ele pode também ser útil para evidenciar o uso de estruturas de combustão especializadas, por exemplo relacionadas com a utilização de madeira altamente alterada com propriedades térmicas específicas que podem ter sido selecionadas. Uma aplicação do método foi proposta por Henry no estudo do sítio mesolítico Clos de Pujol. Os resultados demonstraram que a aquisição de madeira foi orientada predominantemente para a coleta de madeira morta no solo, moderadamente alterada. Esta interpretação é consistente com os indicadores sazonais que sugerem que ocupações estacionais do sítio na estação favorável, durante a qual toda a biomassa do solo está diretamente acessível (HENRY 2011; HENRY e BOBOEUF 2016).

## **SECO OU FRESCO? COMO IDENTIFICAR O ESTADO DA MADEIRA QUEIMADA?**

### ***Premissas e estado das pesquisas***

Algumas assembleias antracológicas apresentam alterações significativas na estrutura anatômica, em especial devido à presença de fendas de retração, cujo aparecimento no material

carbonizado é semelhante ao observado em achas redondas durante a secagem da madeira. Elas correspondem a um fenômeno bem conhecido de retração celular devido à evacuação da água de ligação, abaixo do ponto de saturação das fibras, que é de cerca de 30% de umidade e à incompatibilidade da contração tangencial (de 8 a 10%) e da contração radial (4 a 5%) durante a secagem da madeira (MAC GINNES et al. 1971; BEALL et al. 1974; MOORE et al. 1974; SCHWEINGRÜBER 1978; SLOCUM et al. 1978; CUTTER et al. 1980; ROSSEN e OLSON 1985; STIMELY e BLANKENHORN 1985). A carbonização, cuja primeira fase corresponde à evacuação da umidade da madeira, amplifica este fenômeno de retração (PRIOR e ALVIN 1986; PRIOR e GASSON 1993; SCOTT et al. 2000; KUMAR et al. 2006; MCPARLAND et al. 2009; PASTOR-VILLEGAS et al. 2007). A presença de fendas de retração visíveis na seção transversal dos carvões aponta para um elevado teor de umidade da madeira. As interpretações mais correntes as relacionam com o uso preferencial de madeira verde relacionado a atividades especializadas (p.ex., defumação, fumigação), no quadro de trabalhos visando interpretar a função e o funcionamento de fogueiras pré-históricas.

No entanto, nenhum dos trabalhos anteriores permitiu estabelecer uma relação direta entre o teor de umidade da madeira e a ocorrência ou o número de fendas de retração em uma amostra. Um destes estudos mostrou uma alta heterogeneidade interespecífica nos resultados, a qual foi explicada pela existência de uma grande variabilidade intra-específica e pela ausência de relação entre temperatura/umidade e fendas de retração (THERY-PARISOT 2001). No entanto, nestas experiências, um parâmetro do protocolo estabelecido para a preparação de amostras pode ter induzido uma variabilidade incontrolável, já que as amostras "verdes" foram artificialmente saturadas com água em uma bomba de vácuo. Por esta razão, foi realizado um estudo adicional utilizando material verde no seu estado natural.

### ***Materiais e Métodos***

O objetivo do experimento foi estabelecer um referencial a partir de amostras de madeira com taxas de umidade perfeitamente controladas, visando identificar a relação entre a ocorrência de retração (expressa em número de amostras afetadas pela retração), o número de fendas de retração por amostra, a amplitude das fendas de retração (comprimento e largura), e o teor de umidade antes da combustão (Tabela 3). As medições foram feitas considerando uma superfície de observação idêntica de 1 cm<sup>2</sup>. Nas medições, denominamos "FR" às fendas de retração ("RC": radial cracks, em Inglês).

O referencial foi realizado a partir de amostras de pinheiro-silvestre saudáveis, secos e verdes, recém abatidos. Visando considerar a variabilidade estacional e intra-específica, as amostras foram coletadas em diferentes estações e em vários eixos de um mesmo indivíduo.

As amostras foram processadas de duas formas (ver THÉRY-PARISOT e HENRY 2012, para uma descrição detalhada do protocolo):



- Em um forno mufla sob a forma de discos, visando monitorar o progresso da carbonização e considerar a variável temperatura – 36 amostras frescas e 36 amostras secas (12 amostras frescas / 12 amostras secas a 350 °C; 12 amostras frescas / 12 amostras secas a 500 °C; 12 amostras frescas / 12 amostras secas a 650 °C);

- Em uma fogueira de laboratório, quatro combustões padronizados (cada fogueira composta por 6 achas de 33 cm, não divididas, de diâmetro 7-8 cm), mais próximo a condições arqueológicas: duas combustões de madeira verde e duas combustões de madeira seca.

Ao final das combustões, as medições foram realizadas com um sistema de análise de imagem na face transversal de cada fragmento (programa Image-Pro Plus).

Os resultados concernem um total de 272 amostras analisadas (72 em forno mufla e 200 em fogueira aberta).

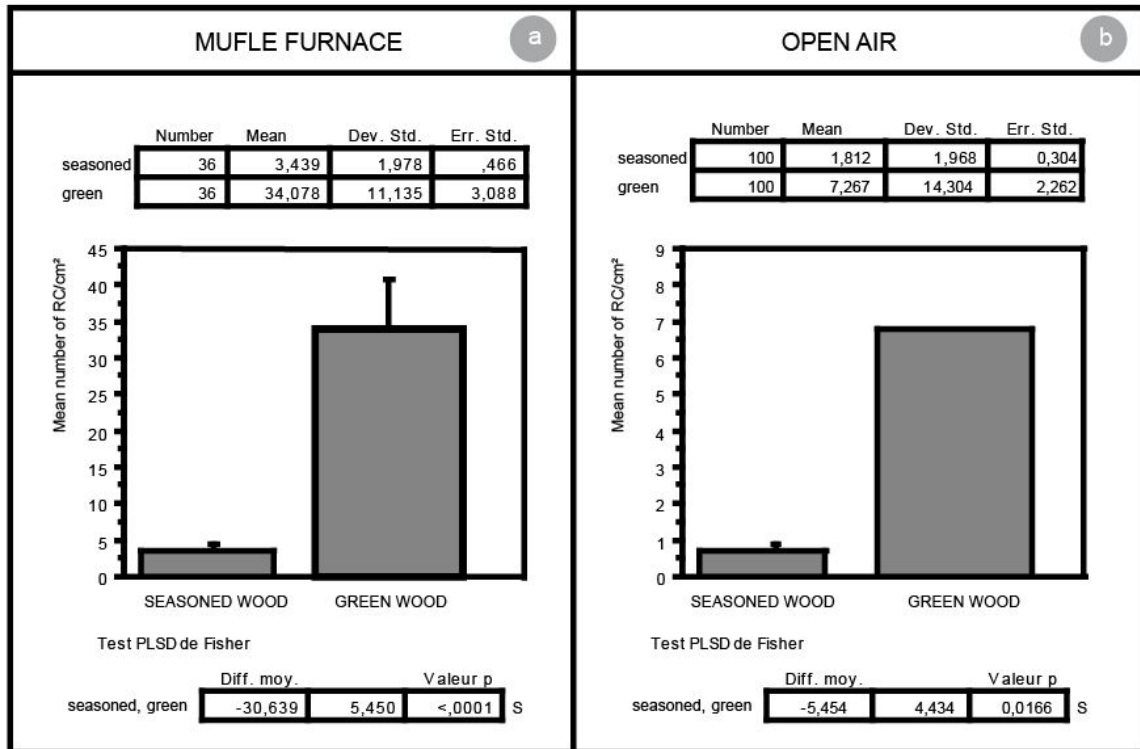
## **Resultados**

### *O referencial em forno mufla (Figura 7a)*

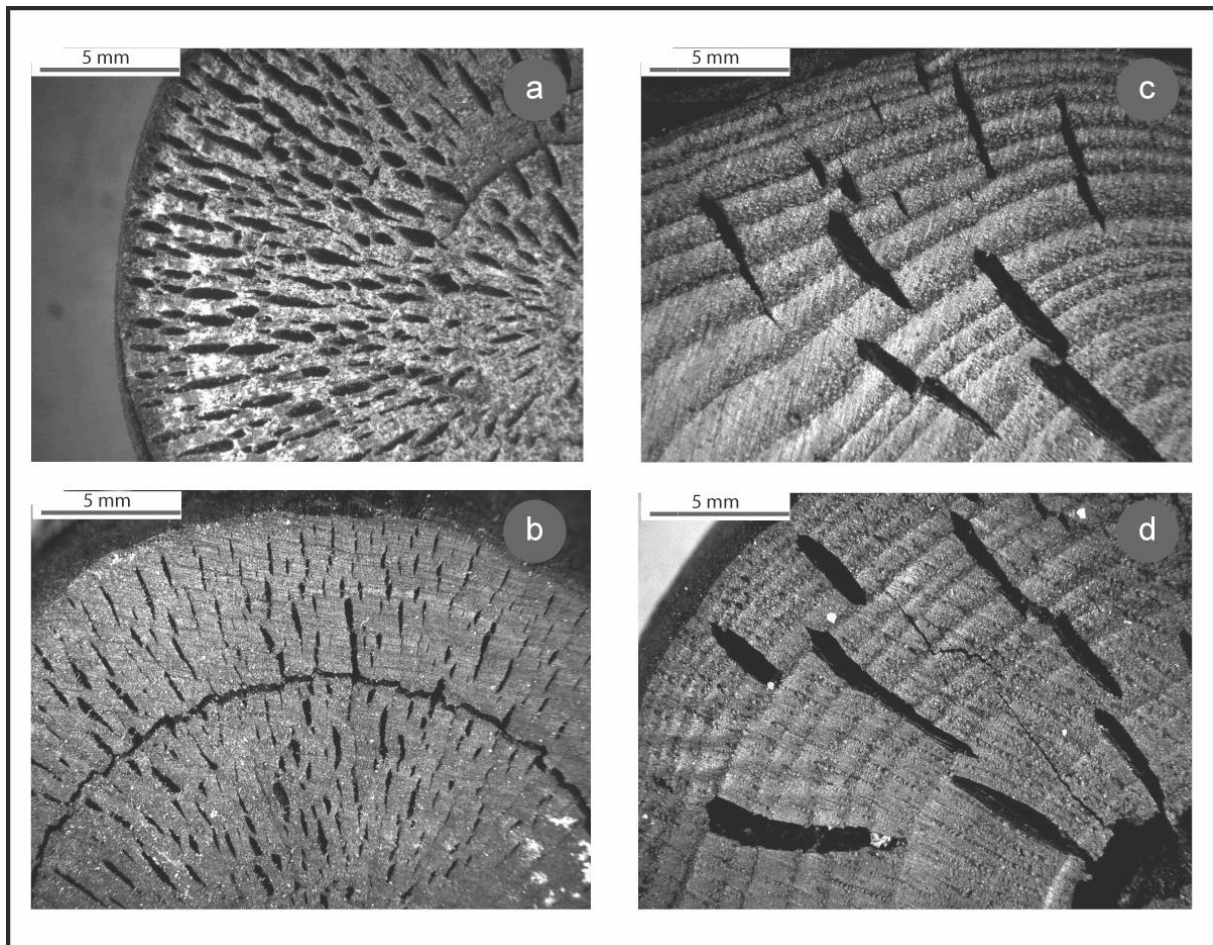
O primeiro resultado diz respeito à frequência de ocorrência de fendas de retração. Todas as amostras apresentaram fendas de retração visíveis, independentemente do teor de umidade inicial da madeira. Uma análise de variância mostrou que as variáveis *temperatura* e *umidade* têm efeito significativo sobre o número de fendas de retração por amostra. O aumento da temperatura provoca um aumento no número médio de fendas de retração com um efeito maior em amostras de madeira verde (em média 12 FR/cm<sup>2</sup> a 300 °C, 30 FR/cm<sup>2</sup> a 500 °C e 40 FR/cm<sup>2</sup> a 650 °C). No entanto, a variável *temperatura* tem menos impacto do que a variável *umidade*. Uma análise de variância mostra que as amostras verdes são claramente discriminadas das amostras secas ( $p < 0,0001$ ), apresentando em média dez vezes mais fendas de retração.

Medidas sistemáticas mostram que as temperaturas não afetam o comprimento e a largura das fendas de retração cujas variações de tamanho são aleatórias dentro de um mesmo grupo (seco ou verde). Inversamente, a variável "umidade" discrimina o comprimento ( $p < 0,0002$ ) e a largura ( $p < 0,0073$ ) das fendas de retração: elas são mais longas e mais largas nas amostras secas, mais curtas e menos desenvolvidas nas amostras verdes (Figura 8).

