

ESTUDO DIGITAL DOS REGISTROS NATURAIS EM ANÉIS DE ÁRVORES

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/INPE)**

Lauren Catherine Brum Göergen (UFSM, