

# Dendrocronologia: princípios teóricos, problemas práticos e aplicabilidade

Gerardo Vidal Gonçalves  
CIDEHUS – Universidade de Évora

---

## *Resumo:*

*A dendrocronologia, termo que provem do grego dendron ou arvore, kronos ou tempo, e logos ou conhecimento, representa, hoje em dia um dos métodos científicos mais utilizados no que se refere a datações absolutas aplicadas à arqueologia. É também um método utilizado no âmbito dos estudos paleoclimáticos.*

*O presente artigo pretende ilustrar, de uma forma simples e sintética, os pressupostos teóricos do método, os principais problemas práticos e a aplicabilidade. Contudo, a diversidade dos estudos realizados até à data, a dispersão e número de centros de investigação que se debruçam sobre esta ciência a nível mundial e os resultados obtidos fazem com que os tópicos apresentados e as ideias base da presente conferência não passem de uma simples introdução ao assunto. A comunicação encontra-se dividida em três partes: Uma primeira parte relacionada com aspectos de enquadramento metodológico e contextualização histórica, uma segunda parte relativa aos fundamentos e leis, processos utilizados, métodos, equipamento e trabalhos de campo e gabinete e uma terceira parte relativa a um estudo/investigação realizada na aldeia de KIPPEL, na suíça, sob a direcção e logística do WSL.*

## *Abstract*

*The dendrochronology, word which comes from the Greek dendron or tree, kronos or time, and logos, or knowledge, is, today one of the most scientific and important methods used in absolute dating applied to archaeology. It is also a method used in the paleoclimathic studies.*

*This conference seeks to illustrate, in a simple and concise way, the theoretical assumptions of the method, the main practical problems and applicability. However, the diversity of the studies conducted so far, the dispersion and number of research institutions who look on this science in the world and the results are such that the topics presented and the basic ideas of this conference does not become a mere introduction to the subject. The communication is divided into three parts: The first part related aspects of the methodology and historical contextualization, a second part on the grounds and laws, processes used, methods, equipment and work in the field and office and a third party on a study / research in the village of KIPPEL, the Swiss, under the direction and logistics of WSL.*

## MÉTODOS DE DATAÇÃO EM ARQUEOLOGIA

A arqueologia como ciência que tenta compreender o passado da sociedade e do homem com o recurso aos vestígios materiais necessita, evidentemente, de enquadrar esses mesmos vestígios não só numa dimensão espacial como também numa dimensão temporal. A questão da espacialidade dos vestígios, ou seja, da sua localização numa determinada região ou sítio manifesta-se pouco problemática. Isto é, necessariamente a presença de determinados vestígios arqueológicos num espaço relaciona esse mesmo espaço com um grupo, sociedade ou indivíduo que o habitou. O principal problema consiste em atribuir um enquadramento cronológico ou temporal para os vestígios. Este factor torna-se fundamental para as investigações e interpretações em arqueologia. Para este efeito, ao longo do século XIX e princípios do século XX, foram sendo realizadas algumas tentativas metodológicas para atribuir datas a vestígios arqueológicos, sejam eles materiais arqueológicos, estruturas, contextos ou alterações macroscópicas da paisagem.

As limitações técnicas e científicas ao longo do século XVIII, XIX e princípios do século XX impediram a elaboração de métodos precisos de datação. Contudo, é fácil verificar que este facto não impossibilitou o recurso a técnicas e métodos destinados a enquadrar objectos, contextos e estruturas no tempo.

Quadro 1 – Métodos de datação em arqueologia

| Datação em Arqueologia  |  |                    |
|-------------------------|--|--------------------|
|                         | Datação Absoluta   | Datação relativa   |
| Parâmetros              | Método   |                    |
| Parâmetros Climáticos   | Registos Polínicos<br>Varvas<br>Dendrocronologia   | Estratigrafia      |
| Métodos químicos        | Hidratação da Obsidiana<br>Flúor<br>Urânio<br>Azoto  |                    |
| Métodos físico-químicos | Radiocarbono<br>Séries de Urânio<br>Potássio-Argon<br>Potássio de Fissão<br>Termoluminescência<br>OSL<br>Ressonância Electrónica de Spin<br>Arqueomagnetismo | Datação Tipológica |

Os métodos de datação podem ser de dois tipos: métodos de datação relativa e métodos de datação absoluta ou radiométrica. Os métodos de datação relativa têm a particularidade de utilizar elementos característicos de uma determinada época ou sequências mais ou menos estabelecidas para determinar um “antes de” e um “depois de”. A datação relativa permite fazer associações mais ou menos precisas entre mais do que dois elementos e assim estabelecer qual dos elementos está antes e qual está depois. A datação relativa em arqueologia é sustentada por algumas técnicas e métodos como a estratigrafia, a seriação tipológica/evolutiva dos materiais, a evolução dos processos produtivos, a arte, etc.

A datação absoluta ou radiométrica diferencia-se da datação relativa pelo facto de fornecer uma data mais ou menos precisa para o objecto datado, utilizando para o efeito métodos radiométricos. A datação absoluta fornece uma data, isto é, enquanto a datação relativa estabelece que sequências ou materiais se encontram antes e depois de, a datação absoluta determina, para um objecto, uma data ou um espaço temporal.