Em resumo, a frequência de ocorrência de fendas de retração não é em si um indicador do teor de umidade da madeira, na medida em que todas as amostras apresentam retração. A temperatura tem efeito significativo sobre o número de fendas de retração mas este efeito é menos importante do que o teor de umidade. A ocorrência de fendas de retração é dez vezes superior nas amostras verdes, mas é essencial considerar também o comprimento e a largura das fendas. As fendas de retração são mais numerosas e menores em amostras verdes, menos numerosas mas maiores em amostras secas.



**Figura 7:** Efeito do teor de umidade sobre o número de FR/cm<sup>2</sup> no forno mufla (a) e na fogueira aberta (b) (ANOVA e teste PLSD Fisher).



**Figura 8:** As fendas de retração são numerosos e menos desenvolvidos em amostras de madeira verde (a, b), e menos frequentes e mais desenvolvidas em amostras de madeira seca (c, d).

### *O referencial fogueira aberta (Figura 7b)*

As temperaturas foram registradas por uma série de 12 sensores distribuídos na fogueira, os quais substancialmente idênticas em todas as experiências. Apenas a duração da combustão diferenciou as amostras secas das amostras verdes (4h40 em média para a madeira seca, contra 6h em média para a madeira verde).

Em nossos experimentos, 70% das amostras apresentaram fendas de retração, independentemente do teor de umidade inicial da madeira. A frequência de ocorrência de retração não apresentou nenhum valor diagnóstico do estado inicial da madeira queimada. Em contraste, o número de fendas de retração discrimina as amostras secas e verde ( $p < 0.0166$ ); as fendas de retração são, em média, quatro vezes mais numerosas em amostras verdes do que em amostras secas (respectivamente 8 FR/cm<sup>2</sup> e 2 FR/cm<sup>2</sup>). Por outro lado, não há diferença estatística entre os tamanhos das amostras de madeira seca e madeira verde.

