

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS REITOR JOÃO DAVID FERREIRA DE  
LIMA DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE GEOGRAFIA

KAREN ANDRESSA RAMOS

**A DENDROCLIMATOLOGIA E SUA CONTRIBUIÇÃO AOS  
ESTUDOS GEOGRÁFICOS DO CLIMA**

Florianópolis

2020

KAREN ANDRESSA RAMOS

**A DENDROCLIMATOLOGIA E SUA CONTRIBUIÇÃO AOS  
ESTUDOS GEOGRÁFICOS DO CLIMA**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Geografia do Centro de Filosofia e Ciências Humanas da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Lindberg Nascimento Júnior

Florianópolis

2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Ramos, Karen Andressa

A dendroclimatologia e sua contribuição aos estudos  
geográficos do clima / Karen Andressa Ramos ; orientador,  
Lindberg Nascimento Júnior, 2020.

72 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de  
Filosofia e Ciências Humanas, Graduação em Geografia,  
Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Geografia. 2. Anéis de árvores. 3. Paisagem. 4.  
Tempo cronológico. 5. Clima. I. Júnior, Lindberg  
Nascimento. II. Universidade Federal de Santa Catarina.  
Graduação em Geografia. III. Título.

Karen Andressa Ramos

## **A dendroclimatologia e sua contribuição aos estudos geográficos do clima**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel e aprovado em sua forma final pelo Curso de Geografia

Florianópolis, 03 de agosto de 2020.



Documento assinado digitalmente  
Maria Helena Lenzi  
Data: 05/08/2020 20:23:42-0300  
CPF: 036.233.599-04

---

Profa. Maria Helena Lenzi, Dra.  
Coordenadora do Curso de Geografia

### **Banca Examinadora:**



Documento assinado digitalmente  
Lindberg Nascimento Junior  
Data: 05/08/2020 16:57:18-0300  
CPF: 049.596.139-63

---

Prof. Lindberg Nascimento Júnior, Dr.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente  
Marcelo Callegari Scipioni  
Data: 05/08/2020 19:09:14-0300  
CPF: 007.081.889-40

---

Prof. Marcelo Callegari Scipioni, Dr.  
Avaliador  
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente  
Orlando Ednei Ferretti  
Data: 05/08/2020 20:07:14-0300  
CPF: 791.821.359-91

---

Prof. Orlando Ednei Ferretti, Dr.  
Avaliador  
Universidade Federal de Santa Catarina



Documento assinado digitalmente  
Rafael Brito Silveira  
Data: 05/08/2020 17:06:05-0300  
CPF: 057.364.369-57

---

Prof. Rafael Brito Silveira, Dr.  
Avaliador  
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho à minha amada família, que me faz forte e abrilhanta a minha jornada pela vida.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), pública e gratuita, que proporcionou um ensino de qualidade.

Ao meu orientador e grande mestre, Prof. Dr. Lindberg Nascimento Júnior, com sua alegria, entusiasmo e muito incentivo foi força e luz nesta caminhada dos anos finais do curso, muita gratidão pelos aprendizados que você me proporcionou.

Aos docentes do curso bacharelado de Geografia pela paciência e dedicação ao ensinar e pelos incentivos e oportunidades ao longo da minha graduação.

Aos colegas e professores integrantes do Laboratório de Climatologia Aplicada (LabClima) pelas oportunidades e experiências incríveis que foi a inspiração e energia para a monografia.

Aos meus pais Leoni Teresinha e Cláudio Roberto, uma gratidão eterna por me dar asas para voar neste mundo, por me dar luz, por lutar as batalhas comigo e pelo apoio imensurável.

Aos meus irmãos Karla e Gustavo por me ouvirem e estarem ao meu lado sempre. Ao meu padrasto Alex, o avô Carlos, avó Joana e a madrinha Márcia e os demais familiares pela grande torcida e carinho imenso. Aos amigos que sempre desejam bem e torcem pelo meu sucesso.

Ao meu companheiro Gabriel que esteve ao meu lado durante toda a minha graduação, o seu maior apoio, incentivo, ajuda, atenção e carinho foram essenciais na concretização do sonho de me graduar.

*“A técnica é tempo congelado e revela uma história.”*

(Milton Santos)

## RESUMO

O objetivo da pesquisa é avaliar a dendroclimatologia como um campo científico que interessa à ciência geográfica. O procedimento metodológico utilizado foi de revisão bibliográfica, de caráter exploratório e de abordagem qualitativa. Discute-se que no contexto geográfico o clima é um elemento fundamental para os processos dinâmicos do ambiente terrestre e que o passado é a chave para compreender como tais processos se desenvolvem. Por esse caráter, foi também discutido a importância da categoria Tempo no estudo geográfico das paisagens, associando a ideia de uniformitarismo. Neste sentido, a dendrocronologia foi debatida como uma ciência que determina a idade das árvores através dos seus anéis de crescimento, e concebendo-os enquanto indicadores naturais do Tempo. A partir deste princípio os estudos são orientados para verificação da relevância do fator climático na fisiologia das árvores, ao mesmo tempo em que o estudo do clima, auxilia na institucionalização do subcampo denominado dendroclimatologia. Neste contexto, a dendroclimatologia apresenta princípios fundamentais para o método, pesquisa e finalidade aos estudos geográficos do clima. Como resultado, apontam-se contribuições para as pesquisas geográficas, inclusive, sugerindo os possíveis temas de pesquisa da dendroclimatologia, que pode ser de interesses aos/às geógrafos (as).

**Palavras-chave:** Anéis de árvore; Paisagem; Tempo cronológico; Clima.



## **ABSTRACT**

The objective of the research is to evaluate dendroclimatology as a scientific field that interests geographic science. The methodological procedure used was a bibliographic review, exploratory and with a qualitative approach. It is argued that in the geographical context, climate is a fundamental element for the dynamic processes of the terrestrial environment and that the past is the key to understanding how such processes develop. Due to this character, the importance of the Time category in the geographic study of landscapes was also discussed, associating the idea of uniformitarianism. In this sense, dendrochronology was debated as a science that determines the age of trees through their growth rings, and conceiving them as natural indicators of Time. Based on this principle, the studies are oriented to verify the relevance of the climatic factor in the physiology of trees, at the same time that the study of climate, helps in the institutionalization of the subfield called dendroclimatology. In this context, dendroclimatology presents fundamental principles for the method, research and purpose of geographic studies of climate. As a result, contributions to geographic research are pointed out, including, suggesting possible research topics in dendroclimatology, which may be of interest to geographers.

**Keywords:** Tree rings; Landscape, Chronological time; Climate.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura metodológica da pesquisa	16
Figura 2 - Anéis de crescimento de uma árvore	25
Figura 3 - Anéis de árvore na estação de crescimento e final da estação de crescimento	26
Figura 4 - Andrew E. Douglass examinando os anéis no Laboratório de Pesquisa de Anéis de Árvores, na Universidade de Arizona, Tucson, em 1957.	27
Figura 5 - Subcampos da dendrocronologia.	31
Figura 6 - Conexão da dendroclimatologia aos estudos geográficos.	40
Figura 7 - Mapa de localização das instituições dos autores.	43
Figura 8 - Distribuição espacial das amostras de anéis de árvores coletadas e suas respectivas espécies dos trabalhos selecionados.	45
Figura 9 - Procedimentos para a reconstrução cronológica e climática.	46
Figura 10 - Coleta não destrutiva com Trado de Pressler	47
Figura 11 - Lintab™ Measuring	48
Figura 12 - Velmex Measuring	48
Figura 13 - Amostras de anéis de crescimento sincronizadas	49
Figura 14 - Temperatura reconstruída na região nordeste da China.	54
Figura 15 - Desvios de temperatura da média prevista na ilha de Vancouver	54
Figura 16 - Índice de aridez simulado usando a rede neural verificada e as larguras medidas de anéis de árvores nos últimos dois séculos.	55

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>16</b>
<b>3 TEMPO, NATUREZA E PAISAGEM</b>	<b>18</b>
3.1 O ESTUDO DO TEMPO PELOS ANÉIS DE ÁRVORES	24
3.2 AS CONTRIBUIÇÕES DE ANDREW ELLICOTT DOUGLASS	27
3.3 OS FUNDAMENTOS DA DENDROCRONOLOGIA PARA O ESTUDO DO CLIMA	32
<b>4 A DENDROCLIMATOLOGIA E O ESTUDO GEOGRÁFICO DO CLIMA</b>	<b>38</b>
4.1 A ESPACIALIDADE DOS ESTUDOS EM DENDROCLIMATOLOGIA	41
4.2 INSTRUMENTOS DE COLETA E FORMAS DE VALIDAÇÃO	46
4.3 A IMPORTÂNCIA DAS RECONSTRUÇÕES CLIMÁTICAS E FORMAS DE REPRESENTAÇÃO	51
<b>5 CONCLUSÃO</b>	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>59</b>
<b>APÊNDICE</b>	<b>69</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade a interação entre clima e sociedade tem sido pensada a partir do espaço geográfico enquanto unidade fundamental. A relação clima e espaço geográfico são inerentes à compreensão geográfica da atuação dos processos naturais e da sociedade humana em sua espacialidade.

O espaço geográfico, com os elementos naturais e culturais inseridos, é em parte resultado da dinâmica climática que atua no planeta. Os condicionantes climáticos, assim, são entendidos como uma das principais formas de energia para os mecanismos físicos, ao mesmo tempo em que orienta parte das decisões políticas e dos processos econômicos (SANT'ANNA NETO, 2011), pois as “[...] principais bases da vida para a humanidade, principalmente o ar, a água, o alimento e o abrigo, estão na dependência do clima” (AYOADE, 2011, p. 286).

O clima é um dos fenômenos decisivos no controle da dinâmica natural terrestre, pois influencia em intensidades distintas o ciclo hidrológico, as estratégias reprodutivas e as distribuições biogeográficas dos seres vivos, a deposição sedimentar e os tipos e volumes dos produtos do intemperismo (SUGUIO, 2010).

Nesse sentido, claramente o ser humano e suas sociedades estão de alguma maneira articulados às variações climáticas cíclicas e excepcionais. Soma-se a esses aspectos o fato de que a manutenção da vida humana depende de muitos processos naturais, como a disposição dos relevos, da distribuição das redes hidrográficas, da diversidade dos solos, das plantas e dos animais, principalmente condicionados pelos fatores climáticos, como a temperatura e precipitação.

A partir desta concepção, a geografia tem tomado o passo para desenvolver e consolidar estudos da relação clima e espaço geográfico. E é de conhecimento dos geógrafos que a ciência geográfica tem o papel de determinar, a partir da localização, a gênese e a evolução dos sistemas naturais estruturados na superfície da Terra (COLANGELO, 2004).

A geografia oferece meios para distinguir os elementos que compõem o espaço, de lugar a lugar ao longo do tempo, esse caráter é o que torna possível a utilização do elemento clima como chave para os estudos geográficos na compreensão da dinâmica da Terra, que pode ser estabelecido a partir das interpretações sobre os processos naturais e das relações sociedade – natureza. Desta forma há necessidade de recorrer a um tipo de investigação que considera o clima do passado distante.

Diante do reconhecimento da relação clima e espaço geográfico, também tem sido inevitável observar a crescente preocupação nas questões ambientais devido às ocorrências frequentes de excepcionalidades, desastres e uma diversidade de alterações em consequência da intensa atividade antrópica sobre os sistemas naturais.

Perante essa situação é cada vez mais necessário o desenvolvimento da educação, da consciência, do planejamento e da conservação ambiental, que indica inclusive a expansão dos campos científicos e a criação de diversos subcampos das ciências. Essa situação vem de fato contribuindo tanto ao avanço das geociências, quanto para a geografia em particular.

Sobre esse aspecto, Carneiro *et al.* (2005, p. 14) discute que o

[...] ponto marcante das geociências foi ampliar o campo de estudos: além da crosta terrestre, o ensino passou a incluir a atmosfera, hidrosfera e espaço estelar, cada um deles merecendo um estudo específico de seus processos. (...) Ora, isso conduziu a uma abordagem integrada de todos os processos terrestres por meio de sucessivas inter-relações dos eventos que ocorrem em cada uma das esferas materiais do planeta (atmosfera, hidrosfera, crosta terrestre, manto e núcleo, espaço estelar). Tal esforço para englobar todas as transformações terrestres é finalmente atingido no estudo do passado da Terra e na evolução astrofísica do universo.

De modo geral, pode-se afirmar que essa concepção representa a sistematização de um paradigma de entendimento dos sistemas naturais e junto com ele a Natureza. De uma noção de natureza estática, fragmentada, reduzida à provedora de riqueza (recursos naturais) e universo a ser dominado, passa-se para a ideia de uma natureza integrada, que está em constante transformação e aberta a qualquer alteração imposta nas mais diversas escalas de ação - princípio do movimento dinâmico e sistêmico da troca de matéria e energia.

Na lógica, a natureza tem, a partir deste paradigma, uma história, um passado organizado pela combinação de diferentes eventos e momentos em uma sucessão cronológica, acumulativa e crescente. O resultado pode ser visualizado pelas estruturas dos sistemas naturais no presente, que remontam a gênese e a formação por diversos processos, bem como as suas manifestações em termos de transformações e mudanças.

A institucionalização dos subcampos das geociências, como por exemplo, a Paleoclimatologia - “[...] estudo de mudanças climáticas passadas que podem ser reconstruídas a partir de uma infinidade de arquivos geológicos e biológicos [...]”<sup>1</sup> (CRONIN,

---

<sup>1</sup> No original: Paleoclimatology is the study of past climate changes that can be reconstructed from a plethora of geological and biological archives such as ocean and lake sediments, ice sheets, tropical corals, tree rings, and other sources.

1999, p. 4, tradução nossa), auxiliou de forma crucial na validação desse paradigma, sobretudo, pelas possibilidades de compreensão da variabilidade climática ao longo da história da Terra, que ao mesmo tempo contribui para definir uma história do clima.

Da paleoclimatologia é importante destacar que os estudos são desenvolvidos por medidas encontradas no ambiente atual, que tradicionalmente são chamadas de indicadores paleoclimáticos, na forma de conjunto de atributos extraídos de anéis de árvores, pólenes, fósseis, testemunhos de gelo, corais e espeleotemas.

Os indicadores paleoclimáticos podem ser biológicos e geológicos, eles adicionam uma dimensão fundamental ao estudo do clima no que tange tanto os impactos das mudanças climáticas pretéritas, como também a valorização da dimensão temporal na análise geográfica dos sistemas naturais.

Das contribuições advindas da paleoclimatologia, considerando tanto seus princípios e meios de investigação, como também seus procedimentos metodológicos, é o que tem sido possível indicar a origem e o estabelecimento da dendrocronologia como ciência e dentro desta a dendroclimatologia, como campo científico que estuda o clima do passado extraindo informações exclusivamente por meio de anéis de crescimento das árvores.

A partir dos anéis de árvore, a dendroclimatologia oferece a construção de séries históricas mais longas do que aquelas obtidas por parâmetros tecnológicos – majoritariamente muito recentes, quando comparados à história natural. E por meio de datação cruzada - um dos princípios fundamentais da dendrocronologia – tem contribuído de forma consistente para indicar processos metodológicos do estudo do clima e de seus impactos no passado.

Com o intuito de aproximar esse debate da geografia, sugerindo os princípios e as finalidades da dendroclimatologia à climatologia geográfica, o presente trabalho foi desenvolvido a partir das seguintes perguntas de partida: o quê, da dendroclimatologia, interessa à geografia? Como os estudos dendroclimáticos revelam importância aos estudos geográficos do clima? E, quais estratégias (teóricas, metodológicas e práticas) que podem ser adotadas nas pesquisas da climatologia geográfica a partir da dendroclimatologia?

Assim, considerando as naturezas das duas ciências, o objetivo do trabalho é avaliar os fundamentos teórico-metodológicos da dendroclimatologia que interessam aos estudos geográficos do clima. De forma mais objetiva, pretende-se identificar qualidades que

caracterizam as pesquisas do campo da dendroclimatologia, avaliando sua história, suas teorias, seus métodos e seus procedimentos, organizando-as como estratégias que orientem o desenvolvimento de pesquisas no âmbito da geografia e da climatologia geográfica.

Para isso, o trabalho foi dividido em quatro partes. Na primeira parte são apresentados os procedimentos metodológicos e junto com eles os critérios de organização da pesquisa e os meios de investigação.

A segunda parte contempla um debate conceitual, histórico e teórico-metodológico da dendrocronologia. Destacou-se a importância da categoria Tempo e Natureza como possibilidades de aproximação e união entre dendrocronologia e geografia.

A terceira parte traz a contribuição da dendroclimatologia ao estudo geográfico do clima. Ela praticamente sistematiza os resultados obtidos na pesquisa bibliográfica e indica quais elementos que podem contribuir para as pesquisas geográficas.

O trabalho é finalizado com a conclusão, destacando a importância da ciência dos anéis de árvores para a geografia e se sugere os possíveis temas de pesquisa da dendroclimatologia, que pode ser de interesses aos/às geógrafos (as).