## MÉTODOS DE DATAÇÃO RELATIVA

### ESTRATIGRAFIA

A estratigrafia é um método ou ramo que tem a sua origem nos domínios da geologia. Tem como base ou princípio a análise e interpretação das sobreposições de camadas geológicas para assim atribuir a cada uma delas um “ante de” e um “depois de”. Foi utilizada e ainda o é para atribuir cronologias ao registo fóssil e compreender a formação da crosta terrestre e a antiguidade da mesma. Já no domínio da arqueologia a estratigrafia evidenciou-se de grande importância devido ao facto de que os vestígios materiais, objecto de

estudo da arqueologia, se encontrarem no interior de camadas sedimentares e estratigráficas e, através do estudo e interpretação destas camadas, se poder obter uma sequência deposicional para os objectos.

#### **ANÁLISE TIPOLOGICA**

Consiste em avaliar, através do estudo da tipologia dos objectos, a sua relação temporal. O estudo das formas, as comparações, a dinâmica espacial e outros factores como as mutações formais e evolução tipológica permite, dependendo dos casos, determinar que objectos, artefactos ou estruturas se encontram antes ou depois.

Este método de datação relativa requer, na maior parte dos casos, um cuidado redobrado, tendo em conta que não é ponto aceite que as formas criadas pelo homem façam o percurso linear que se postula neste princípio. Isto é, as formas e tipologias nem sempre se desenvolvem do mais simples para o mais complexo.

#### **MÉTODOS DE DATAÇÃO ABSOLUTA**

##### **REGISTOS POLÍNICOS**

Os registos polínicos são, normalmente, utilizados nas investigações paleoclimáticas. Contudo, os elementos orgânicos que constituem as colunas ou cilindros polínicos permitem, após a sua datação, normalmente por AMS, contextualizar, em anos de calendário, as camadas sedimentares.

Os registos polínicos são realizados em ambientes húmidos, normalmente zonas de turfeiras, lagoas e áreas ribeirinhas. Como já foi referido, a investigação a este nível caracteriza-se por indagar sobre aspectos relacionados com a flora antiga de uma região. As limitações para este tipo de método prendem-se com a especificidade da área de estudo. Em ambientes

secos e ácidos, onde os solos são afectados por níveis de degradação acentuados pela matéria vegetal e animal, a conservação de elementos bio-indicadores das paisagens antigas dificilmente se conservam. Assim, os registos polínicos cujos principais caracterizadores são os pólenes (altamente resistentes a factores destrutivos), as sementes e os carvões só são, efectivamente, destacáveis nos locais referidos anteriormente.

##### **RADIOCARBONO**

É um método de datação radiométrico que utiliza o isótopo carbono 14 para determinar a idade dos materiais que contêm carbono.

No âmbito da arqueologia é considerado um método de datação absoluta. A técnica foi descoberta por Willard Libby, professor na Universidade de Chicago, em 1949. Em 1960, Libby foi premiado com o Premio Nobel da Química pela sua descoberta.

O radiocarbono é um dos métodos de datação mais utilizados no domínio da arqueologia. O carbono tem dois isótopos estáveis (C12 e C13) e um isótopo instável (C14). O isótopo instável do carbono forma-se na alta atmosfera como resultado da interacção dos raios cósmicos sobre o Nitrogénio. Daqui resulta o isótopo radioactivo do carbono que se encontra em toda a alta atmosfera e que, após a sua descida aos oceanos e à biosfera, já sob o composto de dióxido de carbono, é incorporado nas plantas pelo processo da fotossíntese. O carbono 14 é disseminado pelos organismos vivos (homem e animais) através da ingestão directa de plantas. Após a morte dos seres vivos o ciclo de carbono é interrompido e este é um dos pressupostos que torna possível a aplicação do método. Isto é, tendo em consideração que a cadeia de consumo de carbono 14 é interrompida e que o isótopo de carbono 14 é instável e radioactivo, a contagem dos átomos de carbono 14 presentes num organismo morto permite saber quantos anos passaram desde a

morte do mesmo. O carbono 14 tem uma vida média de 5730 +/- 40, com esta informação e com a informação relativa ao número de átomos de carbono presentes numa determinada quantidade de matéria, pode-se obter o número de isótopos radioactivos em falta na amostra e assim, através da constante de desintegração radioactiva, estabelecer uma data para o fim da cadeia de Carbono 14 na amostra.

Contudo, o carbono 14 não permaneceu constante na alta atmosfera e este facto fez com que a curva de radiocarbono tivesse que ser calibrada. Esta calibração feita com o recurso à dendrocronologia permitiu estabelecer uma datação mais precisa. O procedimento consistiu em obter anéis datados pela dendrocronologia e, a seguir, realizar a datação dos anéis pelo método de radiocarbono. Deste procedimento resultou uma curva de calibração.

#### TERMOLUMINESCÊNCIA (RECIPIENTES CERÂMICOS)

A termoluminescência é a emissão de luz em resultado do aquecimento dos minerais entre 50° e 475° C, sendo inferior à temperatura de incandescência.