### ***Síntese e Discussão***

De acordo com nossos resultados, todas as amostras apresentaram fendas de retração visíveis, independentemente do teor de umidade inicial da madeira. As variáveis temperatura e umidade tiveram um efeito significativo sobre o número de fendas de retração por amostra. O aumento da temperatura provoca um aumento no número médio de fendas de retração com um efeito maior nas amostras de madeira verde, tanto em fogueira aberta como no forno mufla. No forno mufla a variável umidade prevalece sobre a variável temperatura. As amostras verdes são claramente discriminadas das amostras secas ( $p < 0,0001$ ) e têm, em média, dez vezes mais fendas de retração em sistema fechado e em média quatro vezes mais em fogueira aberta. As temperaturas não afetam o comprimento e a largura das fendas de retração, cujas variações de tamanho são aleatórios. A variável umidade discrimina o comprimento ( $P < 0,0002$ ) e a largura ( $p < 0,0073$ ) das fendas de retração em um forno mufla, mas não na fogueira aberta. Os resultados são menos expressivos em forno mufla, provavelmente por causa das condições de combustão intrínsecas e extrínsecas, mais heterogêneas em fogo aberto.

Nossas observações demonstram que um simples cálculo de percentagem das fendas de retração em uma assembleia arqueoantracológica não pode em hipótese alguma ser utilizado para deduzir o teor de umidade da madeira queimada, uma vez que nem a frequência de ocorrência das fendas de retração, nem a amplitude das fendas têm valor diagnóstico do teor de umidade.

As alterações de dimensão da madeira se relacionam a fatores higrométricos, isto é, se devem à diferença entre o estado anidro (0% de umidade) e o ponto de saturação das fibras, 30% de umidade (AIESB, 2013). Sendo assim, é a evaporação da água ligada que provoca o aparecimento de fissuras. Ora,

a madeira, mesmo perfeitamente seca, contém sempre uma proporção de água ligada residual (12% no mínimo). A evacuação desta água durante a primeira fase da combustão gera um stress interno que resulta na ocorrência de fendas de retração, independentemente do teor de umidade da madeira. Ao contrário, o número médio de fendas de retração da amostra parece permitir uma boa estimativa do teor de umidade da madeira queimada. O fenômeno é mais acentuado nos experimentos em forno mufla, mas em ambos os casos, os lotes secos e verdes são estatisticamente discriminados (1,4 a 2,5 FR/cm<sup>2</sup> no seco vs de 6,8 a 8,2 FC/cm<sup>2</sup> no verde).

O efeito da temperatura sobre o número de fendas de retração é provavelmente superestimado pelo protocolo no forno mufla, que induz um choque térmico e não um aumento progressivo da temperatura. Em consequência, é difícil relacionar este fenômeno a um processo natural de combustão em estrutura aberta. No entanto, é provável que este seja um fator a se ter em conta no estudo de carvões de estruturas fechadas, de tipo artesanal, onde as temperaturas são mais elevadas, mesmo que o teor de umidade seja sempre um fator preponderante na frequência das fendas de retração.

A transposição direta destes resultados para o estudo de carvões arqueológicos permanece sendo uma etapa delicada. No material arqueológico, e mais ainda nos carvões de idade pleistocênica, a superfície de observação é geralmente reduzida, o que limita significativamente a observação do fenômeno. Além disso, se a maior parte da fragmentação do material ocorrer em áreas com alta densidade de fendas de retração, as mais frágeis, não será mais possível observá-las. Finalmente, como interpretar os valores intermediários? Como uma mistura de madeira seca e madeira verde em uma mesma fogueira, ou como a combustão sucessiva de madeira verde seguida de madeira seca? Este método de avaliação do teor de umidade da madeira é ideal para o estudo de depósitos concentrados, testemunhos de eventos de combustão bem identificados dos quais se pode deduzir a função. Ao contrário, os depósitos sintéticos (carvões dispersos) são mais difíceis de se qualificar para este tipo de estudo, precisamente pelo fato dos resultados não serem tão claros.

Estudos anteriores demonstram uma forte heterogeneidade nas medidas de frequência das fendas de retração, especialmente para as Angiospermas, cuja variabilidade anatômica é maior do que a das Gimnospermas (THERY-PARISOT 2001). As condições estacionais que podem induzir uma variabilidade intraespecífica representam um fator de heterogeneidade pouco controlável. Finalmente, a posição da amostra no ramo também constitui um fator de variabilidade, na medida em que as tensões induzidas pela combustão são maiores perto da medula do que na periferia.