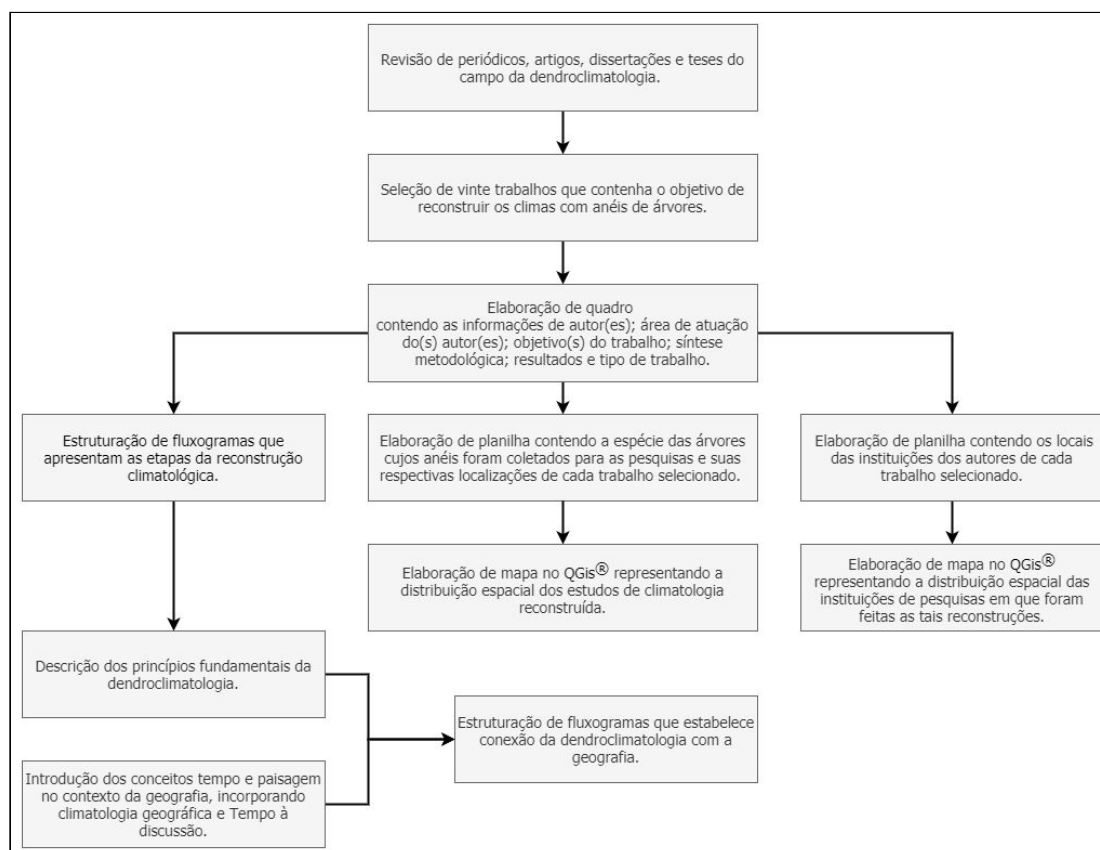


## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O desenvolvimento da pesquisa foi baseado em um levantamento bibliográfico e teve caráter exploratório de abordagem qualitativa. Elementos da epistemologia da geografia são destacados e utilizados para compreender as particularidades do estudo da dendroclimatologia que favorecem de algum modo contribuições no âmbito da geografia, especialmente a climatologia geográfica.

A elaboração de estratégias para os estudos geográficos foi realizada com a introdução dos conceitos Natureza e Paisagem no contexto da geografia, incorporando climatologia geográfica e o princípio fundamental das leis naturais, o Tempo e a Temporalidade à discussão. A Figura 1 apresenta a estrutura metodológica da pesquisa que resume as etapas, os processos e os meios de investigação.

**Figura 1 - Estrutura metodológica da pesquisa**



Fonte: Elaboração da autora (2020)

Inicialmente a caracterização das pesquisas do campo da dendroclimatologia foi desenvolvida por uma revisão em periódicos, artigos, dissertações e teses na plataforma *Google Scholar*. Para isso, utilizou-se como palavras-chave de pesquisa, os termos *reconstruction; dendroclimatology* e “reconstrução climática com anéis de crescimento de árvores”, obtendo-se 5.980, 2.120 e 2.450 resultados, respectivamente.

Para reduzir a seleção optou-se por publicações a partir de 1990 e aqueles que se apresentavam nas primeiras páginas do buscador, independente da origem e língua dos/as autores/as principais, por serem os mais citados dentro da plataforma.

Foram selecionados vinte trabalhos, que continham exclusivamente o objetivo de ‘reconstruir os climas com anéis de árvores’ e utilizavam os elementos climáticos, como precipitação e/ou temperatura, para análise dos climas pretéritos. Esse parâmetro de seleção foi relevante, pois grande parte dos estudos em dendrocronologia, em especial os brasileiros, apresentam outras finalidades, como para o manejo florestal, por exemplo.

Finalizado a etapa de seleção, foi elaborado um quadro contendo as informações de autor(es); área de atuação do(s) autor(es); objetivo(s) do trabalho; síntese metodológica; resultados e tipo de trabalho, com o intuito de resumir informações e possibilitar a organização de parâmetros iniciais de análise. O Apêndice I apresenta uma síntese desse conjunto de informações.

A partir das informações do quadro e da leitura dos trabalhos foram estruturados fluxogramas que apresentam as etapas da reconstrução climatológica, contendo tanto os processos metodológicos instrumentais e estatísticos, como também das formas de representação e análise dos resultados. Desta sistematização também foram extraídas informações elementares, como as espécies das árvores cujos anéis foram coletados para as pesquisas e suas respectivas localizações, de acordo com a região de coleta e os locais das instituições dos autores de cada trabalho selecionado.

Das informações, também, foram elaborados fluxogramas que auxiliam na avaliação das teorias, métodos e dos procedimentos da dendroclimatologia descritos a partir de princípios fundamentais e das conexões que indicam proximidades com a ciência geográfica.

Mapeamentos foram elaborados para demonstrar visualmente a distribuição espacial dos estudos de reconstrução climática e as instituições de pesquisas em que foram desenvolvidas. Para isso utilizou-se sistema de informação geográfica, o QGIS®.

### 3 TEMPO, NATUREZA E PAISAGEM

A origem do Tempo, enquanto conceito está profundamente conectado ao desenvolvimento do pensamento humano. É dele que as noções de relógio e de calendário foram construídas enquanto técnicas de representação, para uma contagem temporal cíclica e linear (SALVADOR, 1998).

Utilizado inicialmente para descrever o nascer ao pôr do sol, as alterações posicionais do céu noturno, as mudanças de estações. O Tempo resolvia uma parte das explicações dos fenômenos naturais e das formas como eles aconteciam, se manifestavam e tendiam sempre ao retorno a um estado inicial, considerando uma determinada frequência e a definição das condições mais habituais (SALVADOR, 1998).

A partir deste primeiro conhecimento, podemos afirmar que o Tempo foi considerado um atributo finito à percepção humana, que criou a distinção entre passado, presente e futuro, com reflexões sobre o devir, ou seja, de um “[...] resultado consciente sobre a situação humana” (WHITROW, 2005, p. 18).

Com o advento da agricultura, os fenômenos cíclicos da natureza ganharam destaque para essa reflexão originando inclusive outros conceitos, como o de Temporalidade, que evoca a noção de passado e futuro conectados, dando sentido de organização e a ordem em uma sequência contínua.

Neste aspecto, as concepções Tempo e temporalidade auxiliaram a fundamentação do saber geográfico, enquanto forma de conhecimento baseada na observação das coisas naturais, ao mesmo passo, que definia a indissociabilidade do espaço e das espacialidades das dimensões da vida.

A título de exemplificação, os quéchuas da América Andina apresentavam a noção de orientação, que hoje são conhecidos como pontos cardeais, exatamente pelas noções de tempo e temporalidade associados ao posicionamento e movimento do Sol. Os povos polinésios tinham conhecimento sobre o tempo a partir da ciclicidade da direção dos ventos e das correntes marinhas e esse saber foi utilizado para desenvolver as atividades ligadas à navegação. Os mesopotâmicos e egípcios entendiam a temporalidade a partir da dinâmica fluvial dos Rios Nilo, Tigre e Eufrates e puderam determinar a prática de agricultura como um fundamento de serem consideradas as primeiras civilizações sedentárias. Os gregos

adquiriram saberes sobre medição do espaço e de tempo de forma lógica e matematizada e pelo conceito de *Physis*, ofereceram a descrição da superfície terrestre e de seus aspectos físico-materiais (COSTA; ROCHA, 2010).

Mais recentemente, a partir das grandes navegações lideradas por portugueses e espanhóis, estudos sobre técnicas cartográficas inauguraram a noção de finalidade prática do uso do tempo às lógicas econômicas, embasando inclusive alguns elementos de criação da ciência moderna (COSTA; ROCHA, 2010).

Deste processo, a partir do século XIX, o conhecimento geográfico, desenvolvido, organizado e sistematizado por *Alexander von Humboldt* e *Carl Ritter* (CHRISTOFOLETTI, 1985), foi consolidado como campo científico. Inicialmente esse campo tinha por objetivo entender as diferenças e similaridades entre paisagens da superfície terrestre, extraíndo desta distribuição espacial diferentes fenômenos físicos.

Esses estudiosos assumiram a Natureza como categoria explicativa da diversidade na superfície terrestre e atribuíram de forma crucial o caráter científico da geografia moderna pela categoria paisagem. Especialmente para Humboldt, a paisagem seria estruturada através da explicação das plantas e sua relação com o relevo, o clima e os demais elementos da natureza, que formavam uma unidade dos processos naturais (BARBOSA; GONÇALVES, 2014).

Mas é com Carl Ritter (1779-1859), que trabalhou sobre as relações entre superfície terrestre e a atividade humana, que o Tempo enquanto conceito foi bem mais valorizado. Ritter buscou a compreensão das relações dos fenômenos e formas da natureza com o ser humano, concluindo que as relações espaciais não pode dispensar a relação temporal. Nesta perspectiva, a geografia não poderia ser separada da história (COSTA; ROCHA, 2010).

A contribuição desses dois estudiosos foi de fato relevante, deu a possibilidade de a geografia atrelar à concepção temporal na análise da paisagem, na medida em que, o espaço é transformado ao longo da história na superfície terrestre. A organização da paisagem constitui então fundamental para a ciência geográfica.

Deste argumento, podem-se considerar as palavras de Almeida (1982, p. 13)

A geografia é uma disciplina bastante singular com relação a todas as outras inseridas no conjunto das ciências do homem: o passado para ela não é uma simples história interiorizada, ele se materializa em objetos concretos, aqueles mesmos que formam o aspecto imbricado das paisagens, com seus elementos novos e herdados.

Desde Humboldt, ao longo da história da geografia, o conceito paisagem foi ressignificado de acordo com as necessidades do contexto histórico em que se encontravam. No contexto geográfico mais contemporâneo, paisagem é

[...] em uma determinada porção do espaço, o resultado da combinação dinâmica, portanto instável, de elementos físicos, biológicos e antrópicos que, reagindo dialeticamente uns sobre os outros, fazem da paisagem um conjunto único e indissociável, em perpétua evolução (BERTRAND, 2004, p. 141, traduzido).

A evolução da paisagem é definida por diversos agentes e processos mais ou menos bem hierarquizados, podendo diferenciar entre agentes naturais que são climáticos e biológicos, que determinam os processos naturais como ravinamentos, pedogênese e outros. Os agentes antrópicos, também são importantes nessa perspectiva, uma vez que eles são, por exemplo, o conjunto das sociedades agros pastoris e florestais, que dependem de processos antrópicos como desmatamento, incêndio, reflorestamento e outros, desta forma possibilita um esboço de uma classificação das paisagens e suas formas de transformação (BERTRAND, 2004, traduzido).

Segundo Barbosa e Gonçalves (2014, p. 93), paisagem na geografia “estabeleceu-se como um de seus conceitos-chave e uma categoria de análise das relações que se efetivam entre os processos naturais (bioquímicos e físicos) e sociais no espaço geográfico”.

Para alcançar a compreensão da gênese e estruturação da paisagem, há necessidade de levar em consideração o clima, pois é o que condiciona parte dos processos naturais. Segundo Sant’Anna Neto (2011), as paisagens configuradas espacialmente são determinadas pela topografia do relevo, cobertura do solo, rede de drenagem e escoamento hídrico, em cada porção territorial, que resulta em desvendamento do estágio do desenvolvimento de uma determinada paisagem. A dinâmica da paisagem para este autor é fundamentalmente impulsionadas pela gênese de ordem climática

Conti (2014, p. 241) exprime que “[...] assim como o clima, a paisagem é produto de uma convergência de processos atmosféricos, geomorfológicos, hidrológicos e antrópicos.” Para este autor, o fenômeno climático auxilia no entendimento de evolução da paisagem, uma vez que envolve a concepção temporal de um passado distante e presente, passando a ser um fator determinante na construção da paisagem.

Esse caráter colocou a geografia com o papel de diferenciar os elementos que compõem a paisagem, não somente articulando na análise os lugares ao longo do tempo, mas dos processos transformados e que transformam a realidade natural. Além de ser a “[...] ciência que estuda a localização, gênese e evolução espaciais de objetos (coisas e eventos), naturais e culturais à superfície da Terra” (COLANGELO, 2004, p. 9).

Para a determinação da gênese, da estruturação e da evolução das paisagens é imprescindível utilizar o Tempo como análise e resposta. Considerar o passado é, portanto, a estratégia analítica e a chave de entendimento dos processos atuais e a possibilidade de indicar mudanças no futuro. É por este aspecto, que o estudo geográfico do Tempo e da história em particular, tem sido feito com uso de categorias temporais, como duração, período, cronologia, ciclo, que podem inclusive remeter às construções teóricas das transformações e das permanências (SALVADOR, 1998).

Neste sentido diversos/as autores/as têm contribuído para indicar a importância do Tempo, da temporalidade e da dimensão temporal nos estudos geográficos da paisagem. Pode-se considerar inicialmente as indicações de Troll (1997, p. 3, traduzido), quando escreve “todas as paisagens refletem transformações temporais e conservam testemunhos de tempos passados”. Essa perspectiva é reforçada através de Ab’Saber (2003, p. 9) quando discute que as “[...] paisagens têm sempre o caráter de heranças de processos de atuação antiga, remodelados e modificados por processos de atuação recente”.

Schier (2003, p. 81) compreende que “[...] a paisagem, na sua materialidade, surge juntamente com a formação de nosso planeta, podendo ser estudada desde a pré-história”. Coutinho (2012) contribui para essa discussão, na medida em que, o “[...] instante ou o momento em que se manifesta o tempo passado se orienta e se mostra no espaço e nele projeta as suas marcas e herança” (p. 52). E de acordo com Godoy (2013) o Tempo “tornou-se o escultor da paisagem e do presente” (p. 3). E a “[...] paisagem, síntese do tempo histórico, é também o registro da projeção do passado” (p. 3).

Para além da dimensão analítica, pode-se considerar na análise da paisagem também o debate elaborado por Fernand Braudel e a “École des Annales”, que indica o Tempo a partir de três dimensões distintas: o mais longo, pertencente às ciências da natureza; outro intermédio, o das categorias econômicas; e o mais curto, onde se integra a História Política (SALVADOR, 1998).

A dimensão do tempo longo, como análise parte do princípio fundamental das leis naturais, indica como fundamento o uniformitarismo, um princípio formulado por James Hutton (1740-1797) e enunciado por Charles Lyell (1797-1875) que marcou a máxima assumida na modernidade de que *o presente é a chave do passado*. O conceito orienta o entendimento de que os processos dos sistemas naturais que atuam hoje ocorreram de modo similar ao longo do tempo geológico (GROTZINGER; JORDAN, 2013, p. 6).

A perspectiva uniformitarianista apoia-se na interpretação da dinâmica dos processos atuais e da consideração de que estes, submetidos sempre às mesmas leis físicas, atuaram de forma semelhante, ainda que com intensidades diferenciadas, ao longo da história natural da Terra. (SALES, 2004, p. 34)

A título de exemplificação, a ideia do Uniformitarismo na ciência geográfica fundamentou a recomposição histórica das paisagens durante toda sua trajetória, junto com ela a decodificação da história natural dos continentes, o desvendamento dos processos de nascimento e extinção de oceanos e mares, a identificação da origem e evolução dos relevos (principalmente cadeias montanhosas), a compreensão da estruturação espacial de bacias hidrográficas e a reconstituição dos climas do passado. Este princípio orientou parte das abordagens da geografia física, abrangendo as diversas áreas como climatologia, geomorfologia, biogeografia. (SALES, 2004).

A perspectiva é que a uniformidade dos processos naturais baseados no princípio do Uniformitarismo,

[...] somente é possível devido à existência da ciclicidade dos fenômenos, ou seja, padrões de eventos periódicos ou uniformemente distribuídos dentro de certo intervalo temporal. Assim, sabendo-se da ocorrência de determinado evento no passado e conhecendo-se as características de período/frequência dos ciclos bem como dos mecanismos geradores, é possível entender o presente e, até mesmo, prever situações e acontecimentos futuros. (OLIVEIRA *et al.*, 2015, p. 6-7)

Portanto, dito pelo famoso filósofo escocês David Hume (1711-1776): “*todas as inferências a partir da experiência supõem que o futuro assemelhar-se-á ao passado*”, então, o estudo dos processos do passado e do presente é, inclusive, a chave para o futuro (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Assim, a disponibilidade de dados do passado torna essencial para um estudo minucioso da história da Terra em geral e da humanidade em particular. Para abordar o tempo profundo, o sentido é dado sob a história natural.

Desta forma, o estudo geográfico do Tempo parte do princípio da análise do passado e do uniformitarismo enquanto manifestação cíclica apresentada pelos fenômenos naturais que atuaram em um ambiente específico. Estabelecer os padrões evolutivos deste quadro é identificar, em um intervalo de tempo, os mecanismos que geram tais processos e os eventos que transformaram a paisagem natural.

Pode afirmar que esses elementos são os atributos que em geral têm auxiliado os/as geógrafos/as explicarem em parte a formação e a idade de cada lugar no sentido de sua história natural dentro da história da Terra. A dimensão temporal da história torna-se assim um dos fundamentos que definem o caráter geográfico do estudo das paisagens e a principal forma de análise dos sistemas naturais na geografia. O princípio é orientar as interpretações em termos de gênese, estruturação, evolução e formação.

Por fim, qualquer tentativa de estabelecer e identificar o estudo geográfico do Tempo deve-se utilizar dados históricos. Desta forma, em todos os aspectos dos estudos da geografia física considera-se o tempo longo e intermediário para iniciar a análise da evolução dos processos e dos sistemas naturais.

Contraditoriamente, os registros instrumentais tecnológicos como estações meteorológicas, marégrafos e satélites possuem dados disponíveis de apenas um ou dois séculos atrás e por isso, são limitados para análises profundas e longas que servem para descrever a história natural.

Diante desta situação, o conhecimento geográfico da história natural, sobretudo do passado climático, tem sido produzido a partir da utilização de indicadores ou arquivos naturais que proporcionam medidas indiretas e podem prolongar a sequência temporal até alguns milhares de anos.

Trata-se das estruturas de anéis de árvores, espeleotemas, núcleo de gelo, pólenes, sedimentos marinhos e terrestres, que servem tanto para a reconstrução histórica do fenômeno, como também para fornecer sinais da gênese, da formação e das mudanças, associando-os aos níveis dos oceanos, à evolução do relevo, a diversidade em sua especiação e diversos elementos.

Um dos campos científicos que se interessam por esses estudos é a dendrocronologia, conhecida por determinar idades das árvores através do número de anéis de crescimento. Dentro deste campo, a dendroclimatologia se destaca por utilizar esses



indicadores para inferir configurações climáticas e ambientais do passado sob quais as árvores viveram.

O sentido é que as árvores apresentam uma idade relativamente longa em relação à história dos seres humanos e por isso, fornecem sinais de eventos naturais em sua sazonalidade e variação anual, que podem ser datados em anos, séculos e até milhares de anos por meio das estruturas de seus troncos.