Certos minerais não metálicos e anidros, sobretudo os que contêm elementos alcalino-terrosos, como o cálcio, mostram esta propriedade. A termoluminescência é observada normalmente apenas durante o primeiro aquecimento, e não no reaquecimento, sendo que não é uma forma de transformação do calor em luz. A energia da luminescência já está presente no mineral, e é libertada através da excitação por leve aquecimento. Por outro lado, a incandescência é realmente uma transformação de calor em luz. O mineral com termoluminescência extinta pode ser recuperado quando é exposto a um raio excitante de alta energia, tais como radiação nuclear e raios-x, isto é, o mineral é recarregado.

Através da comparação da intensidade de radiação nuclear (raio excitante)

com a da termoluminescência recuperada, pode-se determinar a idade do último evento térmico (aquecimento) do mineral. Este método aplicado em quartzo e plagioclásio é eficiente para datação (medir a idade da rocha ou mineral) de amostras com idade inferior a algumas dezenas de milhares de anos, sendo útil para a vulcanologia e arqueologia.

#### DENDROCRONOLOGIA

A dendrocronologia é uma ciência que, na sua essência, analisa e interpreta o crescimento anual dos anéis das árvores. O termo, que provém do grego *dendron* ou *arvore*, *kronos* ou *tempo*, e *logos* ou *conhecimento*, representa, hoje em dia, um dos métodos científicos mais utilizados no que se refere a datações aplicadas a madeira e carvões e, por outro lado, a estudos paleoclimáticos.

A sensibilidade das espécies arbóreas ao meio ambiente, isto é, aos factores como o solo e o ar, permite que alterações de temperatura, humidade, radiações solares, etc, fiquem registadas nos denominados anéis de crescimento. Estes anéis são, como é de esperar, o produto de uma realidade ambiental diversa e cíclica. A dendrocronologia permite, com um estudo rigoroso, pôr a descoberto esse registo ambiental.

As espécies vegetais, nomeadamente as árvores são extremamente sensíveis, dependendo da espécie, a factores climáticos e ambientais. O registo destes elementos nos anéis de crescimento é indiscutível e manifesta um índice de dados que é utilizado para os mais diversos fins.

A dendrocronologia representa um método de datação absoluta que é caracterizado por possuir um nível de exactidão elevado. Isto é, para além de fornecer datas em anos de calendário directo, permite datar contextos arqueológicos e espólio realizado em

madeira com erros que podem ir de três anos até aos 6 meses.

A fiabilidade do método encontra-se perfeitamente reconhecida pelos investigadores a nível mundial, tendo sido utilizado para calibrar as datações de radiocarbono a partir dos anos 60.

## DESCOBERTA

No ano de 1929, na Universidade do Arizona, o investigador Andrew Ellicott Douglass determinou a idade exacta de amostras de madeira recolhidas de uma intervenção arqueológica. O investigador chegou à conclusão de que, através da contagem e medição precisa dos anéis anuais de crescimento presentes na amostra e a sua sobreposição numa curva de calibração previamente realizada, tendo como base também a mesma espécie, poderia encaixar a referida amostra nessa curva e obter assim uma datação exacta para a espécie ou artefacto.

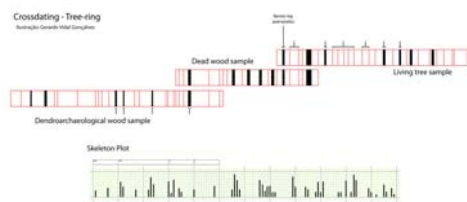


fig. 1 - crossdatig

Na figura 1 destaca-se o princípio básico da dendrocronologia. O denominado "crossdatig" ou sobreposição de amostras consiste em analisar três tipos de amostra: uma amostra retirada de uma espécie viva, outra amostra retirada de uma espécie morta ou fragmento de madeira e uma terceira amostra retirada de contextos arqueológicos. O enquadramento e sobreposição destes três elementos permite, na maior parte dos casos, não só datar a amostra retirada de contextos arqueológicos como também complementar e

umentar a curva de calibração para uma determinada região.

## PRINCÍPIOS BÁSICOS DA CIÊNCIA

Tendo em consideração que o crescimento das árvores depende de recursos presentes no meio ambiente, isto é, as capacidades do solo, as alterações de temperatura e humidade, o declive ou orografia, a altitude e latitude, a dendrocronologia, como qualquer outra ciência, baseia-se em princípios fundamentais. Tais princípios regem, de forma clássica, os procedimentos, os métodos e a técnica a utilizar. Para ilustrar um pouco o conceito e a própria ciência passamos a enumerar e descrever a seguir cada um dos princípios básicos.

### 1. PRINCÍPIO DA UNIFORMIDADE

Segundo este princípio os factores ou processos físicos e biológicos que afectam o crescimento dos anéis das árvores na actualidade, ou seja, as alterações no meio ambiente actual, foram também registados, no passado, pelas espécies arbóreas. Este princípio permite criar um marco ou um ponto de partida para estudos paleoambientais e, por sua vez, determina uma possibilidade relacional entre os registos presentes nos anéis das árvores actuais e os registos presentes em épocas anteriores. A comparação entre estes registos é fundamental e incontornável para o estudo de padrões climáticos.