## CONCLUSÕES

A observação conjunta e sistemática de assinaturas anatômicas aplicadas a carvões arqueológicos associadas à análise antracológica e ao estudo de outros combustíveis utilizados permite formular uma série de pressupostos, que dizem respeito à forma de aquisição e gestão da lenha. Eles permitem, em especial, identificar as práticas de coleta (madeira cortada / madeira coletada), discutir a função das fogueiras considerando o tipo de combustível utilizado (madeira sã / madeira verde / madeira alterada), além de prover elementos interpretativos para a definição do tipo de ocupação (p.ex. ocupações breves, sítios especializados). É importante questionar, caso a caso, sobre a aplicabilidade destes métodos às assembleias estudadas. O estado de conservação dos carvões pode limitar a observação das assinaturas anatômicas. Superfícies de observação muito pequenas no plano transversal (<2mm) não permitem uma leitura ideal, ao passo que informações muito localizadas ou fragmentárias podem conduzir a erros de interpretação.

Também é essencial considerar a natureza do depósito, pois nem todas as amostras são apropriadas para a aplicação destes métodos. Convencionalmente, distinguem-se: (i) depósitos bem estabelecidos crono-estratigraficamente, relacionados a uma atividade especializada; (ii) depósitos chamados "sintéticos", compostos de carvões dispersos, depositados ao longo de um tempo mais ou menos longo (CHABAL 1992; THERY-PARISOT et al. 2010a). Para os depósitos bem estabelecidos, a evidência de madeira verde ou muito alterada, de pequenos diâmetros, pode informar sobre as especificidades térmicas da estrutura estudada (p.ex. carvoaria, defumação, tratamento de materiais); enquanto que no caso dos depósitos sintéticos, tal evidência pode indicar não uma prática, mas sim uma representação média de múltiplas coletas de lenha, sem valor constante em termos de estratégia de aquisição e de uso.

Claro, a melhoria dos referenciais continua a ser um objetivo a curto e médio prazo. A fim de não vincular os resultados a um único taxon (o pinheiro), sabendo que sua organização celular condiciona necessariamente seu comportamento ao fogo, ampliamos o referencial para o estudo de outros taxa, sendo que os resultados, em curso de tratamento, mostram semelhanças com o já obtido mas também especificidades que devem ser confirmadas por análises complementares. A modelização da relação entre diâmetros antes e depois da combustão, incluindo situações intermediárias, permitirá definir uma gama mais ampla de histogramas de referência, além de outros taxa, oferecendo assim possibilidades de interpretações mais finas sobre as práticas de coleta que poderão se expandir para um maior número de contextos.

No entanto, estas ferramentas de análise ou referências de leitura não se bastam por si só, mas sim contribuem para a formulação de hipóteses sobre as práticas, da mesma forma como os métodos mais clássicos, o conjunto de dados contextuais do sítio, e os resultados que derivam do

estudo de outros materiais. Ainda que as interpretações devam permanecer inerentes ao contexto arqueológico, elas sempre trazem à luz possibilidades interpretativas mais originais e mais amplas do que o estudo taxonômico sozinho. Já está bem estabelecido que os referenciais baseados em observações da estrutura anatômica da madeira, desenvolvidos ou em curso de desenvolvimento, permitem aumentar o potencial interpretativo da antracologia. Estes métodos já começaram em alguns casos a ser aplicados rotineiramente na análise de material pré-histórico (CARUSO-FERME 2011, 2012). As perspectivas de pesquisa oferecidas pela química analítica também nos levam a considerar outros caminhos e outros marcadores para a caracterização de práticas de aquisição e gestão dos combustíveis.