Como as espécies arbóreas são altamente sensíveis às variações ambientais, a composição do solo e do ar podem induzir alterações de temperatura, umidade, radiação solar e permitem que respostas fisiológicas que influenciam no desenvolvimento e crescimento da árvore fiquem registradas em seus troncos, na estrutura de seus anéis.

As árvores, entendidas agora como indicadores naturais para o estudo do Tempo, podem preservar informações milenares; são seres vivos que alcançam idades muito longas, como a espécie *Pinus longaeva*, que vivem por aproximadamente 5.000 anos (CURREY, 1965; FERGUSON, 1968), e também as conhecidas sequóias (*Sequoiadendron gigantea*) que, segundo Douglass (1920), permitem fazer comparações de condições que existiam há milênios.

Por outro lado, a preocupação com as mudanças climáticas tem fomentado estudos que compreendam a dinâmica da alteração do clima, seja natural ou antrópica, no passado e no presente. O conjunto de registros longos a partir dessas árvores apresentam importantes validações das variações climáticas locais e regionais principalmente sobre as questões da variabilidade climática.

### 3.1 O ESTUDO DO TEMPO PELOS ANÉIS DE ÁRVORES

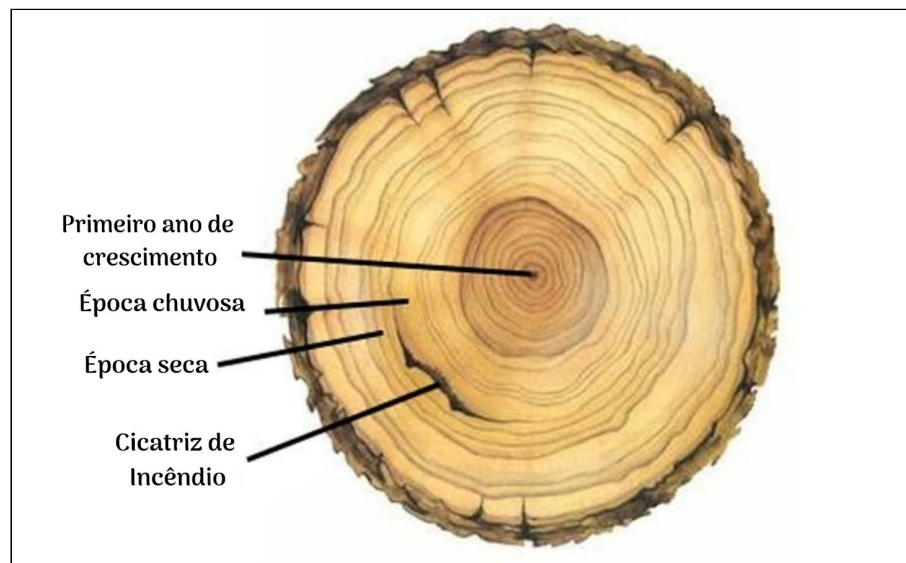
A dendrocronologia tem oferecido ao conhecimento científico um dos principais métodos de datação. Primeiro pela sua confiabilidade de registros que utilizam a árvore como instrumento natural, em seguida pelo rigoroso processo de análise e relação da árvore com seu entorno ambiental imediato e próximo.

O estudo utilizando anéis de árvore foi de fato iniciado com os gregos a partir do conhecimento baseado na observação de que as árvores formavam anéis com base anual e que a largura e certas características variam de ano para ano (SHEPPARD, 2010).

Deste período é que se pode considerar a origem do termo dendrocronologia, cujo prefixo grego *dendro* é relativo à palavra árvore - *dendron*, e *krónos*, indica cronologia, como nome do campo de estudos que lida com o tempo e a atribuição de datas a eventos específicos (FRITTS, 1976).

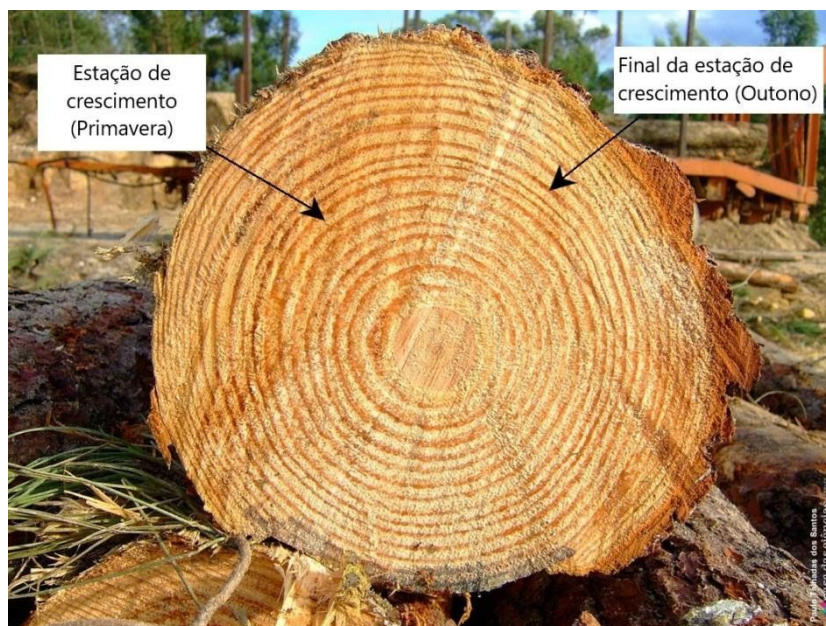
Assim, os anéis de árvore (Figura 2) representam uma unidade de registro de tempo, que é estruturado nos troncos em uma sequência circular crescente. Essa estrutura é assumida como uma medida de anos, contabilizados desde seu nascimento (anel central) até os períodos mais recentes (anéis periféricos) a partir do crescimento sazonal das árvores representado por anéis escuros (final da estação de crescimento – Outono) e por anéis claros (estação de crescimento – Primavera) (Figura 3).

**Figura 2 - Anéis de crescimento de uma árvore**



Fonte: Ecosystemas (2019)

Figura 3 - Anéis de árvore na estação de crescimento e final da estação de crescimento.



Fonte: Santos (2011)

As evidências que os anéis de árvore poderiam ser relacionados aos anos foram encontradas primeiro nos escritos de Theophrastus em 370 a.C, no livro chamado *Pery phytōn Historia*. Naquela época, a estrutura e organização dos anéis de crescimento nos troncos das árvores foram relacionadas às condições ambientais e aos tipos de árvores (BENTON, 1973 *apud* COELHO, 2011).

Aspecto semelhante também foi observado por Leonardo da Vinci, no século XV. Ele estabeleceu que a variação dos tamanhos e largura dos anéis de crescimento estava associada às mudanças ambientais no momento de seu nascimento e formação (SHEPPARD, 2010).

Contudo, informações sistemáticas sobre a história natural do clima foram incorporadas aos estudos dos anéis de árvore somente no século XIX, pelo astrônomo Jacobus Cornelius Kapteyn, na Holanda, entre 1880 e 1881. Kapteyn observou que os carvalhos mostravam uma substancial relação entre tamanho e largura dos anéis e variação da chuva na região do Reno (DOUGLASS, 1920).

Foi somente a partir destes indícios que mais tarde, Andrew Ellicott Douglass se familiarizou com a técnica e passou a desenvolver estudos sistemáticos. Pode-se dizer que a partir de Douglass que o estudo do Tempo com anéis de árvore tornou-se um campo científico

institucionalizado e sistematizado, inclusive sendo considerado o pai da dendrocronologia (FRITTS, 1976).

### 3.2 AS CONTRIBUIÇÕES DE ANDREW ELLICOTT DOUGLASS

Andrew Ellicott Douglass (Figura 4) foi graduado em astronomia, matemática e física na instituição de ensino *Trinity College in Hartford Connecticut*, no ano 1889. Iniciou sua carreira como professor associado no *Harvard College Observatory*. Em 1894, viajou para Flagstaff, Arizona, tornando assistente do diretor do *Lowell Astronomical Observatory* e permaneceu em Flagstaff até 1906, quando aceitou uma posição no corpo docente da Universidade do Arizona em Tucson, ensinando astronomia e física (WEBB, 1978).

**Figura 4 - Andrew E. Douglass examinando os anéis no Laboratório de Pesquisa de Anéis de Árvores, na Universidade de Arizona, Tucson, em 1957.**



Fonte: Retirado do texto de Judd (1962)

Como astrônomo, seu objetivo era estudar a relação entre o Sol e a variação na produção de energia que está diretamente ligado ao clima da Terra. Com as longas viagens para as florestas no norte de Arizona, Douglass formulou hipótese sobre a relação entre dinâmica hídrica e manchas solares, pois notou que os anéis expostos em um tronco cortado de um pinheiro mostravam larguras distintas (FRITTS, 1976).

Além disso, ele observou comparativamente que as diferenças ambientais influenciavam a configuração natural da floresta no Arizona, uma vez que as árvores dessa unidade natural apresentavam-se bastante dispersas entre si, enquanto que as florestas na Nova Inglaterra exibiam maior densidade e importante crescimento, devido à influência do sombreamento e competição. Douglass, então questionou se as árvores de Arizona eram mais influenciadas pelo ambiente ou pela competição entre as plantas. Também, Douglas considerou se o estresse por umidade provocavam efeitos correspondentes na largura dos anéis dos troncos das árvores da floresta do Arizona, argumentando que os anos secos poderiam ser registrados como anéis estreitos, e se estes possibilitavam o uso como instrumento de registro cronológico e climático (FRITTS, 1976).

Inicialmente, Douglass passou a examinar partes do tronco de árvores próximas a Flagstaff, Arizona (FRITTS, 1976), e em 1911, identificou padrões de:

[...] **anéis largos e estreitos** nas árvores de Prescott, Arizona, a cerca de 80 quilômetros a sudoeste de Flagstaff, semelhantes aos que ele havia observado nas árvores de Flagstaff. Desta maneira, Douglass estabeleceu a **datação cruzada**, um procedimento que ele reconheceu que poderia ser aplicado em áreas onde o crescimento do anel é frequentemente limitado pelo clima<sup>2</sup> (FRITTS, 1976, p.5-6, tradução nossa; grifo nosso).

Particularmente sobre a datação cruzada com anéis de árvore, cabe destacar que a técnica não foi utilizada primeiramente por Douglass,

[...] essa honra vai para um naturalista francês Duhamel e para Buffon, que em 1737 descobriram que o anel conspicuo danificado pela geada ocorrera a 29 anéis da casca de cada uma das várias árvores recém-derrubadas <sup>3</sup> (FRITTS, 1976, p. 6, tradução nossa).

Deste contexto, a técnica de datação cruzada foi reconhecida e replicada por Alexander Catlin Twining, em 1827, em Connecticut; em 1838 pelo matemático Charles Babbage na Inglaterra; em 1859 por Jacob Kuechler no Texas; e, somente em 1904 por Douglass (FRITTS, 1976).

---

<sup>2</sup> No original: It was not until 1911 that Douglass recognized the real significance of his observations. He identified a pattern of wide and narrow rings in trees from Prescott, Arizona, some 50 miles (81 km) southwest of Flagstaff which was similar to those he had noted in the Flagstaff trees. In this manner Douglass established crossdating, a procedure which he recognized could be applied in areas where ring growth is frequently limited by climate.

<sup>3</sup> No original: That honor goes to the French naturalist Duhamel and Buffon, who in 1737 discovered that a conspicuous frost-damaged ring occurred 29 rings in from the bark on each of several newly felled trees.

Embora, seja dado à Twining o primeiro exercício de captar o significado e o potencial da datação cruzada, foi Douglass o primeiro a utilizá-la como princípio base para fundamentação e desenvolvimento da dendrocronologia. O sentido é de que

Douglass observou duas implicações importantes de sua descoberta. A primeira era que o cruzamento de dados poderia ser usado como uma ferramenta cronológica para identificar o ano calendário exato em que os anéis foram produzidos, estudando o padrão de anéis largos e estreitos. Tudo o que era necessário era que o ano para o anel mais externo do caule fosse conhecido e que as mesmas variações relativas na estrutura do anel fossem observáveis em muitas árvores. Amostras de madeira de idade desconhecida podem ser datadas do ano, combinando a cronologia da largura do anel. A segunda implicação da descoberta de Douglass foi que os próprios padrões de largura dos anéis representam um registro das condições ambientais em uma região. Embora parte da variação da largura do anel fosse atribuível às condições locais dentro e ao redor dos habitats das árvores, uma grande parte da variação era observável em todas as árvores e, portanto, apenas refletia fatores que ocorriam em toda a região, como as variações anuais no clima. Douglass esperava que esse substituto do clima lhe permitisse testar um elo causal entre as variações das manchas solares e as condições climáticas, bem como estender o registro das manchas solares por vários séculos até o passado (FRITTS, 1976, p. 6, tradução nossa).

Com a sistematização deste procedimento, chamado **Construção de Cronologia**, Douglass iniciou um conjunto amplo de outros estudos, baseados nas centenas de árvores existentes da região de Flagstaff e Prescott, nos Estados Unidos. Com a organização desse acervo, Douglass pôde observar padrões obtendo resultados mais consistentes e confiáveis de datação cruzada, e de forma simples, indicou que **anéis estreitos estavam associados às sazonalidades** dentro do regime anual, e ainda que as árvores no **limite inferior da espécie exibiam a maior variabilidade** de largura do anel. Diante disso, em 1914, Douglass construiu uma cronologia de 500 anos a partir dos anéis de *Pinus Ponderosa* (FRITTS, 1976) e concluiu três evidências climáticas.

A primeira foi a **correlação direta entre os anéis anuais** de pinheiro amarelo (*Pinus ponderosa*) e **as chuvas** em Prescott, Arizona. Para validar esse argumento ele utilizou registros meteorológicos, e demonstrou que determinadas características dos anéis estariam dependentes da maneira de como a precipitação foi distribuída ao longo dos anos. A segunda evidência, muito nítida, foi o aspecto de **similaridade** encontrada entre várias amostras individuais e sua combinação em uma grande área do país. A união das amostras demonstrava diretamente a **influência climática** como **fator principal de variação dos tamanhos dos anéis**. A terceira evidência foi usar exatamente as semelhanças na variação do tamanho dos

anéis como meio para desenvolver uma **análise harmônica** em forma de periodograma - instrumento cuja finalidade é plotar curvas amostrais em componentes de ciclos, caso esses sejam existentes (DOUGLASS, 1920).

A ampliação e o aprofundamento desses estudos se deram em 1937, quando Douglass fundou o laboratório *Tree-Ring Research*, na *University of Arizona*, tornando a primeira instituição de pesquisa dedicada exclusivamente aos estudos de anéis de árvores (FRITTS, 1976).

Para o desenvolvimento das pesquisas neste laboratório, Douglass contou com ajuda de um geólogo chamado Waldo S. Glock, que foi fundamental para a integração de técnicas analíticas e quantitativas à análise das amostras e da produção dos resultados; e de Edmund Schulman, um astrônomo e climatologista, que realizou diversas análises que combinavam os modelos estatísticos com técnicas dendroclimáticas (FRITTS, 1976).

Foi deste avanço, que em 1972, os estudiosos Valmore LaMarche e Harold Fritts, resolveram uma das hipóteses que Douglass havia formulado no volume XXXII, do boletim *Tree-ring*. Dessa vez, eles basicamente submeteram as amostras a testes estatísticos mais rigorosos, e chegaram à conclusão que não há evidências de ciclos de manchas solares de onze anos nas sequências de anéis de árvores do sudoeste da área em que Douglass havia estudado (WEBB, 1978).

Contudo, destes resultados, Harold Fritts e seus colegas conseguiram transformar o modelo estatístico de modo que ele pudesse utilizar o padrão variável da largura do anel de árvore, como um registro das condições climáticas passadas que controlaram sua formação. A realização desta prática dependia, contudo, do desenvolvimento de um modelo conceitual específico, necessariamente que envolveria cálculos multivariados e computadores de alta capacidade (WEBB, 1978).

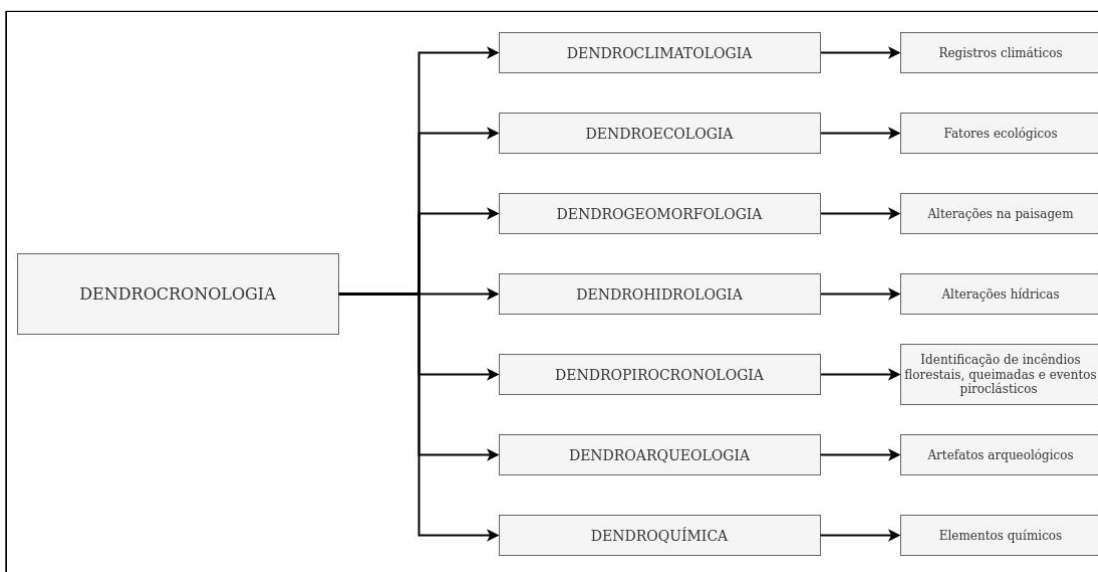
O modelo ajustado e dentro de um nível tecnológico mais sofisticado, incorporou a complexidade das condições da árvore e o local de coleta, junto com os compostos de material biológico e seu ambiente imediato em um sistema informacional. A lógica integrou as mudanças ambientais como *input*, sendo o clima, o elemento de gerenciamento. A saída (*output*) foi obtida a partir de um conjunto de séries de larguras de anéis, que devem constar, no final da modelagem, pelo menos um sinal climático (associado à variação principal) e os ruídos (relativos às variações secundárias ou menores) que podem ser as respostas de

crescimento das árvores aos diversos fatores fisiológicos ou ambientais, como idade, manejo florestal, atividade de insetos, interação de competitividade biológica, estresses bióticos, etc. (FRITTS, 1976).

A partir do modelo, Fritts desenvolveu a abordagem que requer a **seleção de árvores com a maior relação sinal/ruído climático** em séries de largura de anel e o necessário **isolamento estatístico** dos ruídos secundários com o intuito de minimizar o efeito de distorção do sinal climático (HUGHES, 1978).

Desde então, com o desenvolvimento do procedimento, Fritts (1976) solidificou a dendrocronologia como ciência e estabeleceu os princípios fundamentais a partir do método e de seus princípios metodológicos, e inclusive destacando um conjunto diverso de subcampos (Figura 5).

Figura 5 - Subcampos da dendrocronologia.



Fonte: Elaboração da autora (2020)

Como observado, a dendrocronologia tem sido historicamente sistematizada como a ciência que estipula a idade das árvores através dos anéis de crescimento encontrados em seu tronco e diante desta perspectiva, é possível considerar o que se tem entendido por este campo. Destacam-se pelo menos duas concepções interessantes para esta definição.

A primeira foi proposta de Kaennel e Schweingruber (1995, p. 92) que entende a dendrocronologia como uma “[...] ciência que possibilita a datação dos anéis de crescimento.



Inclui pesquisas sobre o conteúdo de informações existentes na estrutura dos anéis de crescimento e aplicações para questões relativas ao meio ambiente e à história”. Segundo Smith (2008, p. 185, tradução nossa),

[...] é um conjunto de ferramentas conceituais e práticas que aplicam o registro do anel das árvores como uma ferramenta para entender melhor a teia da terra, oceano, atmosfera, vida e sociedade humana.<sup>4</sup>

Assim, já se pode indicar inicialmente algumas possibilidades de aproximação da dendrocronologia e os interesses da ciência geográfica. Este aspecto é evidente utilizando a simples consideração dos habituais subcampos da ciência geográfica associados com o prefixo *dendro*, mas também pode ser visualizado no caráter de reconstrução histórica. E para destacar com melhor precisão essa conexão, é preciso aprofundar no conhecimento fundamental dos estudos deste campo.

### 3.3 OS FUNDAMENTOS DA DENDROCRONOLOGIA PARA O ESTUDO DO CLIMA

Além de oferecer as questões principais que orientam o conhecimento na dendrocronologia, tem sido primordial para este campo indicar critérios fundamentais de seus processos de produção. Esses critérios contemplam, segundo Fritts (1976), o conjunto de pelo menos nove princípios do método.

O primeiro princípio é o caráter **Uniformitarista**. Originalmente proposto por James Hutton (1726-1797), trata-se de princípio básico para qualquer estudo do passado, conhecido como “uniformidade na ordem da natureza” que declara como “o presente é a chave do passado”.

Aplicado à dendrocronologia, o princípio implica conceber que os processos físicos e biológicos observadas nas variações atuais no crescimento das árvores devem ter sido operados de forma semelhante no passado. Da mesma forma, os tipos de variações e padrões climáticos devem ter ocorrido no passado, mais ou menos, da mesma maneira como se observa hoje. Considera-se nestes casos, inclusive, os fatores limitantes que afetam os processos no passado e no presente, em termos de suas frequências, intensidades e localidade de manifestação (FRITTS, 1976).

---

<sup>4</sup> No original: Dendrochronology is a set of conceptual and practical tools that apply the tree-ring record as a tool to better understand the web of earth, ocean, atmosphere, life, and human society.

Por isso, o segundo princípio é o do **Fator Limitante**. Ele significa que um processo biológico, como um crescimento, não pode acontecer mais rápido do que é observado dentro do contexto de um determinado sistema (FRITTS, 1976).

Na dendrocronologia, esse princípio atende a definição de que as larguras dos anéis só podem ser cruzadas caso tenham um ou mais fatores altamente limitantes, uma grande persistência em períodos longos e ocorrência geográfica suficiente para que as larguras dos anéis variem da mesma maneira em diversas amostras de árvores (FRITTS, 1976).

A existência de um fator limitante permite extrair informações climáticas do passado e realizar uma datação cruzada, do contrário, o processo é sumariamente impossibilitado. Dentro deste contexto, o importante conceito de amplitude ecológica explica que cada espécie pode crescer e reproduzir em uma determinada área de habitats, dependendo das características hereditárias (FRITTS, 1976).

Portanto, algumas espécies conseguem crescer em diferentes habitats, pois sua hereditariedade permite uma importante amplitude ecológica, enquanto outras espécies são limitadas a um número reduzido de locais específicos, uma vez que, sua hereditariedade permite a amplitude ecológica baixa (FRITTS, 1976).

Neste sentido, árvores observadas nas proximidades do centro da distribuição geográfica, indicam a presença de amostras cujos fatores climáticos raramente limitaram o crescimento das plantas. Com exceção dos anos que ocorrem eventos climáticos mais extremos, que em situações mais limitantes impactam a população como um todo e serve por si só, como parâmetro de análise regionalizada (FRITTS, 1976).

O contrário é observado nas periferias da distribuição natural dessa mesma espécie. Neste caso, uma determinada espécie pode ser frequentemente submetida a intensos fatores limitantes de processos fisiológicos, impactando inclusive o crescimento (FRITTS, 1976).

Além do clima, muitos fatores que afetam a distribuição das plantas, impactam diretamente na variabilidade na largura do anel, como sombra, duração do período diurno, quantidade de minerais do solo, etc. Nestas condições, os anéis podem não apresentar condições de uso para deduzir as variações climáticas. Somam-se a estes também as amostras que iniciam a ocorrência de ataque de insetos, doenças, estresses abióticos (incêndios) e mecânicos (quebras, fissuras, etc.) (FRITTS, 1976).

A identificação de amostras de árvores no centro da distribuição facilita a coleta de indivíduos que apresentam maior significância e representatividade, uma vez que elas devem atender uma coesão mais similar dentro de diversidade regional. Já as amostras obtidas de periferias sugerem maior variabilidade e menor possibilidade de representação, por isso, limita a quantidade de áreas propícias à coleta (FRITTS, 1976).

Esse caráter basicamente define o terceiro princípio, que é a **Seleção de locais** de coleta. Ele basicamente serve para assegurar que a escolha de árvores define as informações desejadas, conforme os interesses de pesquisa. A aplicação sugere combinação ao princípio de fatores limitantes e ao conceito de amplitude ecológica que orienta a confiabilidade da condição climática sob o qual as árvores estão ou foram submetidas (FRITTS, 1976).

A título de exemplificação, em estudos da seca é necessário admitir árvores que crescem em locais mais secos, apresentando maior probabilidade de ter largura do anel limitada pela deficiência hídrica. Em estudos de temperatura, optam pelos anéis com larguras próximas aos limites superiores ou latitudinais da espécie. Em regiões de clima temperado e úmido, apenas árvores que vivem em ambientes extremos são suficientemente limitadas por fatores climáticos que permitem esse tipo de análise (FRITTS, 1976).

A **Sensibilidade** é o quarto princípio, e indica que a limitação por fatores ambientais ocorre de forma significativa na maior variação na largura dos anéis. A variabilidade refere-se como sensibilidade e a falta dela são conhecidas como complacência. Tais variabilidades podem ser estimadas por investigação visual comparada ou quantitativamente, é calculada a partir de medições de largura e expressa por modelos estatísticos que detectam uma sensibilidade média – medida numérica obtida pela diferença relativa na largura entre os anéis adjacentes - definida em valores que variam de 0 a 2 (FRITTS, 1976).

A **Datação cruzada** é o quinto princípio. Entendido como o mais importante da dendrocronologia, ele indica que a aplicação da datação garante os posicionamentos adequados no tempo de cada camada de crescimento fornecendo certo controle experimental (FRITTS, 1976).

O processo é desenvolvido admitindo as larguras cruzando-as entre todos os raios dentro de uma haste, considerando as amostras de diferentes árvores de um determinado local e ainda entre os padrões de larguras dos anéis dos seus vizinhos. A variabilidade na característica dos anéis é examinada e sincronizada entre todas as amostras da área de coleta.

Caso haja covariação suficiente entre as amostras é possível determinar corretamente o ano em que cada anel foi formado (FRITTS, 1976).

A aplicação do princípio é sempre executável desde que as condições ambientais limitaram de forma abrangente as larguras dos anéis de todas as amostras admitidas, por isso eles favorecem a identificação de variações simultâneas na estrutura dos anéis. O cruzamento das datas é o processo que põe em evidência as informações comuns obtidas nas amostras das árvores (FRITTS, 1976).

Contudo, é possível que um ou mais anéis não se formem completamente no caule/tronco devido à ocorrência de excepcionalidades muito extremas. Fisiologicamente, isto acontece, pois impactos de excepcionalidades podem promover mudanças na estrutura celular, manifestando-se no crescimento da planta e fazendo com que a camada torne semelhante ao limite de um ‘verdadeiro anel anual’. Estas características atribuídas são chamadas de bandas de crescimento intra-anuais ou anéis falsos e podem ser considerados ao longo de segmentos como *parciais*, *ausentes localmente* ou *ausentes* (FRITTS, 1976).

Na dendrocronologia, quando há amostras com anéis ausentes as variações na largura não se cruzam exatamente com variações nas larguras vistas em amostras de outras árvores ou de outras porções do caule. Os anéis que oferecem esse problema são detectados quando as amostras não se encaixarem de forma simultânea e justaposta. E diante disso, se houver baixa sensibilidade e baixa correlação da variação da largura do anel entre árvores a datação pode ser incorreta, sendo recomendável descartar as amostras da análise (FRITTS, 1976).

O princípio da **Repetição** por sua vez serve para evitar uma possível ausência de um anel por um ano ou uma banda de crescimento intra-anual, que pode indicar a presença de anel anual verdadeiro. A avaliação é realizada a partir da consistência estatística das amostras, sendo realizada com verificações independentemente das que foram datadas (FRITTS, 1976).

Deste modo, a repetição em amostragem permite comparações estatísticas da variabilidade entre árvores e entre grupos de árvores. Os cálculos dessa variabilidade fornecem informações sobre o controle do crescimento das árvores em reflexo dos fatores do local e do clima (FRITTS, 1976).

Por exemplo, caso o clima seja um fator altamente limitante para o crescimento, todas as amostras replicadas mostram aproximadamente a mesma variação da largura do anel.

Além de facilitar a datação cruzada, o processo garante confiabilidade da representação regional, diante de um número relativamente pequeno de raios e árvores (FRITTS, 1976).

De outro modo, caso o clima não seja um fator significativamente limitante, variações nos fatores do local (estrutura arbórea, inclinação do tronco e competições de árvores vizinhas) podem causar diferenças marcantes no tamanho dos anéis e neste caso é necessário um número maior de replicação para obter uma cronologia consistente (FRITTS, 1976).

O sexto princípio é o da **Padronização**. Ele basicamente é realizado para corrigir as larguras dos anéis que contém variação devido à idade e às condições ambientais que não sejam relacionadas ao clima. O procedimento inclui a elaboração de índices de largura do anel, que geralmente não apresentam distribuição normal ou tendência linear, uma vez que, os valores médios sempre estão mais próximos entre si, e a maior variabilidade é observada em amostra de árvores jovens (crescimento rápido predominante) e a menor em árvores mais antigas (crescimento mais lento) (FRITTS, 1976).

Diante desse processo, entra o princípio da **Calibração**, que é assegurada por processos estatísticos que estabelecem valores para os coeficientes estimados e os coeficientes obtidos pelos índices observados. O princípio auxilia na reconstrução do clima, partindo dos primeiros períodos em que os índices de largura de anel estão disponíveis, em seguida dos períodos pretéritos e sem observações (FRITTS, 1976).

A calibração obtida por associação estatística pode resultar em uma relação de causa e efeito entre o crescimento das árvores e o clima, ou em uma representação de efeitos puramente correlacionados, utilizada para reconstruir as variações climáticas passadas (FRITTS, 1976).

O princípio da **Verificação** finaliza o processo, se define pela aplicação de testes à reconstrução climática. Se o modelo da função de calibração é estável e representativo ao longo do tempo, que pode ser comparado com dados independentes de um período diferente. Desta forma, esse princípio verifica se qualidade da reconstrução deve ser avaliada pela submissão de outros testes estatísticos, em que considere a busca com dados instrumentais longos para a área ou dados tipo *proxy* (FRITTS, 1976).

A partir dos princípios fundamentais torna possível o estudo da dendrocronologia. O processo inicia-se com a seleção de local, e dependendo do objetivo do estudo, indica-se

coleta em locais onde o clima favorece limitações ao crescimento de árvores e determina a melhor maneira de elaborar cronologias, para além de determinar a idade das árvores.

Cabe considerar também que a datação cruzada – fundamento essencial da dendrocronologia - fornece a possibilidade de prolongar cronologias utilizando árvores cruzando seus padrões de largura de anel com amostras de árvores fósseis, peças de madeira antigas, carvão vegetal em sítios arqueológicos e históricos, dentre outros (FRITTS, 1976).

#### **4 A DENDROCLIMATOLOGIA E O ESTUDO GEOGRÁFICO DO CLIMA**

Dentre os subcampos da dendrocronologia, o mais expandido e regular é a dendroclimatologia. Trata-se do ramo que utiliza as informações contidas nos anéis de crescimento para reconstruir e estudar as variações climáticas do passado e do presente (KAENNEL; SCHWEINGRUBER, 1995, p. 4).

Em outras palavras, é a “[...] ciência que analisa os anéis marcados nos troncos, possibilitando estabelecer uma correspondência entre a espessura dos anéis, o clima do passado e a sua influência nos eventos históricos com as respectivas datas” (COELHO, 2011, p. 2).

Segundo Fritts (1976), as pesquisas da dendroclimatologia subsidiam estudos que têm relação ao manejo e a conservação de florestas. Muitos trabalhos são direcionados para o campo da engenharia florestal, cuja intenção é usar a técnica para realizar estudos com a finalidade de compreender a dinâmica do crescimento das árvores considerando o fator climático.

De acordo com Santos (2020), o manejo florestal é importante para a sobrevivência das espécies arbóreas, a dendrocronologia possibilita melhorar os modelos de recuperação da dinâmica natural das árvores e as projeções de disponibilidade de madeira, tornando um método confiável do que as mensurações feitas a partir de inventários florestais que demandam mais tempo para os cálculos e entendimentos.

Botosso e Mattos (2002, p. 11) afirmam que esses estudos tornam-se importantes para “[...] a determinação dos ciclos de corte, do regime de desbastes e da estimativa dos cortes e dos volumes admissíveis para uma exploração sustentável são baseados nesse conhecimento”.

Deste modo, as contribuições mais funcionais do subcampo dendroclimatologia estão orientadas para a verificação dos efeitos das variações climáticas e hidrológicas no padrão de crescimento diamétrico da espécie arbórea, sobretudo, com a indicação de reconstruções climáticas. Por isso, o conjunto de variáveis extraídas dos anéis de árvores é uma ferramenta bastante prestigiada para estudar o paleoambientes.

Neste sentido, além do registro contínuo, da resolução anual e da confiabilidade de informações obtidas por anéis de árvores, é possível afirmar que estes indicadores fornecem uma possibilidade de suprir, pelo menos em parte, a escassez de dados climáticos em escala

profunda, que privilegia o Tempo longo. Essa possibilidade é devida tanto à inexistência de registros instrumentais, como também assumir as falhas nas séries históricas para uma determinada região.

Esse caráter é bem discutido por Hughes (2002), quando aponta que a dendrocronologia para a climatologia possuem grandes vantagens, como:

- a) capacidade de datar anéis de árvores utilizando o ano civil com alto grau de confiança;
- b) a possibilidade de trabalhar com delimitações geográficas locais e regionais em grande escala;
- c) nítida evidência de informações climáticas devido a existência de padrões de escala geográfica da variabilidade comum;
- d) ampla disponibilização de dados cronológicos que auxilia na identificação de padrões climáticos em diversos locais do mundo;
- e) possui maior liberdade de escolhas de estratégias para a reconstrução climática;
- f) alta linearidade na modelagem entre anéis de árvores e variáveis climáticas.

Por isso, a dendrocronologia e dendroclimatologia são bastante vantajosas para diversos campos e beneficia muito outros campos científicos. Segundo Botosso e Mattos (2002, p. 17)

Como ciência pluridisciplinar, ela atingiu um elevado nível de especialização, importância e aplicação, ao incorporar os conhecimentos e as técnicas de diversas áreas com as quais têm estreita conexão como anatomia, química, fisiologia, genética florestal, silvicultura, climatologia, hidrologia, estatística, entre outras.

Esse elemento fornece tanto a possibilidade de trabalhar com os aspectos naturais em diversos espaços em períodos distintos do passado, quanto também associar aspectos inerentes às condições biogeográficas que definem a organização de domínios naturais de paisagens em sua evolução.

Com essas características é possível também encontrar pontos de contato mais evidentes com a geografia em geral e a geografia física em particular, uma vez que ela apresenta diálogos com estudos climáticos, hidrológicos, biogeográficos, geomorfológicos, geológicos e ambientais, por isso, grande parte das informações desses campos pode ser

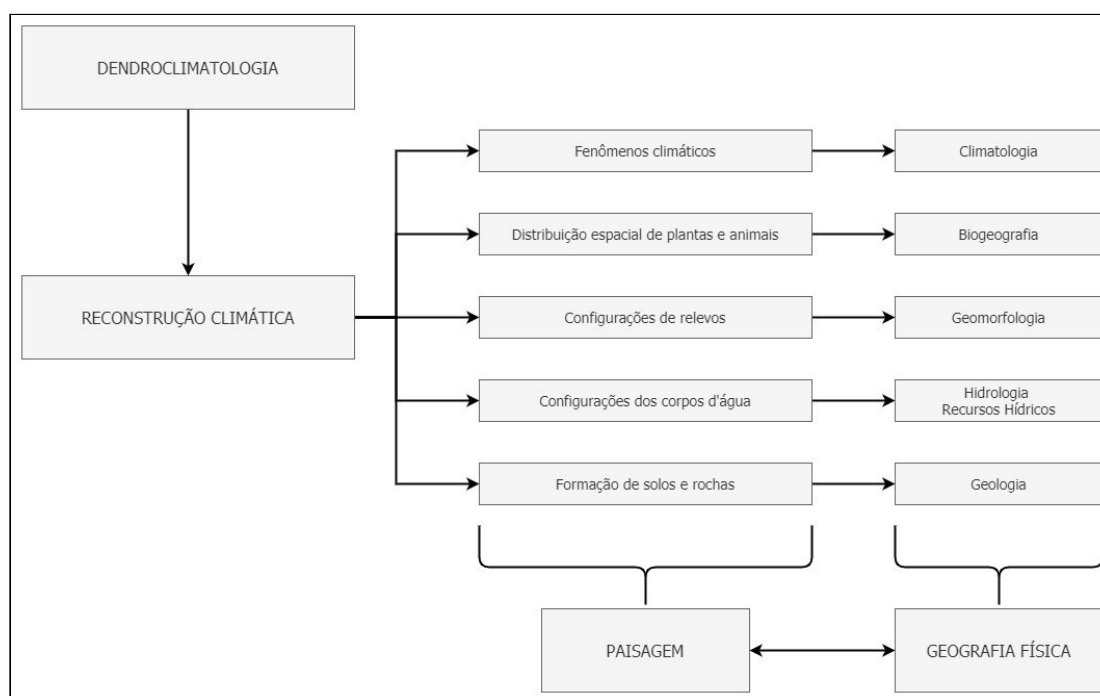


obtida a partir de anéis de árvores, o que por sua vez, torna a dendrocronologia uma ferramenta poderosa para as pesquisas geográficas.