### 2. PRINCÍPIO DOS FACTORES LIMITATIVOS

Este princípio destaca que existem factores que limitam o crescimento dos anéis das árvores. A quantidade de madeira produzida em cada um dos anéis depende de um factor principal. Os factores limitativos podem ser a temperatura, a humidade e a precipitação. Em locais áridos e semi-áridos a precipitação é um factor limitativo do crescimento dos anéis das árvores. Contudo, em altitudes elevadas, o

factor limitativo do crescimento dos anéis das árvores é a temperatura. Para além destes factores existem ainda factores não climáticos, ou seja, factores antrópicos, factores de biodiversidade, factores que têm a ver com doenças, entropias, etc.

Este princípio é caracterizado por estabelecer um padrão de escolha no momento da realização de um estudo nesta área. É este princípio que determina qual o grau de sensibilidade que se procura atingir e também o tipo de estudo a realizar no domínio do paleoclima.

### 3. PRINCÍPIO DO CRESCIMENTO AGREGADO DA ÁRVORE

Segundo este pressuposto qualquer série individual de crescimento de anéis de uma árvore pode-se decompor numa somatória de factores ambientais, tanto humanos como naturais, os quais afectaram o padrão de crescimento dos anéis. Esta somatória de factores é representada a seguir:

$$Rt = At + Ct + dD1t + dD2t + Et$$

*Rt* : Crescimento do anel

*At*: Tendência de crescimento relativo à idade (processos fisiológicos normativos)

*Ct*: Clima (temperatura, humidade, precipitação, etc.)

*D1t*: Factores provocados por acontecimentos esporádicos dentro do habitat

*D2t*: Factores provocados por acontecimentos esporádicos fora do habitat

*Et* : Erros causados por outros factores

*d*: Ausência ou presença dos factores *D1* & *D2* (ausência = 0 / presença = 1)

### 4. PRINCÍPIO DA AMPLITUDE ECOLÓGICA

As espécies vegetais arbóreas são mais sensíveis a factores de temperatura e precipitação nos limites de latitude e altitude da sua área de habitat. Isto é, a amplitude

ecológica de uma espécie determina a sua sensibilidade a factores ambientais. As árvores que crescem em habitats restritos têm uma amplitude reduzida. Este pressuposto ou princípio é importante pois, para a dendrocronologia é fundamental que as espécies utilizadas estejam nos limites de latitude e altitude da sua área de habitat. Deste modo, estes exemplares serão mais sensíveis, no seu registo, a alterações climáticas (temperatura e humidade).

### 5. PRINCÍPIO DA SELECÇÃO DO SÍTIO

Segundo este princípio a escolha das espécies e exemplares a serem utilizados num estudo dendrocronológico deverá ser feita tomando em consideração os critérios que determinam a sensibilidade da espécie a factores de alteração climática (temperatura e precipitação). As árvores que se manifestam sensíveis a condições de seca podem ser encontradas onde a precipitação é um factor limitativo. A procura de espécies sensíveis à precipitação não pode, de maneira nenhuma, ser encontrada em locais de baixa altitude, onde a escassez de água não é notável. Um estudo direccionado para condições de seca no passado deverá procurar um habitat natural que forneça às espécies vegetais poucas possibilidades de adquirir água do solo.

### 6. PRINCÍPIO DO CROSSDATING

É este o princípio fundamental da dendrocronologia. A sua base assenta no facto de atribuir datas de calendário a cada um dos anéis de crescimento das árvores. A co-datação consiste em atribuir datas de calendário a sequências de anéis presentes em amostras de madeiras. O princípio refere que, confrontando padrões de espessura de anéis, densidade e outros factores presentes na estrutura ou anatomia da madeira, se pode estabelecer uma correlação entre as várias amostras. Para o

efeito é necessária a elaboração e preparação de um número bastante alargado de amostras, criar sequências em Skeleton Plot, medições e observações bastante cuidadas, as quais permitirão, no seu conjunto, atribuir uma sequência cronológica que vai desde o ano em que a amostra da árvore viva foi retirada (ano conhecido) até à data do anel mais antigo.

## 7. PRINCÍPIO DA REPLICAÇÃO

O princípio consiste em recolher um número elevado de amostras por árvore num número elevado de árvores por habitat ou sítio. Este facto permitirá reduzir, após o estudo, o nível de ruído ambiental. Isto é, factores de ruído que derivam de contaminação ambiental, factores de alteração anatómica da espécie, problemas vários que poderiam, caso não existissem processos comparativos internos e externos por amostra, deturpar os dados.

### **SKELETON PLOT (METODOLOGIA DE ANÁLISE)**

A metodologia utilizada em dendrocronologia é variada e complexa. Contudo, é possível elaborar um trabalho preliminar com base em elementos simples de análise. Após a recolha e preparação das amostras é necessário criar padrões standards para a sua fácil leitura. Isto é, as amostras são retiradas e tratadas para permitir elaborar as medições dos anéis e a sua representação gráfica. O método Skeleton Plot consiste em representar, graficamente, numa folha de papel milimétrico cada um dos anéis da amostra nos domínios da sua espessura e número. Para o efeito procede-se à observação cuidada de cada um dos anéis com o recurso a uma lupa binocular com o objectivo de determinar quais dos anéis apresentam espessuras mínimas e máximas.