### ***Agradecimentos***

Nosso agradecimento especial a Rita Scheel-Ybert, por ter nos dado a oportunidade de uma publicação bilíngue do artigo, assim como a Natacha Ribeiro de Souza Pinto e Caroline Bachelet pela qualidade da tradução.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIX, C. *Exploitation du bois par les populations néo-eskimo entre le nord de l'Alaska et le Haut Arctique canadien*. 2002. Thèse - Université de Paris I, Panthéon Sorbonne, Paris, 2002.
- ALLUE, E.; EUBA, I.; SOLE, A. Charcoal Taphonomy: The Study of the Cell Structure and Surface Deformations of *Pinus sylvestris* type for the Understanding of Formation Processes of Archaeological Charcoal Assemblages. *Journal of Taphonomy*, v. 7, n. 2-3, p. 57-72, 2009.
- BADAL GARCIA, E.; CARRION, Y.; GRAU, E.; MACIAS, M.; NTINOU, M. *The charcoal as cultural and biological heritage*. 5th International Meeting of Charcoal Analysis. Valencia, Spain, September 5th-9th 201. *Sagvntum Extra* 11, 2014, 220 p.
- BADAL-GARCIA, E. La antracología: Método de recogida y estudio del carbón prehistórico, *Saguntum*, v. 21, p.169-182, 1988.
- BADAL-GARCIA, E. L'antracologie préhistorique: à propos de certains problèmes méthodologiques. In: VERNET, J.L. (Org.). Les charbons de bois les anciens écosystèmes et le rôle de l'Homme, *Bulletin de la Société Botanique de France*, v. 139, n. 2-4, p.167-189, 1992.
- BEALL, F.C.; BLANKENHORN, P.R.; MOORE, G.R. Carbonized wood-physical properties and use as an SEM Preparation. *Wood and Science*, v. 6, n.3, p. 212-219, 1974.
- BLANCHETTE, R.A. A review of microbial deterioration found in archaeological wood from different environments. *International Biodeterioration and Biodegradation*, v.46, p.189-204, 2000.
- BLANCHETTE, R.A.; KRUEGER, E.W.; HAIGHT, J.E.; AKHTAR, M. e AKIN, D.E. Cell wall alterations in loblolly pine wood decayed by the white rot fungus *Ceriporiopsis subvermispora*. *Journal of Biotechnology*, v. 53, p. 203-213, 1997.
- CARUSO FERMÉ, L. *Modalidades de adquisición y usos de los recursos leñosos entre grupos cazadores-recolectores patagónicos (Argentina)*. Tese - Université Autonome de Barcelone, Barcelona, 2012.
- CARUSO FERMÉ, L.; THÉRY -PARISOT, I.; PIQUE I HUERTA, R. Recolectar o cortar? Modalidades de adquisición del material leñoso en cazadores-recolectores de Patagonia. In *Acta del VIII Jornadas de Arqueología de la Patagonia*, Malargüe, 3-7 octubre 2011, 2013.
- CHABAL, L. L'étude paléo-écologique de sites protohistoriques à partir des charbons de bois : la question de l'unité de mesure. Dénombrement de fragments ou pesées ? In: HACKENS, T.; MUNAUT, A.V. e TILL, CL. *Wood and Archaeology. Bois et archéologie*. First European Conference, Louvain-la-Neuve, Belgique, October 2nd-3rd 1987, *PACT* 22, 1990, p. 189-205.
- CHABAL L. La représentativité paléo-écologique des charbons de bois archéologiques issus du bois de feu. In: VERNET, J.L. Les charbons de bois les anciens écosystèmes et le rôle de l'Homme. *Bulletin de la Société Botanique de France*, v. 139, n. 2-4, p. 213-236, 1992.

- CHABAL, L. Forêts et sociétés en Languedoc (Néolithique final, Antiquité tardive. L'antracologie, méthode et paléoécologie. *Documents d'Archéologie Française*, v. 63. Paris: Maison des Sciences de l'Homme, 1997.
- CHRZAVZEZ, J. *Collecte du bois de fer et paléoenvironnements au Paléolithique. Apport méthodologique et étude de cas: la grotte de Fumane dans les Pré-alpes italiennes*. 2006. Mémoire de Master 2, Université de Paris I, Panthéon-Sorbonne, Paris, 2006.
- CHRZAVZEZ, J.; HENRY A.; THÉRY -PARISOT, I. Identificando estrategias de adquisición del combustible leñoso en antracología: ¿puede contribuir la experimentación a determinar el calibre de los carbones en contexto arqueológico. In: Morgado, Antonio, Baena Preysler, Javier, García Gonzalez, David. *La Investigación Experimental Arqueología*. Actes du 2ème Congrès International d'Archéologie expérimentale, 26 au 28 nov.2008. Ronda, Málaga, 2012.
- CHRZAVZEZ, J.; THÉRY-PARISOT, I.; FIORUCCI, G.; TERRAL, J.-F.; THIBAUT, B. Impact of post-depositional processes on charcoal fragmentation and archaeobotanical implications: experimental approach combining charcoal analysis and biomechanics. *Journal of Archaeological Science*, v. 44, p.30-42, 2014.
- CUTTER, B.E.; CUMBIE, B.G.; MAC GINNES, E.A. S.E.M. and Shrinkage Analyses of Southern Pine Wood Following Pyrolysis. *Wood Science and Technology*, v.14, p.115-130, 1980.
- DUFRAISSE, A. Economie du bois de feu et sociétés Néolithiques : études anthracologiques appliquées aux sites d'ambiance humide des lacs de Chalain et de Clairvaux (Jura, France). *Gallia Préhistoire*, v. 47, 187-234, 2005.
- DUFRAISSE, A. Charcoal anatomy potential, wood diameter and radial growth. In: DUFRAISSE, A. (Org.). *Charcoal analysis: new analytical tools and methods for archaeology*. Basel 2004, Archaeopress, Oxford p. 47-60, BAR International Series S1483, 2006.
- DUFRAISSE, A.; GARCIA-MARTINEZ, M.S. Mesurer les diamètres du bois de feu en anthracologie. *Anthropobotanica*, v.11, p. 1-18, 2011.
- FIorentino, G.; MAGRI, D. *Charcoals from the Past: Cultural and Palaeoenvironmental Implications*. Proceeding of the third international meeting of anthracology, Cavallino – Lecce (Italy), June 28th-July 1st, 2004. BAR International Series 1807, 2006.
- GARCIA-MARTINEZ, M.S.; DUFRAISSE, A. Correction factors on archaeological wood diameter estimation. In: BADAL, E.; CARRION, Y.E.; GRAU, E.; GARCIA, M.; NTINO, M. *Wood and charcoal : evidence for human and natural history*. Valencia, Espagne, Saguntum Extra p. 283–290, 2012.
- HEINZ, C. Dynamique des végétations holocènes en Méditerranée nord occidentale d'après l'antracoanalyse de sites préhistoriques: méthodologie et paléoécologie. *Paléobiologie continentale*, v. XVI, n. 2, 212 p., 1990.