Nesse aspecto, destaca a interpretação de Santos (2006), quando aponta que a técnica identifica e classifica os elementos que constroem situações, que são dados históricos, portanto, ela (a técnica) inclui história e é através dos objetos que revela a história no momento da sua criação e instalação em cada lugar.

Assim, de acordo com Amorim e Nunes (2006), a geografia nasce e desenvolve como ciência sistemática a partir das outras ciências relativamente desenvolvidas, tanto humanas e sociais quanto da natureza, no quesito de conceitos, métodos e procedimentos, a geografia física pode assumir a dendroclimatologia como parte desse processo de análise. A Figura 6 apresenta o caminho que pode conectar a dendroclimatologia aos estudos geográficos.

**Figura 6 - Conexão da dendroclimatologia aos estudos geográficos.**



Fonte: Elaboração da autora (2020)

Destaca-se que dentre as muitas possibilidades que a dendroclimatologia oferece, é a partir da reconstrução cronológica iniciada pelo clima, ou seja, pela reconstrução climática que se pode compreender o melhor ajuste do uso dos anéis de árvore aos estudos geográficos.

Os usos da reconstrução climática auxiliam no entendimento de parte do passado pretérito dos fenômenos climáticos e define suas correspondências com a paisagem natural, detectada pela distribuição espacial de espécies vegetais e animais, das configurações de relevos e corpos d'água, formação dos solos e rochas e das excepcionalidades climáticas diversas. E todo esse conjunto de elementos naturais que configura em paisagem é fundamental para os estudos geográficos.

Para além destes aspectos, é possível considerar como os estudos da dendroclimatologia têm sido desenvolvidos. Cabe destacar esses processos iniciando a análise pelas espacialidades encontradas a partir das pesquisas analisadas.

#### 4.1 A ESPACIALIDADE DOS ESTUDOS EM DENDROCLIMATOLOGIA

O desenvolvimento dos estudos em dendroclimatologia fundamenta-se majoritariamente nas escalas paleoclimáticas, que relacionam

[...] os anéis de crescimento anual com as condições climáticas, permitindo reconstruções e caracterizações dessas mudanças na temperatura e também na alternância entre períodos secos e úmidos que ocorreram no passado (PRESTES, 2006, p. 40).

Assim, a importância pode ser destacada, considerando a afirmação de Lorenzi (2012, p. 19), quando escreve que “[...] os eventos climáticos ficam acumulados nos anéis, seja sob a forma de sua espessura, densidade, composição etc.”. Como as árvores são os registros que mostram excelente confiabilidade de fenômenos que ocorreram em escala histórica, elas também possibilitam estimar e simular a recorrência desses eventos naturais, contribuindo também para a compreensão de tendências climáticas atuais e futuras.

Sobre esse aspecto, Fritts (1976) afirma que por meio das respostas expressas pelas árvores, os anéis de crescimento fornecem informações das mudanças ocorridas ao longo de séculos, colocando em disponibilidade imediatamente ao observador através de medições. Segundo o autor, as árvores são concebidas como registros naturais altamente confiáveis de fenômenos que ocorreram no passado e essa característica possibilita identificar e simular eventos naturais ocorridos há centenas ou milhares de anos de acordo com a similaridade dos padrões observados.

No mesmo sentido, Suguio (2010) afirma que anéis de árvores possuem a resolução temporal ótima para anos e estações, podendo alcançar uma amplitude temporal de até 10.000

anos e fornecem dados precisos de temperatura, umidade ou precipitação, composição química do ar, biomassa e cobertura vegetal, erupção vulcânica, variações do campo magnético e atividade solar.

Por isso, as pesquisas da dendroclimatologia, na maior parte do mundo são frequentemente lideradas por especialistas em paleoclimatologia, paleoambiente, paleobotânica, ciências ambientais e das geociências. No Brasil, os estudos existentes são em grande parte realizados por cientistas com formação em engenharia florestal, ciência biológica e ambiental e ecologia.

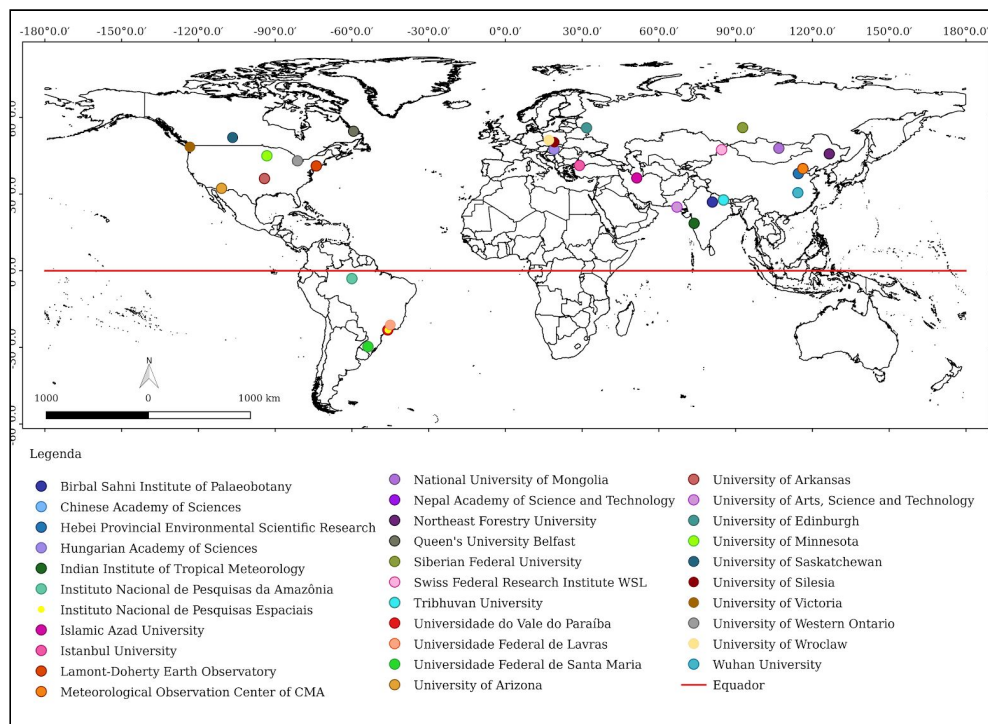
A dendroclimatologia é de interesse aos engenheiros florestais, pois a técnica do estudo fornecem dados que leva à compreensão do comportamento do crescimento das espécies arbóreas considerando o fator climático, auxiliando os estudos que têm relação ao manejo e conservação de florestas, com foco para silvicultura.

Para a ciência biológica e ambiental a utilidade da técnica é a profunda percepção do comportamento biológico e químico da determinada espécie de árvore e toda sua interação ao meio, em cada fase climática distinta ao longo do tempo. Para a Ecologia, é importante para os estudos de dinâmica de população, desenvolvimento e produtividade de ecossistemas (BOTOSSO; MATTOS, 2002).

No que se referem os trabalhos publicados de dendroclimatologia, foram encontrados uma diversidade temática, que expressa uma grande preocupação com as mudanças climáticas que vêm ocorrendo ao longo de séculos e milênios.

Os trabalhos de reconstrução climática são majoritariamente publicados e representativos em artigos de revista ou *jornal*, mas o tema também é discutido em trabalhos para conclusão de cursos de mestrado e doutorado (*Doctor of Philosophy* - PhD). O mapa apresentado na Figura 7 representa parte deste aspecto e demonstra a localização das instituições de pesquisas dos autores, dos vinte trabalhos que foram selecionados e analisados.

Figura 7 - Mapa de localização das instituições dos autores.



Fonte: Elaboração da autora (2020)

Observa-se que a distribuição das instituições é dispersa no Hemisfério Norte, inclusive na Ásia onde há um baixo número pesquisa. No Hemisfério Sul, o padrão é concentrado no Brasil, fundamentalmente em cinco instituições que são o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), a Universidade do Vale do Paraíba (UNIVAP), Universidade Federal de Lavras (UFLA) e a Universidade Federal de Santa Maria (UFMS). Das instituições que se destacam na produção internacional é *Laboratory of Tree-Ring Research* na *University of Arizona*, onde dendrocronologia foi sistematizada e até hoje permanece como umas das principais instituições de referência mundial.

O mapeamento também oferece o debate que é essencial ampliar a formação, participação e diversificação de pesquisadores/as, que auxilie na troca de informações e conhecimentos científicos para a superação de dificuldades e desafios da dendrocronologia e da dendroclimatologia.

Além disso, somam-se a necessidade de implantar em instituições de pesquisas laboratórios equipados para trabalhos em países nos continentes sul-americano, africano e

Oceania. Segundo Fichtler (2015), em regiões tropicais há falta de investimentos financeiros e corpo técnico, inacessibilidade em certos locais e dificuldade na replicação de amostras devido à grande diversidade de espécies com número baixo de indivíduos, desta forma, são claras que existem muitos desafios a serem superados.

A Figura 8 representa os locais em que as amostras de anéis de árvores foram coletadas e suas respectivas espécies, considerando as informações dos vinte trabalhos selecionados. Nota-se que há concentração no continente Ásia e Europa, com alguns pontos pela América do Norte e Sul e um único ponto na Oceania. A distribuição mais relevante é, portanto observada no Hemisfério Norte.

O mapeamento auxilia parcialmente nas contribuições de Zhao *et al.* (2018), quando escrevem que as amostras do Banco Internacional de Dados de Anéis de Árvores (ITRDB) (instituição que possui os arquivos das cronologias, medições de anéis e outras características anatômicas da madeira) encontra-se em desequilíbrio na distribuição global, uma vez que, grande parte dos anéis de árvores coletadas estão concentradas no oeste da América do Norte e Europa ocidental, como também em menores proporções, na Patagônia, no norte da Sibéria e no platô tibetano na Ásia central.

Zhao *et al.* (2018) enfatizam a clara falta de dados de anéis de árvores em grandes porções da América do Sul, Oceania e Ásia, possui escassez de dados na tundra russa e uma quase completa falta de dados no continente África.

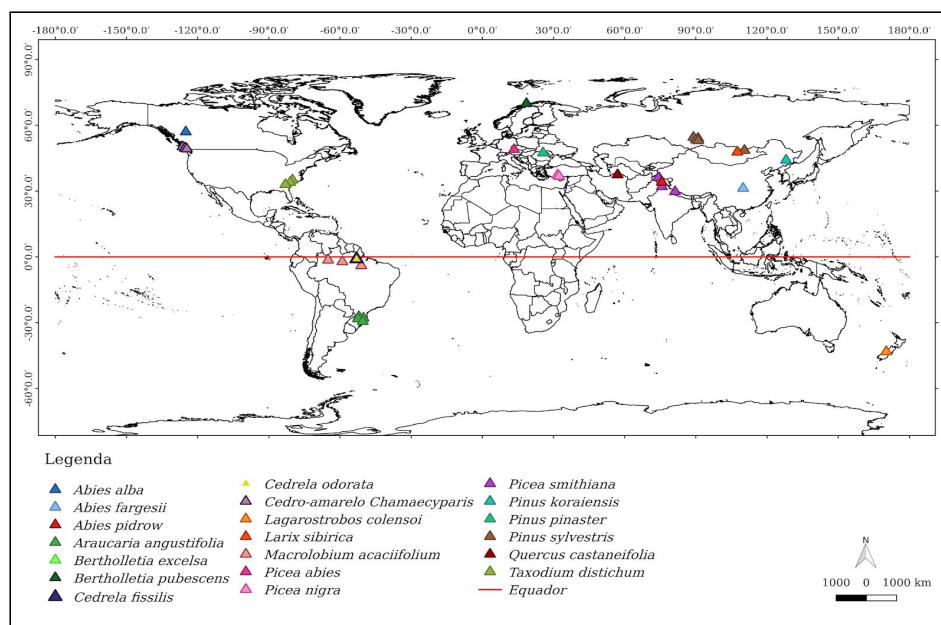
Em relação às espécies utilizadas para a dendrocronologia (Figura 8), o grupo das coníferas lidera entre as espécies de árvores, mas também há coletas de espécies em floresta tropical, no caso, localizada na Amazônia - Brasil. A preferência pelo grupo de coníferas é justificada por serem os mais longevos e maiores entre os grupos de plantas, são dominantes em florestas temperadas no hemisfério norte, porém, também é encontrado disperso no hemisfério sul (AHUJA; NEALE, 2005).

No Brasil, uma das espécies arbóreas que contém idades extraordinárias é a tauari (*Cariniana micrantha*) encontrada na Floresta Amazônica, no baixo Rio Negro, que podem chegar com idade de 1.400 anos (OLIVEIRA, 2001).

Por este aspecto, existe um importante potencial para os estudos dendrocronológicos em diversas espécies lenhosas no Brasil e no mundo equatorial. Contudo, os estudos de dendroclimatologia equatorial ainda apresentam desafios, que consistem na complicada

datação a partir dos anéis, uma vez que, estas não apresentam marcadas as variações anuais devido ao clima ser mais ou menos uniforme durante os anos (VETTER; BOTOSSO, 1988).

**Figura 8 - Distribuição espacial das amostras de anéis de árvores coletadas e suas respectivas espécies dos trabalhos selecionados.**



Fonte: Elaboração própria (2020)

Essa espacialidade também contribui com outro aspecto da argumentação elaborada por Zhao *et al.* (2018), quando discutem que dentro do ITRDB ainda permanece a falta de dados de anéis de árvores tropicais pelo mundo, demonstrando uma baixa variabilidade ambiental no banco de dados. Mesmo apresentando a falta de dados no ITBR, existem estudos com anéis de árvores em regiões tropicais, mas em número pequeno comparado em regiões temperadas.

Esse debate está relacionado à suposição de que a baixa sazonalidade nas regiões tropicais não forma anéis de árvores bem estruturados e marcados, dificultando a datação. Tal suposição tem sido contestada nas últimas décadas conforme os trabalhos de Worbes (2002), Rozendaal e Zuidema (2011), Fichtler (2017).

As análises realizadas evidenciam a necessidade de incentivos para realizar mais pesquisas na América do Sul, África, Oceania, algumas áreas na Europa oriental e Ásia. Além disso, apresenta a primordialidade de diversificação taxonômica, que pode aumentar o

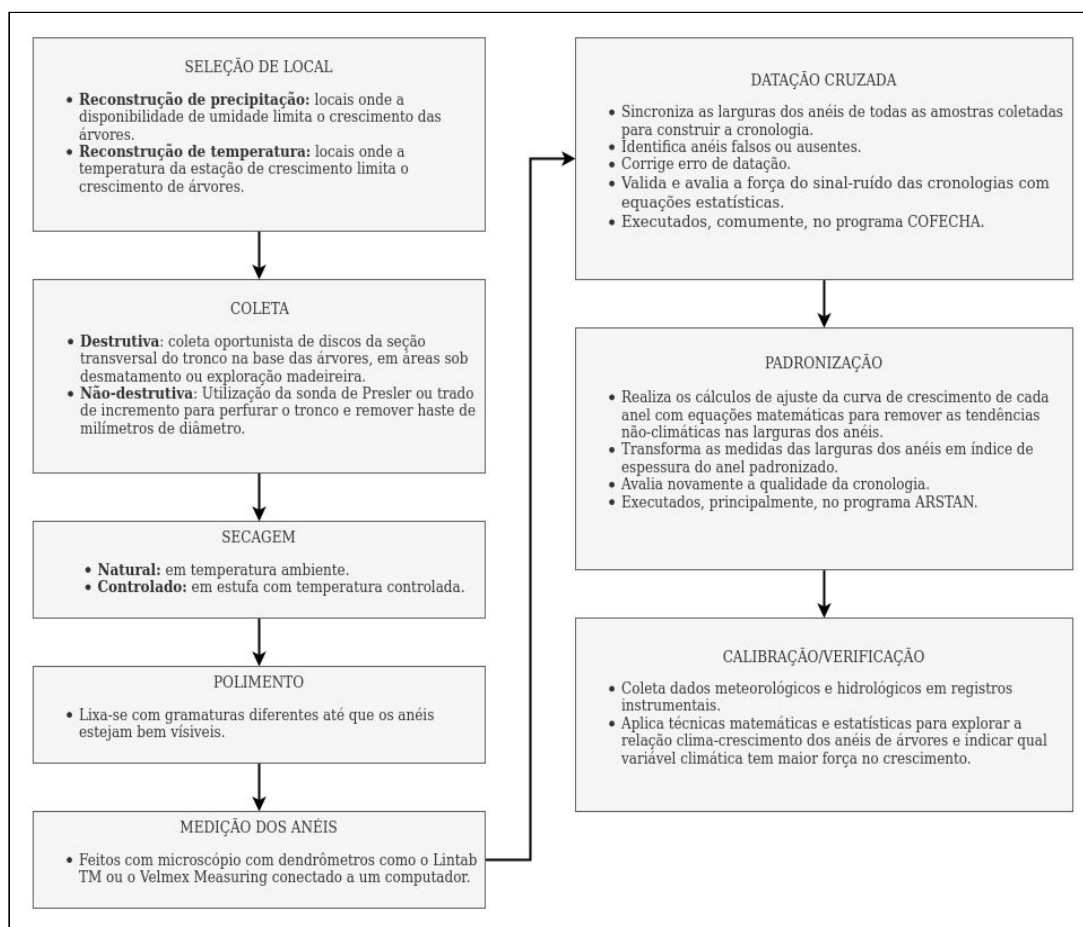
conjunto de informações dendrocronológicas e aprofundar o conhecimento existente sobre dinâmica natural, mudanças climáticas, condições dos ecossistemas, etc.

Esses estudos ainda podem ser ampliados em termos metodológicos, principalmente se desenvolvidos a partir de amostras coletadas no mundo tropical, compará-las aos produtos e estudos realizados no mundo temperado.