Cada linha vertical do papel milimétrico corresponde a um anel. O início da

contagem efectua-se da esquerda para a direita, onde o anel mais recente recebe o número 0 e é deste ponto que se dará início à marcação e medições. Para realizar este procedimento analisam-se primeiro os anéis com espessuras mínimas e representam-se, na folha de papel milimétrico, com linhas verticais que podem ir dos 10 mm até ao 20 mm, dependendo das relações de espessura de anel para anel. Para determinar quais os anéis com espessuras menores recorre-se à observação comparada dos anéis com os seus imediatos. Após realizar esta tarefa procede-se à representação gráfica dos anéis mais espessos. Os anéis mais espessos são representados com linhas verticais com dimensões que podem ir dos 2 mm até ao 5 mm, dependendo da espessura dos mesmos. Para anéis mais espessos a linha deverá ter um valor mínimo de 2 mm e para anéis menos espessos a linha poderá ir até aos 5 mm.

Após a realização deste procedimento temos uma representação standard mínima da amostra. Esta representação comparada com outros conjuntos de representações ou Skeleton plots permite realizar um cruzamento de dados gráficos para fins de datação.

O objectivo deste método é obter padrões gráficos que possam ser comparáveis entre si e que permitam, ao mesmo tempo, criar uma datação cruzada entre as várias amostras e a Master Chronology.

### **MASTER CHRONOLOGY**

A Master Chronology ou curva de calibração é realizada com o intuito de fornecer uma base para datar espécies, contextos ou artefactos histórico-arqueológicos. Esta curva de calibração é resultado da integração entre o estudo e análise de árvores vivas, árvores mortas e a constante actualização fornecida por madeiras e carvões em contextos

arqueológicos. A curva de calibração deve respeitar alguns pontos importantes:

1. As espécies vegetais utilizadas devem corresponder, no seu conjunto, a uma zona geográfica restrita, um habitat ecológico similar e uma correspondência taxonómica evidente.
2. Deverá ser tomada em atenção, antes de optar por elaborar sequências cronológicas a partir de determinadas espécies, a correspondência entre as espécies utilizadas para a curva de calibração e as espécies características de determinados períodos históricos ou pré-históricos.
3. Para a elaboração de curvas de calibração específicas deverá, sempre que possível, optar-se por espécies de vida longa. As análises realizadas em espécies vivas deveram conter todas as informações necessárias para caracterizar o sistema ecológico e ambiental do qual são originárias. No caso de Portugal e Espanha, se o objectivo principal é a aplicação da curva a processos de datação, as espécies seleccionadas têm, necessariamente, que ser oriundas da Península Ibérica. As espécies exógenas utilizadas deveram ser amplamente estudadas e a sua selecção deverá ser antecedida de um critério muito específico de escolha.

## **ANATOMIA DA MADEIRA**

**A MADEIRA:** Trata-se de um composto ou material que se origina a partir do tecido formado pelas plantas lenhosas. A sua função é sobretudo, a sustentação mecânica. Contudo, trata-se de um material orgânico, sólido e muito complexo no qual predominam as fibras de celulose e hemicelulose unidas por lenhina. Caracteriza-se por absorver facilmente água (higroscopia) e por apresentar propriedades

físicas diferentes consoante a orientação espacial (ortotropia). As plantas que produzem madeira (árvores) são perenes e lenhosas, caracterizadas pela presença de caules de grandes dimensões, em geral denominados troncos, que crescem em diâmetro ano após ano. Pela sua disponibilidade e características, a madeira foi um dos primeiros materiais a ser utilizado pela humanidade, mantendo, apesar do aparecimento dos materiais sintéticos, uma imensidade de usos directos e servindo de matéria-prima para múltiplos outros produtos.

## **TERMINOLOGIA BÁSICA NA ANATOMIA DA MADEIRA:**

1. Secção Transversal
2. Secção Radial
3. Secção Tangencial
4. Growth Ring: Anel de Crescimento
5. Bark: Súber ou Casca
6. Early Wood: porção de células que correspondem a formação mais antiga do anel
7. Late Wood: Porção de células que correspondem à formação mais recente no anel
8. Pith: Anel primário ou eixo central na formação arbustiva
9. Vessels: Vasos ou biocavidades vegetais

**ANATOMIA DA MADEIRA:** é um suporte fundamental para estabelecer critérios de identificação de espécies vegetais. A identificação de espécies vegetais perenes ou lenhosas é necessária no âmbito da dendrocronologia. É com base na identificação das espécies que podemos melhor avaliar, estudar e validar qualquer estudo nesta área. Contudo, aplica-se à identificação de espécies mortas ou restos arqueológicos, sejam eles carvões ou madeiras. A recolha de amostras em espécies vivas tem o seu suporte na observação macroscópica das mesmas.

## **APLICABILIDADE (DENDROCRONOLOGIA)**

A dendrocronologia, numa primeira fase, foi vocacionada para os estudos climáticos. Contudo, o evoluir da própria ciência e as experiências realizadas, permitiram abrir novas áreas de investigação. O registo ambiental presente nos anéis de crescimento anual das árvores, ao ser descodificado, mostrou a presença de elementos que correspondiam a eventos diversos. Esse conjunto de outros eventos foi isolado e estudado em particular. A seguir destacam-se algumas das áreas ou ramos de investigação actualmente aplicados nos estudos dendrocronológicos.