- HEINZ, C.; RUAS, M.-P.; VAQUER, J. La grotte de l'Abeurador (Félines-Minervois, Hérault): paléoécologie d'après l'anthracologie et la carpologie. In: VERNET, J.L. Les charbons de bois les anciens écosystèmes et le rôle de l'Homme. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 1992, v. 139, n. 2-4, p. 465-482, 1992.
- HENRY, A. *Paléoenvironnements et gestion du bois de feu au Mésolithique dans le sud-ouest de la France: anthracologie, ethno-archéologie et expérimentation*. Thèse de doctorat, University of Nice-Sophia Antipolis. <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00726927>, 2011.
- HENRY, A.; THÉRY-PARISOT, I. From Evenk campfires to prehistoric hearths: charcoal analysis as a tool for identifying the use of rotted wood as fuel. *Journal of Archeological Science*, v. 52, p.321–336, 2014.
- HENRY, H.; BOBOEUF, M. Environnement ligneux et gestion du bois de feu au cours du Mésolithique au Clos de Pujol (Campagnac, Aveyron). *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, v. 113, n. 1 à 4, p. 5-30, 2016.
- KUMAR, R.R.; KOLAR, A.K.; LECKNER, B. Shrinkage characteristics of Casuarina wood during devolatilization in a fluidized bed combustor. *Biomass and Bioenergy*, v. 30, n.2, p. 153-165, 2006.
- LUDEMANN, T. Experimental charcoal-burning with special regard to charcoal wood diameter analysis. In: FIORENTINO, G.; MAGRI, D. *Charcoals from the past: cultural and palaeoenvironmental implications*. BAR International Series, Lecce, 2008, p. 147-158.
- MAC GINNES, E.A.; KANDEL, S.A.; SZOPA, P.S. Some structural changes observed in the structure of wood. *Wood and Fiber Science*, v. 3, n. 2, p.77-83, 1971.
- MARGUERIE, D.; HUNOT, J.-Y. Charcoal analysis and dendrology: data from archaeological sites in north-western France. *Journal of Archaeological Science*, v. 34, n.9, p. 1417-1433, 2007.
- MCPARLAND, L.C.; COLLINSON, M.E.; SCOTT, A.C.; CAMPBELL, G. The use of reflectance values for the interpretation of natural and anthropogenic charcoal assemblages. *Archaeological and Anthropological Science*, v. 1, p.249-261, 2009.
- MOORE, G.R.; BLANKENHORN, P.R.; BEALL, F.C.; KLINE, D. Some physical properties of birch carbonised in a nitrogen atmosphere. *Wood and Fiber Science*, v. 6, n.3, p.193-199, 1974.
- MOSKAL-DEL HOYO, M.; WACHOWIAK, M. e BLANCHETTE, R. Preservation of fungi in archaeological charcoal. *Journal of Archaeological Science*, v. 37, n.9, p.2106-2116, 2010.
- NELLE, O. Charcoal burning remains and forest stand structure - Example from the Black Forest (south-west-Germany) and Bavarian Forest (south-east-Germany), In: THIÉBAULT, S. *Charcoal analysis. Methodological approaches, Palaeoecological results and wood uses*. Proceedings of the second international meeting of anthracology, Paris, September 2000. B.A.R. International Series, v.1063, p. 201–207, 2002.