#### 4.2 INSTRUMENTOS DE COLETA E FORMAS DE VALIDAÇÃO

Para elaborar cronologias e estudos baseados em anéis de árvores é necessário seguir os procedimentos por etapas, que pode ser visualizado na figura 9. As coletas de amostras de anéis dependem dos instrumentos utilizados. Neste caso, a coleta pode ser obtida por técnicas não destrutivas e destrutivas.

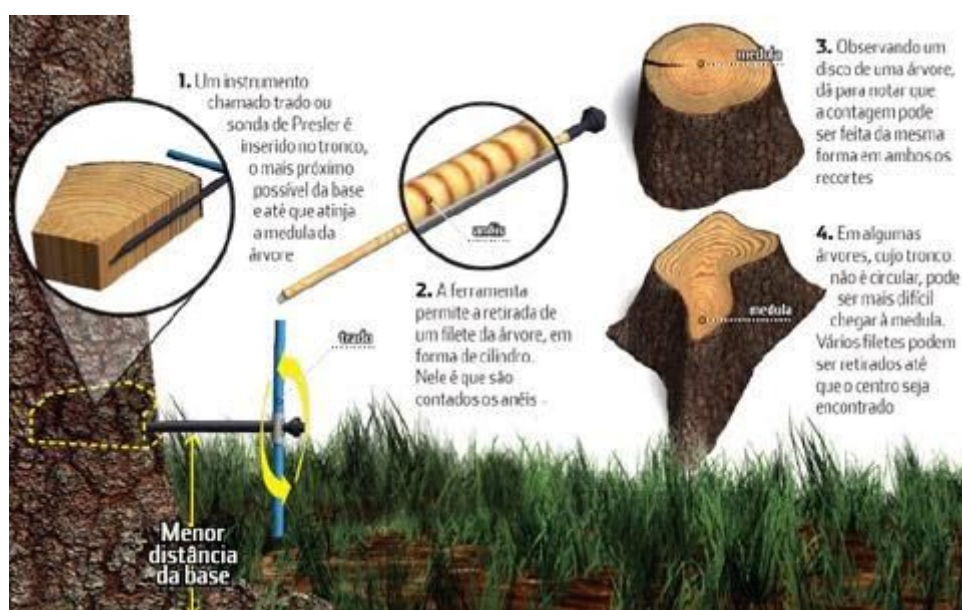
**Figura 9 - Procedimentos para a reconstrução cronológica e climática.**



Fonte: Elaboração da autora (2019).

Na coleta não destrutiva, utiliza-se uma ferramenta chamada Trado de Pressler (figura 10) que é usado como uma sonda, que perfura a madeira e retira do tronco um fino cilindro (LORENSI, 2012). A vantagem desse método é que a árvore permanece viva, é uma importante opção para estudos de espécies protegidas/nativas (SCHONS *et al.*, 2018), após a perfuração os orifícios são vedados com cera de abelha para a correta cicatrização, impedindo a entrada de água e outros agentes que podem interferir na saúde da árvore (CUBAS, 2015).

Figura 10 - Coleta não destrutiva com Trado de Pressler



Fonte: Galileu (2008)

Mesmo que, preferencialmente, a coleta deve ser realizada pela técnica não destrutiva atualmente, também há coleta destrutiva, que consiste em uma abordagem oportunista em áreas sob desmatamento ou exploração madeireira, a vantagem desse método é que é possível acompanhar a delimitação dos anéis ao longo do disco, identificando facilmente anéis falsos (SCHONS *et al.*, 2018).

Neste caso, utiliza-se motosserras para cortar os troncos em seção transversal para se obter uma amostra em formato de “disco”, “pizza” ou “radial”. Ela deve conter medula, cascas e espessuras entre 5 e 6 cm, e de largura do corte radial entre 20 a 25 cm. Caso o corte seja em formato pizza e radial é recomendável ter mais de uma amostra (GRANATO-SOUZA *et al.*, 2018).



Após a obtenção de amostras, é feito o processo de tratamento, consistindo em tornar as amostras adequadas para a realização de estudos ópticos dos anéis de crescimento. São três procedimentos: secagem, polimento e conservação (RIGOZO, 1999).

Na secagem: procede-se deixando as amostras secarem em temperatura ambiente ou em ambiente controlado por aproximadamente seis meses, requerendo cuidados em relação à temperatura elevada e à exposição ao sol, pois quando expostos, as amostras podem apresentar rachaduras tornando-as inutilizáveis para os estudos (RIGOZO, 1999).

O polimento, em regra, deve ser feita somente após a secagem. Esse processo permite o lixamento das amostras, removendo sujeiras, irregularidades nas superfícies, e deixando os anéis mais visíveis para estudos ópticos (RIGOZO, 1999).

No processo da conservação, objetiva-se destacar a coloração natural dos anéis, e torná-los mais visíveis na madeira e conservando as amostras. Para isso, utiliza-se algum produto químico, como selador. Dependendo do caso, a conservação pode ser realizada antes da secagem, buscando evitar a exposição ao mofo e/ou fungos, garantido a qualidade de uso pelas condições da amostra (RIGOZO, 1999).

As amostras prontas para análise são submetidas aos estudos ópticos, que é desenvolvido pela contagem de número e mediação da largura de anéis de crescimento. O processo é realizado com auxílio de microscópios com dendrômetro conectado a um computador. Em geral utilizando os softwares o Lintab™ Measuring (Figura 11) ou Velmex Measuring (Figura 12), que são os mais utilizados na dendrocronologia.

**Figura 11 - Lintab™ Measuring**



Fonte: RINNTECH

**Figura 12 - Velmex Measuring**



Fonte: Velmex Inc

O procedimento para datação cruzada, ou seja, a sobreposição das séries é elaborada inicialmente de forma visual, comparando as amostras entre si. Neste processo, identificam-se os padrões de larguras de anéis entre as amostras (Figura 13) e ajusta-se a série combinando cada amostra aos anos em que cada anel foi formado, ou seja, constrói-se uma primeira cronologia. Esse passo tem a intenção de assegurar a correspondência de cada valor medido ao ano em que foi de fato formado o anel de crescimento, além de ajudar a identificar anéis ausentes ou falsos e corrigir erros de datações.

**Figura 13 - Amostras de anéis de crescimento sincronizadas**



Fonte: Goergen (2015)

Para validar e avaliar a força do sinal-ruído das cronologias ou até mesmo complementar as respostas obtidas por observações visuais são utilizadas equações estatísticas, os mais comuns são (FRITTS, 1976; WIGLEY; BRIFFA, JONES, 1983; LAROQUE, 1995; LAUW, 2011):

- Sensibilidade média - mede diferenças relativas na largura entre os anéis adjacentes, ou seja, é quantificada a variabilidade interanual, mostrando como uma árvore ou grupo de árvores é sensível às flutuações ano a ano no crescimento do anel.
- Coeficiente de correlação - mede o grau de associação linear entre dois conjuntos de dados independentes. É calculado entre a largura dos anéis das séries individuais e a cronologia mestre construída a partir da média das amostras replicadas.
- Autocorrelação: mede o efeito que o crescimento do ano atual tem no desempenho do próximo ano.

- Desvio padrão - mede a homogeneidade da curva média.
- Sinal de População Expressa (EPS) - mede a relação sinal-ruído cronológico, usado para avaliar a força relativa do sinal de variância comum nas cronologias de anéis de árvores de diferentes regiões.

Os cálculos de estatísticos são comumente realizados com auxílio do *software* COFECHA, um programa escrito em Fortran-77, que tem como finalidade identificar dados que devem ser reexaminados por possíveis erros (HOLMES, 1983).

Para padronização, é necessário remover as tendências não climáticas das amostras, relacionar as larguras com as taxas de crescimento considerando a razão da idade da árvore e origem biológica (COOK; PETERS, 1981). Essa correção é realizada com diferentes taxas anuais de crescimento calculadas juntamente em uma função média das amostras (SILVA, 2020).

Os ajustes são obtidos por testes tipo curva exponencial negativa, *spline* de suavização cúbica e linha de regressão linear. E os cálculos são normalmente processados com auxílio do *software* ARSTAN (COOK; HOLMES, 1986).

Após esse procedimento, as medidas das larguras dos anéis são transformadas em índice de espessura do anel padronizado. O cálculo é feito para cada série cronológica, dividindo os valores brutos da largura do anel pelos valores ajustados, com interesse de obter um parâmetro médio de cronologia (índices padronizados médios) (FRITTS, 1976; RIGOZO, 1999).

A última etapa para reconstrução climática consiste em realizar a calibração, em outras palavras, explorar a relação clima-crescimento dos anéis de árvores. A calibração tem o objetivo de definir qual(is) variável(is) climática desempenha maior influência sobre o crescimento das árvores ao longo dos ciclos estacionais e anuais (ANHOLETTO JUNIOR, 2019).

De acordo com Fritts e Swetnam (1989), calibração é um procedimento estatístico que deriva os coeficientes da equação, pois as variações do crescimento de anéis de árvores do passado podem ser substituídas na equação para estimar as variações nos fatores ambientais passados. Também, esse procedimento pode ser usado para prolongar um registro instrumental relativamente curto de dados meteorológicos e hidrológicos e realizar índices de severidade da seca.

Desta forma é necessário coletar dados, de temperatura, precipitação, cota de inundação, temperatura da superfície do mar, etc., através das instituições que contenham estações meteorológicas e hidrológicas com banco de dados disponibilizados.

Para a calibração normalmente se utiliza a análise da função de resposta, que é realizada através de técnicas de mínimos quadrados em um modelo de regressão multivariada que estima o valor da cronologia a partir de diversas variáveis climáticas preditoras, como precipitação e temperaturas mensais (FRITTS; SWETNAM, 1989).

Outra técnica comum é a função de transferência, isto é, ocorre a transferência da variação das cronologias para estimativas estatísticas de variação climática. Esse procedimento usa-se várias cronologias em um modelo de regressão multivariada para prever um ou mais fatores climáticos, neste caso, são calibrados os valores das cronologias com os fatores climáticos e a equação resultante é utilizada para reconstruir a variabilidade climática passada pelas variações no crescimento de árvores passadas (FRITTS; SWETNAM, 1989).

Desta maneira fica evidente que os procedimentos são basicamente estatístico-matemático, sendo bastante diversas as técnicas e modelos utilizados. Esses resultados sugerem que não é possível recomendar uma forma específica e particular para desenvolver os trabalhos em dendroclimatologia desde que eles sejam executados seguindo os nove princípios fundamentais. Esse caráter é que o que garante a confiabilidade, consistência e validação dos resultados.

#### 4.3 A IMPORTÂNCIA DAS RECONSTRUÇÕES CLIMÁTICAS E FORMAS DE REPRESENTAÇÃO

Como já argumentado, há importância do estudo com anéis de crescimento para os estudos geográficos do clima. Eles permitem obter muitas informações valiosas do passado, incluindo análises sobre as alterações ambientais, dinâmica populacional das florestas, regimes hídricos, processos geomorfológicos, além das relações sobre os efeitos dos ventos, os processos tectônicos, atividades vulcânicas, etc.

Além disso, os princípios fundamentais da dendrocronologia orientam os processos para efetivação de resultados robustos e confiáveis. O sentido é que os anéis de árvores são *proxies* que oferecem maior acessibilidade para realizar reconstruções climáticas em comparação às outras técnicas que utilizam, por exemplo, testemunhos de gelo, sedimentos,

corais, diversos indicadores geológicos e biológicos, devido à ampla distribuição geográfica das árvores (MANAGAVE; RAMESH, 2012).

Diante do exposto, com a delimitação geográfica bem estabelecida e um conjunto de amostras consistentes, torna-se uma das grandes vantagens aos estudos geográficos utilizar a dendroclimatologia como uma abordagem para análise do clima, da paisagem e do Tempo. E como anteriormente destacado, na climatologia geográfica, é pela reconstrução climática que os fundamentos dendrocronológicos podem ser mais bem acoplados.

Entendemos que uma das finalidades da análise climática é identificar padrões habituais e extremos que só podem ser contextualizados e analisados dentro de uma série histórica dos elementos (umidade, precipitação, temperatura, vento, etc.) e são essas condições que influenciam os aspectos mais abrangentes da dinâmica ambiental (FERREIRA, 2002).

Dentre as variáveis mais utilizadas para a reconstrução climática na dendroclimatologia estão a precipitação, a temperatura e índices obtidos para determinação de aridez ou de seca. Mas a técnica também pode ser usada para relacionar fenômenos climáticos em escala global, como El Niño Oscilação Sul (ENOS), que é um fenômeno climático (oceânico e atmosférico) que impacta grande parte dos lugares e regiões do planeta.

Sobre esse aspecto, a utilidade das reconstruções climáticas pode ser destacada por um conjunto de estudos, realizada em lugares distintos do mundo, que apresentam resultados semelhantes quando comparado a períodos observados cuja cronologia é coincidente.

Nas reconstruções climáticas costumam-se realizar análises mensais ou por estações do ano no período da cronologia construída, sendo possível identificar o quão chuvoso, frio ou quente foi cada período de tempo no determinado local, como também descrever o crescimento das árvores. Com a avaliação da reconstrução climática pode-se dizer qual ano ou período de tempo dentro da cronologia foi o pior e o mais favorável em termos climáticos para a região de estudo.

Entre as séries históricas, são frequentes registros que estendem em centenas de anos, como por exemplo, de Granato-Souza *et al.* (2017), um dos trabalhos brasileiros da área, foi possível obter uma cronologia de 230 anos, na região da Amazônia, a tese de doutorado de Laroque (1995) consta uma série de 800 anos na região da Ilha de Vancouver - Canadá, porém há trabalhos que registram cronologias milenares, como de Sthale e Cleaveland (1992)

que consta séries de 800 a 1600 anos no sudeste do Estados Unidos e de Cook, Palmer e Darrigo (2002) que contém uma cronologia de 1100 anos na Nova Zelândia.

Tem sido a partir desse caráter que a dendroclimatologia oferece a possibilidade de inferir periodicidades e ciclicidades e serem enquadrados por modificações globais do clima (mais abrangentes e relativamente permanentes), ou por alterações climáticas e ambientais muito abruptas e rápidas (como excepcionalidades que tendem ser pouco recorrentes) dentro da sazonalidade, ou do regime anual e interanual.

Nesta perspectiva, como os registros das árvores contemplam séculos e milênios, elas são ferramentas bastante apropriadas para uma avaliação da variabilidade climática de longo prazo, sobretudo dentro de uma dinâmica climática regional e local.

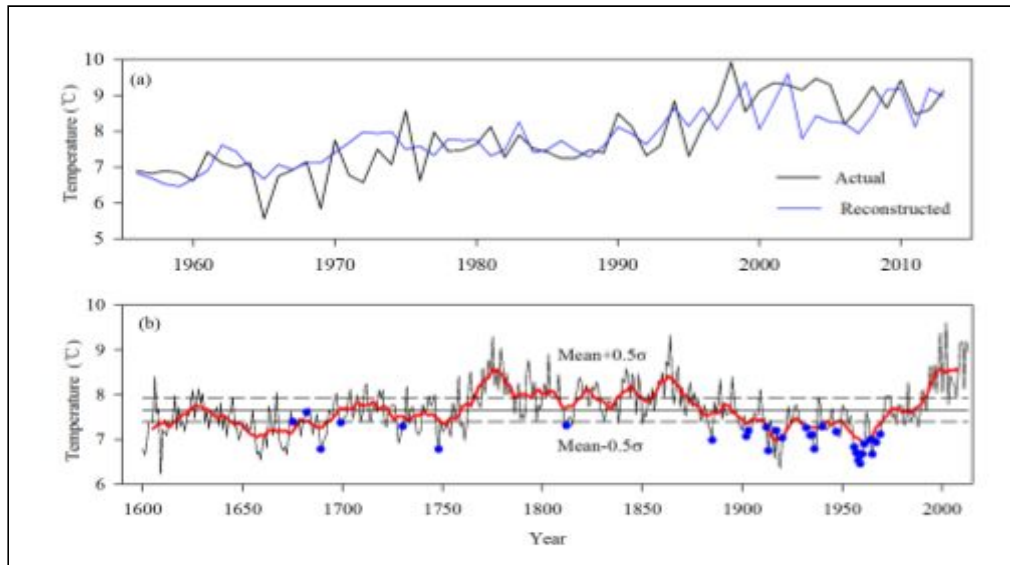
A título de exemplificação, a conhecida *Pequena Idade do Gelo*, que corresponde ao Mínimo de Maunder que ocorreu entre os anos 1645 - 1715, foi observada pela reconstrução climática de Lyu *et al.* (2016) no nordeste da China. O autor apresenta que o período frio mais longo da região nordeste da China aconteceu entre os anos de 1645 e 1677 (Figuras 14).

Na mesma direção, Laroque (1995) concluiu que houve um resfriamento no início e no final da década de 1600 e em meados da década de 1700 na região da Ilha de Vancouver no Canadá (Figura 15).

Destaca-se que ambos os estudos chamam atenção pelo fato do resfriamento ocorrer no mesmo período, mas em locais diferentes, inclusive, distantes. Acontece que um evento de grande proporção pode surtir efeitos no padrão climático pelo mundo todo.

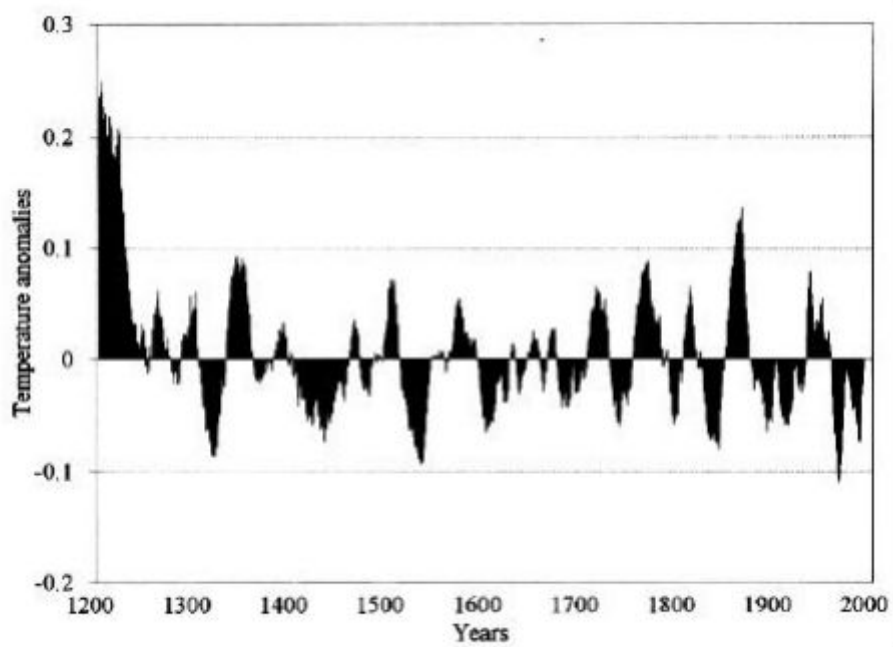
Além desses, há registros de períodos quentes e secos que também se coincidem com diversos estudos, um deles foi realizado por Pederson *et al.* (2001), que mostram um intervalo quente no início dos anos 1800 com significativo aquecimento em 1870 na região nordeste da Mongólia. E Akkemik e Aras (2005) concluíram que houve um grande período seco na região mediterrânea da Turquia, que ocorreu entre 1873 e 1874, e depois entre 1887 e 1890, sendo este último o período mais seco da série histórica. Opala *et al.* (2016) apontaram que entre 1830 e 1870 foi observado um dos períodos mais secos na península escandinava do norte.