**DENDROCLIMATOLOGIA:** Os registos climáticos que se acumulam nos anéis sob a forma da sua espessura, densidade, compostos, etc., são utilizados para reconstruir climas e factores ambientais presentes no passado.

**DENDROECOLOGIA:** É um ramo da dendrocronologia que estuda os elementos presentes nos anéis de crescimento anual das árvores para reconstruir factores ecológicos típicos de habitats. A aplicação prática deste ramo da dendrocronologia incide, sobretudo, no estudo de condicionalismos ecológicos e ambientais presentes em várias fases da cronologia de um determinado nicho ou habitat ecológico.

**DENDROGEOMORFOLOGIA:** Trata-se de uma vertente dos estudos dendrocronológicos que procura compreender as alterações na paisagem através do estudo das dinâmicas de formação dos anéis anuais de crescimento. A criação, alteração ou formação de uma paisagem pode ser registada, de várias maneiras, nos índices de sensibilidade dos anéis das árvores. As alterações ou formações de determinadas paisagens obedecem a

elementos de carácter antrópico ou natural que, em casos muito específicos, ficam registados nas sequências de anéis de algumas espécies. Os sismos são os mais evidentes no registo dendrocronológico. Contudo, as erupções vulcânicas, os fenómenos cósmicos e as emissões de gases de origem antrópico fazem parte da vasta gama de acontecimentos que se registam nos anéis de crescimento. A Dendroglaciologia é um dos vários ramos que também utiliza as sequências dendrocronológicas para interpretar as alterações dos glaciares e as épocas interglaciares ou de menos frio.

**DENDROHIDROLOGIA:** é um ramo da dendrocronologia que utiliza o estudo dos anéis de crescimento das árvores para identificar alterações no curso dos rios, nascentes de água e níveis de lagos e lagoas e até subida dos níveis do mar.

**DENDROPIROCRONOLOGIA:** A dendropirocronologia utiliza as marcas deixadas pelos incêndios florestais, as queimadas e os eventos piroclásticos, nos anéis das árvores, para assim obter uma sequência cronológica dos mesmos e a correspondente abrangência espacial de respectivo evento. Este processo permite criar uma sequência de dados que facilita a interpretação de factores conducentes à compreensão de processos de alteração de uma determinada paisagem.

**DENDROARQUEOLOGIA:** Trata-se de um ramo da dendrocronologia que estuda a sequência de anéis presentes em artefactos arqueológicos, estruturas de habitação e estruturas de combustão para construir uma cronologia que permita datar o contexto arqueológico. Para o efeito utiliza-se a sobreposição ou correlação entre a sequência dos anéis presentes no artefacto arqueológico e uma curva de calibração ou Master Chronology previamente realizada.



# Kippel – Datação de edifícios e outras estrutura (estudo de caso) – Dendrochronological Fieldweek at Willer, Switzerland – September, 2007 KIPPEL, SUIÇA

Vidal Goncalves G., Bertogliati M., Gallucci V., Gorsic E., Nafradi K., Tegel W.

A vila de Kippel (**fig. 2**) é uma comuna<sup>1</sup> Suíça correspondente a um pequeno aglomerado populacional com cerca de 400 habitantes, situada no cantão Valais, encaixado no vale de Lotschental, na região Sul da Suíça. Com uma área de, aproximadamente, 11 km<sup>2</sup>, Kippel localiza-se nos 1376 metros de altitude. A vila possui complexos habitacionais essencialmente realizados em madeira, muitos dos quais remontam a princípios do século XIV. O tipo de clima (clima húmido de montanha) permite a conservação, por factores higroscópicos, das estruturas em madeira.

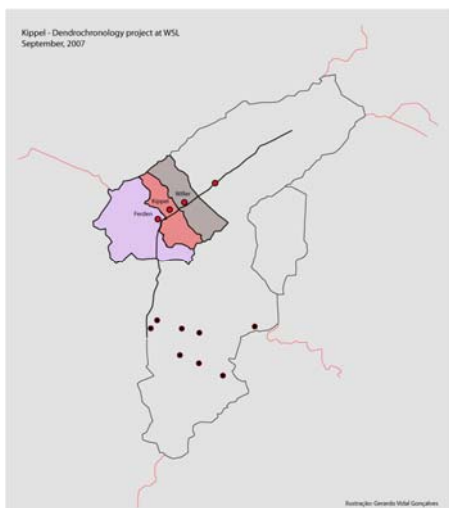


fig. 2 - Comuna de Kippel, Suíça

## ESTUDO

O estudo sobre a vila de Kippel procurou, como principal objectivo, estabelecer uma cronologia precisa para uma das estruturas habitacionais da vila. A vila de Kippel, como já foi referido, é constituída por um aglomerado habitacional cuja arquitectura é, predominantemente, constituída por casa em madeira. Segundo alguns estudos realizados, a madeira utilizada para a construção foi recolhida nas encostas do Vale de Lotschental. Para efeitos do estudo de caracterização cronológica foram utilizadas 11 amostras recolhidas de uma das estruturas habitacionais. As estruturas habitacionais e o conjunto arquitectónico em si é homogéneo. Trata-se de habitações de tipo rústico com três divisões principais. Um complexo habitacional na parte superior, um celeiro na parte intermédia e um estábulo na base da habitação.