- PARADIS-GRENOUILLET, S.; DUFRAISSE, A.; ALLEE, P. Radius of curvature measurements and wood diameter: a comparison of different image analysis techniques. In: Damblon, F. *4th International Meeting of Anthracology*, Brussels, sept. 2008. British Archaeological Report Serie, v. 1063, Brussels, 2013.
- PASTOR-VILLEGAS, J.; MENESES RODRÍGUEZ, J.M.; PASTOR-VALLE, J.F.; GARCÍA GARCÍA, M. Changes in commercial wood charcoal by thermal treatments. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, v. 80, n. 2, p.507-514, 2007.
- PRIOR, J.; ALVIN, K.L. Structural changes on charring woods of *Dichrostachis* and *Salix* from Southern Africa: the effect of moisture content. *IAWA Journal*, v.7, n.3, p.243-249, 1986.
- PRIOR, J.; GASSON, P. Anatomical changes on charring six African hardwoods. *IAWA Journal*, v. 14, p.77-86, 1993.
- ROSSEN, J. e OLSON, J. - The controlled carbonisation and archaeological analysis of SE U.S. wood charcoals. *Journal of Field Archaeology*, v.12, p.445-456, 1985.
- SCHWEINGRÜBER, F.H. *Anatomie microscopique du bois*. Ed: Institut fédéral de Recherche Forestière, Zurcher, A. G, 1978.
- SCOTT, A.C.; CRIPPS, J.A.; COLLINSON, M.E. e NICHOLS, G. The taphonomy of charcoal following a recent heathland fire and some implications for the interpretation of fossil charcoal deposits. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 164, n. 1-4, p.1-31, 2000.
- SLOCUM, D.H.; MAC GINNIS, E.A. e BEALL, F.C. Charcoal yield, shrinkage, and density changes during carbonization of oak and hickory woods. *Wood Science*, v. 11, n. 1, p.42-47, 1978.
- STIMELY, G.L.; BLANKENHORN, P.R. Effects of species, specimen size, and heating rate on char yield and fuel properties. *Wood and Fiber Science*, v.17, n. 4, p.477-489, 1985.
- THÉRY-PARISOT, I. *Economie des combustibles au Paléolithique, Anthracologie, Expérimentation, Taphonomie*. Paris : CNRS-éditions, Dossier de Documentation Archéologique, v. 20, 2001, 195 p.
- THÉRY-PARISOT, I. Fuel management (bone and wood) during the lower Aurignacian in the Pataud rock shelter (lower Palaeolithic, les Eyzies de Tayac, Dordogne, France): contribution of experimentation and anthraco-analysis to the study of the socio-economic behaviour. *Journal of Archaeological Science*, v.29, p. 1415-1421, 2002a.
- THÉRY-PARISOT, I. The gathering of firewood during Palaeolithic time. In: THIÉBAULT, S. *Charcoal analysis. Methodological approaches, Palaeoecological results and wood uses*. Proceedings of the second international meeting of anthracology, Paris, September 2000. B.A.R. International Series, v.1063, p. 243-250, 2002b.
- THÉRY-PARISOT, I.; TEXIER, P.J. L'utilisation du bois mort dans le site moustérien de la Combette (Vaucluse). Apport d'une approche morphométrique des charbons de bois à la définition des

- fonctions de site, au Paléolithique. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, v. 103, n. 3, p.453-463, 2006.
- THÉRY-PARISOT, I.; CHABAL, L. e CHRAZVZEZ, J. Anthracology and taphonomy, from wood gathering to charcoal analysis. A review of the taphonomic processes modifying charcoal assemblages. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v.291, n.1, p. 142-153, 2010a.
- THÉRY-PARISOT, I.; CHABAL, L.; NTINOU, M.; BOUBY L.; CARRÉ A. From wood to wood charcoal: an experimental approach to combustion/ Du bois au charbon de bois, approche expérimentale de la combustion. In: THÉRY-PARISOT, I.; CHABAL, L.; COSTAMAGNO, S. The taphonomy of burned organic residues and combustion features in archaeological contexts. Proceedings of the round table, Valbonne, May 27-29, 2008. *Palethnologie*, v. 2: p. 79-91/81-93, 2010b.
- THÉRY-PARISOT, I.; COSTAMAGNO, S.; HENRY, A. *Gestion des combustibles au Paléolithique et au Mésoolithique: nouveaux outils, nouvelles interprétations*. Proceedings of Workshop 21. UISPP, XV congress Oxford Archaeopress: BAR International Series 1914, Lisbon, 4-9 September 2006, 2009.
- THÉRY-PARISOT, I.; DUFRAISSE, A.; CHRZAZVZEZ, J.; HENRY, A. e GRENOUILLET-PARADIS, S. Charcoal analysis and wood diameter: inductive and deductive methodological approaches for the study of firewood collecting practices. *Sagvntum Extra*, v. 11, p. 31-32, 2011.
- THÉRY-PARISOT, I.; AND HENRY, A. Seasoned or green? Radial cracks analysis as a method for identifying the use of green wood as fuel in archaeological charcoal. *Journal of Archaeological Science*, v. 39, n. 2, p. 381-388, 2012.
- THIÉBAULT, S. *Charcoal analysis. Methodological approaches, Palaeoecological results and wood uses*. Proceedings of the second international meeting of anthracology, Paris, September 2000. B.A.R. International Series 1063, 2002.
- THIEBAULT, S. L'homme et le milieu végétal: analyses anthracologiques de six gisements des Préalpes au tardi et au Postglaciaire. *Documents d'Archéologie Française*, v. 15, 111 p., Maison des Sciences de l'Homme, 1988.
- VERNET, J.-L. Etude sur l'histoire de la végétation du sud-est de la France au Quaternaire, d'après les charbons de bois principalement, *Paléobiologie Continentale*, v 4, n.1, 1973, 190p.
- WILLERDING, U. *Methodische probleme bei der Untersuchung und Auswertung von Pflanzenfunden. und frühgeschichtlichen Siedlungen*. *Narchr aus Neidersachsens Urgesch*, p. 180-198, 1971.

Recebido em:17/04/2016  
Aprovado em:16/05/2016  
Publicado em:22/06/2016