Figura 14 - Temperatura reconstruída na região nordeste da China.



Fonte: Lyu *et al.* (2016)

Figura 15 - Desvios de temperatura da média prevista na ilha de Vancouver

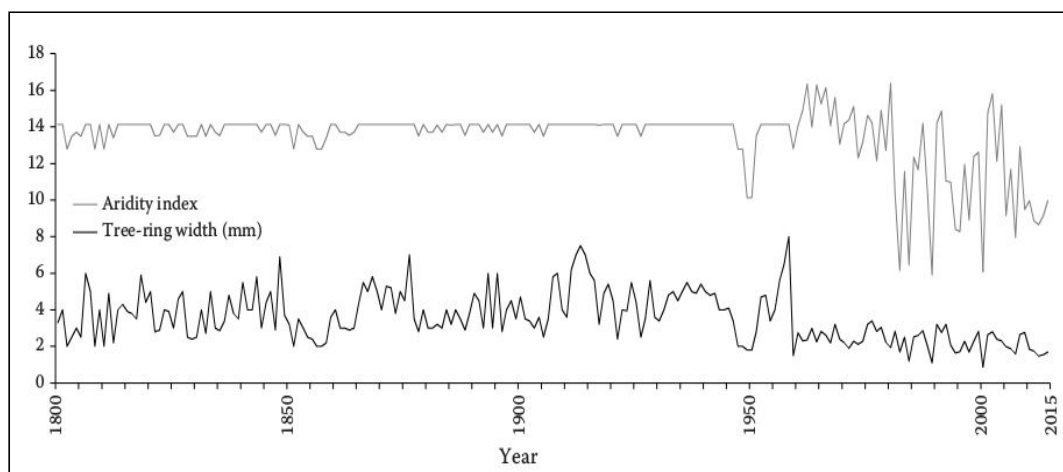


Fonte: Laroque (1995)

O trabalho realizado por Khaleghi (2018), que teve como objetivo de avaliar as mudanças do clima da província Coração do Norte – Irã apresentou resultados neste sentido, mas destacou as relações com mudanças climáticas. Segundo o autor, em Bojnourd, os

regimes pluviométricos passaram de semiárido para árido durante os últimos dois séculos, e corroborou que parte dos valores de precipitação diminuiu cerca de 100 mm ainda nos últimos quatro séculos (Figura 16).

**Figura 16 - Índice de aridez simulado usando a rede neural verificada e as larguras medidas de anéis de árvores nos últimos dois séculos.**



Fonte: Khaleghi (2018)

Além desses aspectos, a reconstrução climática também pode corresponder a eventos e fenômenos naturais e sociais desde que documentados. Por exemplo, Popa e Kern (2008) evidenciaram que o ano 1818 foi configurado com o verão mais frio da Romênia dos últimos 900 anos. A explicação foi designada à erupção do Monte Tambora ocorrido em 1815, somada à atividade solar reduzida conhecida como o Mínimo de Dalton.

Koul (1978) e Bamzai (1962) citados por Borgaonkar *et al.* (1994) afirmaram que em 1813 houve um péssimo rendimento da safra alimentícia que levou à graves condições de fome em 1814 na Caxemira - Índia, o que corresponde ao clima úmido e frio entre 1813 e 1815.

Esses estudos mostram-se como argumentos importantes que comprovam a utilidade da reconstrução climática na identificação de impactos e influência de padrão climático global e regional. As mudanças também são descritas com alto nível de detalhamento nas datações, tendo como parâmetro a análise em escalas regionais e locais.

Deste ponto é possível entender que o clima é tanto resultado combinado a diversos fatores ambientais, quanto fenômeno dinâmico que condiciona as paisagens com os elementos naturais dos diversos setores do planeta.





## 5 CONCLUSÃO

Geograficamente, o estudo do Tempo é o principal atributo pela configuração das paisagens, está intimamente vinculado às interpretações sobre os sistemas naturais e às condições ambientais. Os elementos que fazem parte desta dinâmica subjazem estudo da geografia, pela compreensão do desenvolvimento e evolução das paisagens e requer conhecimento histórico do passado. Sob este aspecto é que a dendroclimatologia torna-se uma ciência-chave, cujo interesse e a relevância podem servir à geografia.

O conjunto dos aspectos físicos dispostos na superfície terrestre caracteriza-se paisagem, um conceito importante na Geografia. Entendemos que paisagens são construídas e transformadas continuamente desde tempos pretéritos até os atuais, desta forma, são necessários testemunhos para que a profunda compreensão dos processos que organizam os diversos elementos, estruturas e mecanismos que compõem a paisagem.

Por isso, não tem sido possível estudar a paisagem sem recorrer à sua dimensão temporal, descrita em termos de Tempo e temporalidade. Estas são as categorias que revelam a importância dos anéis de árvores, como indicadores naturais, para estudo da paisagem e dos sistemas naturais na geografia.

Em síntese, o desenvolvimento da análise do Tempo na dendrocronologia se dá pela organização e sistematização dos registros em séries temporais e pela relação com as condições ambientais que representam os momentos em que as plantas viveram.

Todos esses processos devem finalmente sistematizar a reconstrução climática, sendo esta uma das finalidades mais relevantes para os estudos desenvolvidos dentro da climatologia geográfica, mas não exclusivo a ela.

A partir do que foi apresentado neste trabalho sugere-se que passe à prática, oferecer possibilidades de estudo na geografia física, que seja influenciado pelos fatores dos climas pretéritos, a partir de dados obtidos por indicadores naturais, especialmente os anéis de árvores. Entre eles, pode-se destacar:

- As influências climáticas nas formações geomorfológicas locais;
- Distribuição espacial de uma determinada espécie de acordo com a variabilidade climática;

- Dinâmica hidrológica do passado de uma região definida e suas implicações futuras de acordo com a variabilidade climática;
- Excepcionalidades climáticas e seus impactos locais e regionais.

Os anéis de árvores como *proxies* oferecem acessibilidade para realizar reconstruções climáticas em comparação a outras técnicas, além disso, preservam registro contínuo com resolução anual, garantindo a confiabilidade dos dados, maiores detalhes sobre o clima do passado e suprimento de escassez de dados pretéritos e atuais.

Com as vantagens e benefícios que a dendroclimatologia oferece, deve ser considerada como um novo campo a ser incorporado em pesquisas geográficas brasileiras, por meio de suas técnicas desenvolvidas ao longo de décadas por norte-americanos e europeus, podendo transformar em uma ferramenta poderosa para a geografia física, se beneficiando na melhoria de qualidade das pesquisas e também para o desenvolvimento da ciência geográfica.

## REFERÊNCIAS

ABREU, A. A. de. **Análise geomorfológica: reflexão e aplicação**. São Paulo, 1982. 242p. Tese de Livre Docência - Departamento de Geografia, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo.

AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

AHUJA, M. Raj; NEALE, David B.. Evolution of Genome Size in Conifers. **Silvae Genetica**, [s.l.], v. 54, n. 1-6, p. 126-137, 1 dez. 2005. Disponível em: <https://content.sciendo.com/view/journals/sg/54/1-6/article-p126.xml>. Acesso em: 18 maio 2020.

AKKEMIK, Ünal; ARAS, Aliye. Reconstruction (1689–1994 AD) of april–august precipitation in the southern part of central Turkey. **International Journal Of Climatology**. [s.l.], p. 537-548. mar. 2005. Disponível em: <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/joc.1145>. Acesso em: 19 mar. 2020.

ALMEIDA, Hélio Romito de. A geografia: o espaço e o tempo. **Revista de Ciências Humanas - Ufsc**, Florianópolis, v. 2, n. 3, p.7-15, mar. 1982. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/revistacfh/article/view/23571>. Acesso em: 17 mar. 2020.

AMORIM, Margarete Cristiane da Costa Trindade; NUNES, João Osvaldo Rodrigues. Geografia e ambiente: reflexões sobre o atual momento da geografia física. : Reflexões sobre o atual momento da geografia física. **Geografia**, Rio Claro, v. 31, n. 2, p. 427-432, maio 2006. Disponível em: <http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/2490>. Acesso em: 26 maio 2020.

ANHOLETTO JUNIOR, Claudio Roberto. **Aplicação da dendrocronologia na avaliação das mudanças climáticas nas florestas de várzea da Amazônia Central**. 2019. 70 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências, Usp / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2019. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/91/91131/tde-23012020-100658/en.php>. Acesso em: 24 abr. 2020.

AYOADE, J. O.. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.

BARBOSA, Liriane Gonçalves; GONÇALVES, Diogo Laercio. A paisagem em geografia: diferentes escolas e abordagens. **Élisée: Rev. Geo. UEG**, Anápolis, v. 3, n. 2, p. 92-110, jul. 2014. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/article/view/3122>. Acesso em: 10 abr. 2020.

BERTRAND, Georges. PAISAGEM E GEOGRAFIA FÍSICA GLOBAL. ESBOÇO METODOLÓGICO. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 8, n. 1, p.141-152, 31 dez. 2004. Universidade Federal do Paraná.. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v8i0.3389>. Acesso em: 17 mar. 2020.

BORGAONKAR, H.p.; PANT, G.b.; KUMAR, K. Rupa. Dendroclimatic reconstruction of summer precipitation at Srinagar, Kashmir, India, since the late-eighteenth century. **The Holocene**. [s.l.], p. 299-306. set. 1994. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.961.7262&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 19 mar. 2020.

BOTOSSO, Paulo Cesar; MATTOS, Patrícia Póvoa de. **A idade das árvores: importância e aplicação**. Colombo: Embrapa Florestas, 2002. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/280995/1/doc75.pdf>. Acesso em: 18 maio 2020.

CARNEIRO, Celso D. R. et al. Ciência do sistema Terra e o entendimento da "máquina" planetária em que vivemos. **Geonomos**, Belo Horizonte, v. 13, n. 12, p.11-18, dez. 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/revistageonomos/article/view/11553>. Acesso em: 15 mar. 2020.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Perspectivas da geografia**. 2. ed. São Paulo: Difel, 1985. Capítulo: As perspectivas dos estudos geográficos.. Disponível em: <http://sigcursos.tripod.com/perspetivas.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2020.

COELHO, João de Vasconcellos. **Dendrocronologia: método matemático para determinação da idade das árvores**. 2011. 89 f. Tese (Doutorado) - Curso de Física Ambiental, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2011. Disponível em: <http://www.pgfa.ufmt.br/index.php/en/utilities/files/banco-de-teses-do-programa/193-joao-de-vasconcellos-coelho>. Acesso em: 15 mar. 2020.

COLANGELO, Antonio Carlos. Geografia física, pesquisa e ciência geográfica. **Geosp**, São Paulo, v. 16, n. 1, p.09-16, jan. 2004. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/73952>. Acesso em: 17 mar. 2020.

CONTI, José Bueno. GEOGRAFIA E PAISAGEM. **Ciência e Natura**, [s.l.], v. 36, n. 3, p. 239-245, 31 out. 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/index.php/cienciaenatura/article/view/13218>. Acesso em: 10 abr. 2020.

COOK, Edward R.; HOLMES, Richard L.. Users Manual For Program ARSTAN. In: HOLMES, Richard L.; ADAMS, Rex K.; FRITTS, Harold C.. **Tree-Ring Chronologies of Western North America: California, eastern Oregon and northern Great Basin**. Tucson: U. S. National Science Foundation, 1986. p. 50-65. Disponível em: <https://repository.arizona.edu/handle/10150/304672>. Acesso em: 24 abr. 2020.

COOK, Edward R.; PALMER, Jonathan G.; D'ARRIGO, Rosanne D.. Evidence for a 'Medieval Warm Period' in a 1,100 year tree-ring reconstruction of past austral summer temperatures in New Zealand. **Geophysical Research Letters**, [s.l.], v. 29, n. 14, p.12-1, jul. 2002. American Geophysical Union (AGU). <http://dx.doi.org/10.1029/2001gl014580>. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2001GL014580>. Acesso em: 18 mar. 2020.

COOK, Edward R.; PETERS, Kenneth. The smoothing spline: a new approach to standardizing forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies. **Tree-ring Bulletin**, [s.l.], v. 41, n. 01, p. 45-53, jan. 1981. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10150/261038>. Acesso em: 24 abr. 2020.

COSTA, Fábio Rodrigues da; ROCHA, Márcio Mendes. GEOGRAFIA: CONCEITOS E PARADIGMAS - APONTAMENTOS PRELIMINARES. **Geomae**, Campo Mourão, v. 1, n. 2, p.25-56, jan. 2010. Disponível em: [http://www.fecilcam.br/revista/index.php/geomae/article/viewFile/12/pdf\\_7](http://www.fecilcam.br/revista/index.php/geomae/article/viewFile/12/pdf_7). Acesso em: 17 mar. 2020.

COUTINHO, Bernard Teixeira. O ESPAÇO DO TEMPO NA GEOGRAFIA. **Geografares**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 1, p.40-68, dez. 2012. Disponível em: <http://teste.periodicos.ufes.br/geografares/article/view/3458>. Acesso em: 17 mar. 2020.

CRONIN, Thomas M.. **Principles of Paleoclimatology: perspectives in paleobiology and earth history**. Perspectives in Paleobiology and Earth History. New York: Columbia University Press, 1999. 592 p. Disponível em: <https://epdf.pub/principles-of-paleoclimatology0f9286bf0f6710d9a7bfc6b2481bdd9a77979.html>. Acesso em: 10 mar. 2020.

CUBAS, Rafael. **Restabelecimento de Araucaria angustifolia e Ocotea porosa após sete décadas da exploração florestal**. 2015. 118 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/3787/CUBAS,%20RAFAEL.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2020.

CURREY, Donald R.. An Ancient Bristlecone Pine Stand in Eastern Nevada. **Ecology**. Washington, p. 564-566. jul. 1965. Disponível em: <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/1934900>. Acesso em: 16 mar. 2020.

DOUGLASS, A. E.. Evidence of Climatic Effects in the Annual Rings of Trees. **Ecology**, [s.l.], v. 1, n. 1, p.24-32, jan. 1920. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/pdf/1929253.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2020.

ECOSSISTEMA. [sem título], 2019. Figura. Disponível em: <http://ecoliveiras.blogspot.com/2019/02/dendrologia-estudando-o-passado-atraves.html>. Acesso em: 13 jul. 2020

FERGUSON, C. W.. Bristlecone Pine: Science and Esthetics. **Science**, [s.l.], v. 159, n. 3817, p.839-846, 23 fev. 1968. American Association for the Advancement of Science (AAAS). <http://dx.doi.org/10.1126/science.159.3817.839>. Disponível em: [https://www.ltrr.arizona.edu/webhome/mcgraw/Bristlecone\\_Pine\\_Science\\_and\\_Esthetics.pdf](https://www.ltrr.arizona.edu/webhome/mcgraw/Bristlecone_Pine_Science_and_Esthetics.pdf). Acesso em: 16 mar. 2020.

FERREIRA, A. de Brum. Variabilidade climática e dinâmica geomorfológica. **Apgeom**, Lisboa, v. 1, n. 1, p. 7-15, jan. 2002. Disponível em: [http://www.geoescola.org/dossiers/publicacoes/Variabilidade\\_climatica\\_dinamica\\_geomorf\\_ABrumFerreira.pdf](http://www.geoescola.org/dossiers/publicacoes/Variabilidade_climatica_dinamica_geomorf_ABrumFerreira.pdf). Acesso em: 18 maio 2020.

FICHTLER, Esther. Dendroclimatology using tropical broad-leaved tree species - a review. **Erdkunde**. [s.l.], p. 5-22. out. 2015. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/44280263?seq=1>. Acesso em: 18 maio 2020.

FRITTS, H. C.. **Tree Rings and Climate**. London: Academic Press, 1976.

FRITTS, Harold.c.; SWETNAM, T.w.. Dendroecology: a tool for evaluating variations in past and present forest environments. : A Tool for Evaluating Variations in Past and Present Forest Environments. **Advances In Ecological Research**, [s.l.], v. 19, n. 01, p. 111-188, jan. 1989. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/s0065-2504\(08\)60158-0](http://dx.doi.org/10.1016/s0065-2504(08)60158-0). Acesso em: 24 abr. 2020.

GALILEU. [sem título], 2018. Figura. Disponível em: <http://revistagalileu.globo.com/Revista/Galileu/0,,EDG85318-7946-209,00-COMO+SABEM OS+A+IDADE+DE+UMA+ARVORE.html>. Acesso em: 13 jul. 20

GODOY, Paulo Roberto Teixeira de. A Geografia Histórica e as formas de apreensão do tempo. **Terra Brasilis**, [s.l.], n. 2, p. 1-9, 21 jun. 2013. Disponível em: <https://journals.openedition.org/terrabrasilis/767>. Acesso em: 10 abr. 2020.

GOERGEN, L. **A imagem apresenta as quarenta e três amostras de Araucaria angustifolia utilizadas no desenvolvimento do trabalho**. 2015. Disponível em: <http://mtc-m21b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m21b/2015/08.04.15.39/doc/Lauren%20G%C3%B6rgen.pdf>. Acesso em: 8 Maio 2020.

GRANATO-SOUZA, Daniela; STAHL, David W.; BARBOSA, Ana Carolina; FENG, Song; TORBENSON, Max C. A.; PEREIRA, Gabriel de Assis; SCHÖNGART, Jochen; BARBOSA, Joao Paulo; GRIFFIN, Daniel. Tree rings and rainfall in the equatorial Amazon. **Climate Dynamics**, [s.l.], v. 52, n. 3-4, p.1857-1869, 8 maio 2018. Disponível em: [https://cpb-us-e1.wpmucdn.com/wordpress.uark.edu/dist/1/224/files/2018/06/2018\\_Granato-Souza-2j6wrq.pdf](https://cpb-us-e1.wpmucdn.com/wordpress.uark.edu/dist/1/224/files/2018/06/2018_Granato-Souza-2j6wrq.pdf). Acesso em: 17 mar. 2020.