## MÉTODO E RECOLHA DE AMOSTRAS

Para a recolha das amostras ou core sample procedeu-se à escolha de uma das habitações cuja importância, para a comunidade, se evidencia de grande valor. Trata-se de uma habitação que, por volta da segunda metade do século XVI, pertenceu a um dos alcaides da vila. A casa manifesta uma arquitectura homogénea e três fases construtiva principais. Para efeitos de estudo procedeu-se à selecção de locais para amostragem cuja

<sup>1</sup> A comuna é uma das unidades de divisão territorial da Confederação Suíça, equivalente aos municípios. As comunas estão agrupadas em Cantões e Semi-Cantões. As comunas, assim como os cantões, detêm uma autonomia em relação às outras esferas administrativas do país.

antiguidade se manifesta mais elevada. Na **fig. 3** foram identificados os vários pontos onde se recolheram as amostras.



fig.3 – Localização das zonas de extracção das amostras

No sentido de despistar possíveis erros e obter, ao mesmo tempo, datas para as restantes fases construtivas, procedeu-se à recolha de amostras em locais aparentemente pertencentes à segunda fase construtiva do edifício ou a possíveis remodelações (amostras 5, 6, 7, 8 & 11).

O edifício seleccionado foi desenhado, fotografado e cotado e, posteriormente, foram marcados, no desenho, os locais escolhidos para a recolha de amostras. A recolha de Amostras foi realizada com o recurso a uma verruma com 5 mm de diâmetro (**fig. 4**) e uma verruma com 5 mm de diâmetro para berbequim eléctrico. As amostras retiradas foram numeradas e acondicionadas em suportes próprio para posterior análise (**fig. 5**). Foi também realizada uma pesquisa documental prévia relativamente ao edifício. Para o efeito foram consultados os arquivos municipais e outra documentação pertinente.



fig. 4 – Verruma manual utilizada para a extracção de amostras

Após a obtenção das amostras foi elaborada uma listagem das mesmas e procedeu-se, já em laboratório, à preparação dos cilindros.

A preparação das amostras para observação e contagem foi realizada com o recurso a corte e polimento dos vários cilindros ou amostras. Para o efeito procedeu-se à realização de uma secção transversal da madeira, deixando uma superfície plana ao longo do cilindro (**fig. 5**). Este método permite uma visualização precisa dos anéis.



fig. 5 – Preparação das amostras

O mesmo procedimento descrito no parágrafo anterior foi elaborado para todas as amostras. Após o processo de preparação das amostras procedeu-se à medição com o recurso a uma lupa binocular e uma mesa de contagem articulada com um processador e software específico (**fig. 6**).



fig.6 – Medição da amostra

## CROSSDATING

O *crossdating* consiste em realizar um cruzamento de todas as amostras em estudo, previamente normalizadas, com uma curva de calibração ou *Master Chronology*. As amostras recolhidas correspondem, como vimos anteriormente, a madeiras utilizadas para a construção. Assim, o vale de Lotschental é um vale glacial em cujas encostas abundam as espécies arbóreas de climas montanhosos. Os habitantes das várias comunas procederam, ao longo dos séculos, à recolha e corte de árvores procedentes do vale para as construções habitacionais e de utensílios. Com este pressuposto foi elaborada, pela equipa do WSL, uma *Master chronology* com o recurso a espécies locais. Foi sobre esta curva de calibração que todas as amostras foram calibradas. A calibração das amostras resultou numa sequência de datas para cada uma das amostras que, no seu conjunto, forneceram, para o edifício, uma data (a mais antiga) que ronda os inícios do século XVI. Isto é, a amostra 1, retirada da base da habitação, forneceu um total de 193 anéis e após a calibração o último anel, ou seja, o ano de corte, corresponde ao ano de 1503. Isto dá-nos uma data para a colocação da trave no local onde ela se encontra actualmente. A amostra 2, localizada

numa das traves superiores da estrutura, forneceu uma data correspondente ao ano de 1653. Eventualmente trata-se de troço de madeira que se distancia suficientemente das amostras do século XVI (amostras 1, 3, 4 & 5) e que pode corresponder a um acrescento ou fase construtiva posterior. Contudo, também podemos considerar a hipótese de se tratar de um elemento de reforço ou uma reconstrução posterior. O conjunto de amostras 1, 3, 4 e 5 ilustram uma fase construtiva enquadrável na primeira metade do século XVI. No entanto, pela relação cronológica acentuada entre as amostras 2, 6, 7, 8 & 9 podemos caracterizar uma outra fase construtiva na segunda metade do século XVII.

Quadro 1

| Amostra    | Início | Fim  | Anéis |
|------------|--------|------|-------|
| Amostra 1  | 1310   | 1503 | 193   |
| Amostra 2  | 1383   | 1653 | 270   |
| Amostra 3  | 1382   | 1519 | 137   |
| Amostra 4  | 1383   | 1526 | 143   |
| Amostra 5  | 1409   | 1544 | 135   |
| Amostra 6  | 1373   | 1600 | 227   |
| Amostra 7  | 1387   | 1658 | 271   |
| Amostra 8  | 1404   | 1623 | 219   |
| Amostra 9  | 1490   | 1658 | 168   |
| Amostra 11 | 1709   | 1881 | 172   |

Torna-se evidente que o estado de degradação das madeiras e as condicionantes relativas à *Master Chronology* podem ter influenciado algumas das datações. Contudo, a maioria das amostras e análises realizadas permite afastar cortes abruptos nas sequências cronológicas. Temos então, a título de síntese, duas possíveis fases construtivas caracterizadas pelo conjunto 1, 3, 4 & 5 e pelo conjunto 2, 6, 7, 8 & 9. O primeiro conjunto

enquadra a edificação num período que vai desde 1503 até 1554 e o segundo conjunto ou momento construtivo que vai desde 1600 até 1658.

Em suma, o estudo realizado caracterizou-se por ser uma primeira abordagem ao problema em Kippel. O número de amostras foi, devido ao pouco tempo destinado ao projecto, reduzido e as condicionantes da Master Chronology foram também alargadas devido à utilização de uma só linha de calibração. Contudo, os resultados obtidos superam as expectativas tendo em conta os vários condicionalismos descritos.

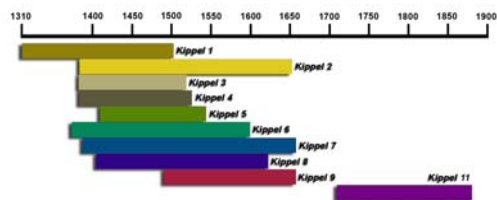


fig. 7 – Crossdating das amostras em estudo

As datas apresentadas referem-se única e exclusivamente a tempos de vida das espécies utilizadas. Isto é, a cronologia obtida não é da estrutura habitacional nem das fases de construção, remodelação ou acrescentos mas sim de materiais utilizados para as mesmas e do seu tempo de vida. É evidente que o que se datou foram espaços de tempo intermédios entre a vida e a morte das espécies. Como em todas as datações realizadas para contextos arqueológicos o resultado da datação, ou seja, a data ou datas obtidas, deverá sempre ser entendido como um momento que enquadra um acontecimento no tempo que pode ou não estar relacionado com o contexto que observamos.

## ***Bibliografia consultada***

SCHWEINGRUBER, F. H. (1996) - *Tree-rings and Environment Dendroecology*. WSL & FNP. Haupt. 609 pp

SCHWEINGRUBER, F. H. (1990) - *Microscopic Wood Anatomy*. WSL. 226 p.

STOKES, M. A., SMILEY, T. L. (1996) - *An Introduction to Tree-Ring Dating*. The University of Arizona Press. 73 p.

STOKES, M. A., SMILEY, T. L. (1968) - *An Introduction to Tree-Ring Dating*. University of Chicago Press, Chicago, IL, 73 pp.

STOKES, M. A., SMILEY, T. L. (1969) - *Tree-ring dates from the Navajo Land Claim IV. The eastern sector*. *Tree-Ring Bulletin*. 29.(1-2). p. 2-15.

STOKES, M. A. (1980) - *The dendrochronology of fire history*. Tucson, Arizona. USDA Forest Service General Technical Report RM 81. 1-3.

## ***Biblografia Geral***

CREUS, J.; PUIGDEF BREGAS, J. (1983) - *Climatologia historica y dendrocronologia de Pinus uncinata Ramond*. *Cuadernos de Investigacion Geografica*. 2.(2). p. 17-30.

CORONA, E. (1981) - *La dendrocronologia. Un esempio di applicazione in Val di Sole*. *Dendronatura*. 2. p. 41-56.

HILLAM, J. (1998) - *Dendrochronology: guidelines on producing and interpreting dendrochronological dates*. Ancient Monuments Laboratory, Conservation and Technology. English Heritage. London. 35 pp.

MORGAN, R. A. (1975) - *The selection and sampling of timber from archaeological sites for identification and tree-ring analysis*. *Journal of Archaeological Science*. 2. p. 221-230.

STAHLE, D. W.; COOK, E.R.; WHITE, J.W.C. (1985) - *Tree-ring dating of baldcypress and the potential for millennia-long chronologies in the Southeast*. *American Antiquity*. 50. (4). p. 796-802.

STALLINGS, Jr., W.S. (1960) - *Dating prehistoric ruins by tree-rings*. Laboratory of Anthropology. Santa Fe, New Mexico. General Series. Bulletin 8. 18 pp.

DOUGLASS, A. E. (1941) - *Crossdating in dendrochronology*. *Journal of Forestry*. 39. p. 825-831.

COOK, E.R. (1985) - *A time series analysis approach to tree ring standardization*. Ph.D. dissertation. The University of Arizona. Tucson. 171 pp.

RENFREW, Colin (1971) - *Carbon 14 and the prehistory of Europe*. Scientific American. p. 255-263.

THERRELL, Matthew D. (2000) - *The historic and paleoclimatic significance of log buildings in southcentral Texas*. Historical Archaeology. 34. (2). p. 25-37.

DOUGLASS, A. E. (1920) - *Evidence of climatic effects in the annual rings of trees*. Ecology. 1.(1). p. 24-32.

FRITTS, H.C. (1971) - *Dendroclimatology and dendroecology*. Quaternary Research. 1. p. 419-449.