GROTZINGER, John; JORDAN, Tom. **Para entender a Terra**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

HOLMES, Richard L.. COMPUTER -ASSISTED QUALITY CONTROL IN TREE -RING DATING AND MEASUREMENT. **Tree Ring Bulletin**, [s.l.], v. 43, n. 01, p. 69-77, jan. 1983. Disponível em: <https://repository.arizona.edu/handle/10150/261223>. Acesso em: 24 abr. 2020.

HUGHES, Malcolm. European tree rings and climate. **New Scientist**. London, p. 500-502. fev. 1978. Disponível em: [https://books.google.com.br/books?id=QFemJs\\_jlvcC&pg=PA481&lpg=PA481&dq=Malcom+Hughes+journal+1978+European+tree+rings+and+climate&source=bl&ots=JaUlcPNuKn&sig=ACfU3U3nfRi3cH2mDjAvXGxBGluRf8vPuA&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKewjkaLH9Z\\_oAhW7LLkGHcurB1gQ6AEwC3oECAkQAQ#v=onepage&q=Malcom%20Hughes%20journal%201978%20European%20tree%20rings%20and%20climate&f=false](https://books.google.com.br/books?id=QFemJs_jlvcC&pg=PA481&lpg=PA481&dq=Malcom+Hughes+journal+1978+European+tree+rings+and+climate&source=bl&ots=JaUlcPNuKn&sig=ACfU3U3nfRi3cH2mDjAvXGxBGluRf8vPuA&hl=pt-BR&sa=X&ved=2ahUKewjkaLH9Z_oAhW7LLkGHcurB1gQ6AEwC3oECAkQAQ#v=onepage&q=Malcom%20Hughes%20journal%201978%20European%20tree%20rings%20and%20climate&f=false). Acesso em: 16 mar. 2020.

JUDD, N. M. **Photograph of Douglass examining Chetro Ketl beams, taken at the Laboratory of Tree-ring Research, University of Arizona, Tucson, 1957**. 1962.

Disponível em:

[https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/F96592B558411C1B93B9FD9570F78C50/S0002731600012130a.pdf/andrew\\_ellicott\\_douglass\\_18671962.pdf](https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/F96592B558411C1B93B9FD9570F78C50/S0002731600012130a.pdf/andrew_ellicott_douglass_18671962.pdf). Acesso em: 8 Maio 2020.

KAENNEL, Michèle; SCHWEINGRUBER, Fritz Hans. **Multilingual glossary of dendrochronology: terms and definitions in english, german, french, spanish, italian, portuguese and russian**. Terms and definitions in English, German, French, Spanish, Italian, Portuguese and Russian. Berne: Swiss Federal Institute For Forest, Snow And Landscape Research, Wsl/fnp (editor), 1995. Disponível em: [https://mafiadoc.com/multilingual-glossary-of-dendrochronology\\_5c13e3d2097c47ab078b586e.html](https://mafiadoc.com/multilingual-glossary-of-dendrochronology_5c13e3d2097c47ab078b586e.html). Acesso em: 02 set. 2019.

KHALEGHI, Mohammad Reza. Application of dendroclimatology in evaluation of climatic changes. **Journal Of Forest Science**, [s.l.], v. 64, n. 3, p.139-147, 28 mar. 2018. Disponível em: [https://www.agriculturejournals.cz/web/jfs.htm?type=article&id=79\\_2017-JFS](https://www.agriculturejournals.cz/web/jfs.htm?type=article&id=79_2017-JFS). Acesso em: 19 mar. 2020.

LAROQUE, Colin Peter. **The Dendrochronology and Dendroclimatology of Yellow-cedar on Vancouver Island, British Columbia**. 1995. 118 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência, University Of Victoria, Victoria, 1995. Disponível em: <http://www.madlabsk.ca/laroque-thesis.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2020.

LAUW, Alexandra Maria Rodrigues Ferreira. **Estudo de anéis anuais de crescimento de árvores como indicadores climáticos em Portugal**. 2011. 71 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais, Instituto Superior de Agronomia Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2011. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.5/4053>. Acesso em: 24 abr. 2020.

LORENSI, Caren. **ESTUDO DE EVENTOS DE EL NIÑO E LA NIÑA EM ANÉIS DE CRESCIMENTO DE ÁRVORES PARA A REGIÃO SUL DO BRASI**. 2012. 117 f.



Dissertação (Mestrado) - Curso de Meteorologia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/10262>. Acesso em: 30 nov. 2018.

LYU, Shanna et al. A 414-year tree-ring-based April–July minimum temperature reconstruction and its implications for the. **Climate Of The Past**, [s.l.], v. 12, n. 9, p.1879-1888, 20 set. 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Xiaochun\\_Wang6/publication/309073466\\_A\\_414-year\\_tree-ring-based](https://www.researchgate.net/profile/Xiaochun_Wang6/publication/309073466_A_414-year_tree-ring-based). Acesso em: 19 mar. 2020.

MANAGAVE, S. R.; RAMESH, R.. Isotope Dendroclimatology: A Review with a Special Emphasis on Tropics. In: BASKARAN, Mark (ed.). **Handbook of Environmental Isotope Geochemistry**. Berlin: Springer, 2012. p. 811-833.

OLIVEIRA, Alexandre Adalardo de. **Florestas do Rio Negro: diversidade e conservação de árvores**. Diversidade e conservação de árvores. São Paulo: Companhia das Letras, Unip, 2001. Disponível em: <http://ecologia.ib.usp.br/guiaigapo/images/livro/RioNegro03.pdf>. Acesso em: 04 set. 2019.

OLIVEIRA, Marcos José de et al. História geológica e Ciência do clima: métodos e origens do estudo dos ciclos climáticos na Terra. **Terrae**, Campinas, v. 12, n. 1, p.3-26, dez. 2015. Disponível em: [https://www.ige.unicamp.br/terrae/V12/T\\_V12\\_1.html](https://www.ige.unicamp.br/terrae/V12/T_V12_1.html). Acesso em: 17 mar. 2020.

OPALA, Magdalena; MIGALA, Krzysztof; OWCZAREK, Piotr. Two centuries-long dendroclimatic reconstruction based on Low Arctic *Betula pubescens* from Tromsø Region, Northern Norway. **Polish Polar Research**, [s.l.], v. 37, n. 4, p.457-476, 1 dez. 2016. Disponível em: <https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/popore.2016.37.issue-4/popore-2016-0024/popore-2016-0024.pdf>. Acesso em: 19 mar. 2020.

PEDERSON, Neil et al. Hydrometeorological Reconstructions for Northeastern Mongolia Derived from Tree Rings: 1651–1995. **Journal Of Climate**. [s.l.], p. 872-881. mar. 2001. Disponível em: [https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0442\(2001\)014%3C0872%3AHRFNMD%3E2.0.CO%3B2](https://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0442(2001)014%3C0872%3AHRFNMD%3E2.0.CO%3B2). Acesso em: 19 mar. 2020.

POPA, Ionel; KERN, Zoltán. Long-term summer temperature reconstruction inferred from tree-ring records from the Eastern Carpathians. **Climate Dynamics**, [s.l.], v. 32, n. 7-8, p.1107-1117, 22 jul. 2008. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-008-0439-x>. Acesso em: 18 maio 2020.

PRESTES, Alan. **Relação Sol-Terra estudada através de anéis dos crescimento de coníferas do holoceno recente e do tr.** 2006. 142 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geofísica Espacial, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp078937.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2020.

RIGOZO, Nivaor Rodolfo. **Registros da atividade solar e de outros fenômenos geofísicos em anéis de crescimento de árvore**. 1998. 131 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geofísica Espacial, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1999. Disponível em: [http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/INPE\\_cb53e038eaa0d5f349493026e37fe61e](http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/INPE_cb53e038eaa0d5f349493026e37fe61e). Acesso em: 17 mar. 2020.

RINNTECH. **Lintab™ Measuring**. s/d. Disponível em: <https://rinntech.info/products/lintab/>. Acesso em: 8 Maio 2020.

ROZENDAAL, Danae M. A.; ZUIDEMA, Pieter A. Dendroecology in the tropics: a review. **Trees**, [s.l.], v. 25, n. 1, p. 3-16, ago. 2011. Disponível em: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s00468-010-0480-3.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2020.

SALES, Vanda de Claudino. GEOGRAFIA, SISTEMAS E ANÁLISE AMBIENTAL: ABORDAGEM CRÍTICA. **Geosp**, São Paulo, v. 8, n. 2, p.125-141, dez. 2004. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/geosp/article/view/73959>. Acesso em: 17 mar. 2020.

SALVADOR, Regina. O TEMPO NA GEOGRAFIA. **Revista da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas**, Lisboa, v. 12, n. 1, p.37-42, jan. 1998. Disponível em: [https://run.unl.pt/bitstream/10362/7438/1/RFCSH12\\_37\\_42.pdf](https://run.unl.pt/bitstream/10362/7438/1/RFCSH12_37_42.pdf). Acesso em: 16 mar. 2020.

SANT'ANNA NETO, João Lima. Clima e organização do espaço. **Boletim de Geografia**, [s.l.], v. 16, n. 1, p. 119-132, fev. 2011. Disponível em: <http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/12158>. Acesso em: 18 maio 2020.

SANTOS, Milton. **A Natureza do Espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. 4. ed. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2006. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/1799/A%20natureza%20do%20Espa%C3%A7o.pdf>. Acesso em: 26 maio 2020.

SANTOS, Paulo Talhada dos. Anéis de Crescimento (Xilema Secundário - Xilema II), 2011. Fotografia. Disponível em: <https://www.casadasciencias.org/imagem/5895>. Acesso em: 13 jul. 2020.

SCHIER, Raul Alfredo. Trajetórias do conceito de paisagem na Geografia. **Raega**, Curitiba, v. 7, n. 1, p. 79-85, jan. 2003. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/raega/article/view/3353>. Acesso em: 10 abr. 2020.

SCHONS, Cristine T. et al. Dendrocronologia: princípios e aplicações. In: Anais da II Semana de Aperfeiçoamento em Engenharia Florestal da UFPR. Anais...Curitiba(PR) CIFLOMA, 2018. Disponível em: <http://www.even3.com.br/anais/iiseaflor>. Acesso em: 24 jun 2020.

SCHMIDT, F. **Anéis de crescimento de uma árvore**. s/d. Disponível em: <https://www.dw.com/pt-br/an%C3%A9is-das-%C3%A1rvores-permitem-tra%C3%A7ar-oscila%C3%A7%C3%B5es-clim%C3%A1ticas-do-planeta/a-16198048>. Acesso em: 8 Maio 2020.

SERRA, Elpidio. NOÇÕES DE "ESPAÇO" E DE "TEMPO" EM GEOGRAFIA. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 2, n. 2, p.03-16, fev. 1984. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/12923>. Acesso em: 17 mar. 2020.

SHEPPARD, Paul R.. Dendroclimatology: extracting climate from trees. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, [s.l.], v. 1, n. 3, p.343-352, 16 abr. 2010. Disponível em: <https://www.ltrr.arizona.edu/~sheppard/Raul/SheppardClimatolog%C3%ADa.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2020.

SILVA, Alinne Santos da. **Dendrocronologia das árvores de Copaifera duckei Dwyer em florestas manejadas e sob exploração convencional na Amazônia Oriental**. 2020. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências, Usp / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2020. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-18032020-162738/en.php>. Acesso em: 18 maio 2020.

SMITH, Kevin T.. An organismal view of dendrochronology. **Dendrochronologia**, [s.l.], v. 26, n. 3, p.185-193, dez. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.dendro.2008.06.002>. Disponível em: [https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/jrnl/2008/nrs\\_2008\\_smith-k\\_003.pdf](https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/jrnl/2008/nrs_2008_smith-k_003.pdf). Acesso em: 04 set. 2019.

STAHL, David W.; CLEAVELAND, Malcolm K.. Reconstruction and Analysis of Spring Rainfall over the Southeastern U.S. for the Past 1000 Years. **Bulletin American Meteorological Society**. [s.l.], p. 1947-1961, dez. 1992. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0477%281992%29073%3C1947%3ARAAOSR%3E2.0.CO%3B2>. Acesso em: 18 mar. 2020.

SUGUIO, Kenitiro. **Geologia do Quaternário e mudanças ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

TROLL, Carl. A PAISAGEM GEOGRÁFICA E SUA INVESTIGAÇÃO. **Espaço e Cultura**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 4, p. 1-7, jul. 1997. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/espacoecultura/article/view/6770>. Acesso em: 10 abr. 2020.

VELMEX. **Velmex Measuring**. s/d. Disponível em: [https://www.velmex.com/Products/Pre-configured\\_Systems/Tree\\_Ring\\_Measuring\\_System.html](https://www.velmex.com/Products/Pre-configured_Systems/Tree_Ring_Measuring_System.html). Acesso em: 8 Maio 2020.

VETTER, Roland E.; BOTOSSO, Paulo César. Observações preliminares sobre a periodicidade e taxa de crescimento em árvores tropicais. **Acta Amazonica**, [s.l.], v. 18, n.

1-2, p.189-196, jun. 1988. Disponível em:  
[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0044-59671988000100189&lng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59671988000100189&lng=pt&tlng=pt)  
&tlng=pt. Acesso em: 04 set. 2019.

VITTE, Antonio Carlos. O DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE PAISAGEM E A SUA INSERÇÃO NA GEOGRAFIA FÍSICA. **Mercator**, Fortaleza, v. 6, n. 11, p. 71-78, nov. 2008. Disponível em: <http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/58>. Acesso em: 10 abr. 2020.

EDDY, John Allen. Book-Review - Tree Rings and Telescopes - the Scientific Career of A.E. Douglass. **Journal For The History Of Astronomy**. Knudsen, p. 69-71. fev. 1986. Disponível em: <http://articles.adsabs.harvard.edu/full/seri/JHA../0017//0000070.000.html>. Acesso em: 12 maio 2019.

WHITROW, G. J.. **O que é o tempo?: uma visão clássica sobre a natureza do tempo**. Uma visão clássica sobre a natureza do tempo. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2005. Tradução: Maria Ignez Duque Estrada.

WIGLEY, T. M. L.; BRIFFA, K. R.; JONES, P. D.. On the Average Value of Correlated Time Series, with Applications in Dendroclimatology and Hydrometeorology. **Journal Of Climate And Applied Meteorology**, [s.l.], v. 23, n. 2, p. 201-213, fev. 1984. Disponível em: [https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0450\(1984\)023%3C0201:OTAVOC%3E2.0.CO;2](https://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0450(1984)023%3C0201:OTAVOC%3E2.0.CO;2). Acesso em: 24 abr. 2020.

WORBES, Martin. One hundred years of tree-ring research in the tropics ± a brief history and an outlook to future challenges. **Dendrochronologia**, [s.l.], v. 20, n. 1, p. 217-231, jan./fev. 2002. Disponível em: [https://pdfs.semanticscholar.org/33ae/f563cfa011d46284415a85ff242968ba45bb.pdf?\\_ga=2.75371474.1334564560.1594066860-57746981.1594066860](https://pdfs.semanticscholar.org/33ae/f563cfa011d46284415a85ff242968ba45bb.pdf?_ga=2.75371474.1334564560.1594066860-57746981.1594066860). Acesso em: 6 jun. 2020.

ZHAO, Shoudong et al. The International Tree-Ring Data Bank (ITRDB) revisited: data availability and global ecological representativity. : Data availability and global ecological representativity. **Journal Of Biogeography**, [s.l.], v. 46, n. 2, p. 355-368, 5 dez. 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jbi.13488>. Acesso em: 18 maio 2020.



## APÊNDICE

**Quadro:** Trabalhos selecionados.

Autor(es)	Ano de publicação	Título do trabalho
Ahmed; Wahab; Khan	2009	Dendroclimatic investigation in Pakistan, using <i>Picea Smithiana</i> (wall) boiss., preliminary results
Akkemik; Aras	2005	Reconstruction (1689-1994 AD) of April-August precipitation in the southern part of central Turkey
Batista	2011	Dendroclimatologia da espécie arbórea <i>Macrobium acaciifolium</i> (Fabaceae) em florestas de igapó na Amazônia Central
Borgaonkar; Pant; Kumar	1993	Dendroclimatic reconstruction of summer precipitation at Srinagar, Kashmir, India, since the late-eighteenth century
Cook; Palmer; D'Arrigo	2002	Evidence for a 'Medieval Warm Period' in a 1.100 year tree-ring reconstruction of past austral summer temperatures in New Zealand
Flower; Smith	2010	A dendroclimatic reconstruction of June–July mean temperature in the northern Canadian Rocky Mountains
Granato-Souza et al.	2018	Tree rings and rainfall in the Equatorial Amazon
Khaleghi	2018	Application of dendroclimatology in evaluation

		of climatic changes
Kostyakova et al.	2018	Precipitation reconstruction for the Khakassia region, Siberia, from tree rings
Laroque	2003	The Dendrochronology and Dendroclimatology of Yellow-cedar on Vancouver Island, British Columbia
Lorensi	2012	Estudo de eventos de El Niño e La Niña em anéis de árvores para a região sul do Brasil
Lorensi; Prestes	2017	Dendroclimatologia com amostras de <i>Araucaria angustifolia</i> coletadas em Santa Catarina
Lyu et al.	2016	A 414-year tree-ring-based April–July minimum temperature reconstruction and its implications for the extreme climate events, northeast China
Opala; Migala; Owczarek	2016	Two centuries-long dendroclimatic reconstruction based on Low Arctic <i>Betula pubescens</i> from Tromsø Region, Northern Norway
Pederson et al.	2000	Hydrometeorological Reconstructions for Northeastern Mongolia Derived from Tree Rings: 1651–1995
Popa; Kern	2008	Long-term summer temperature reconstruction inferred

		from tree-ring records from the Eastern Carpathians
Stahle; Cleaveland	1992	Reconstruction and Analysis of Spring Rainfall over the Southeastern U.S. for the Past 1000 Years
Thapa et al.	2014	Spring temperatures in the far-western Nepal Himalaya since AD 1640 reconstructed from <i>Picea smithiana</i> tree-ring widths
Wilson; Luckman; Esper	2004	A 500 year dendroclimatic reconstruction of spring-summer precipitation from the lower Bavarian forest region, Germany
Zheng; Shao; Li	2016	February–May temperature reconstruction based on tree-ring widths of <i>Abies fargesii</i> from the Shennongjia area in central China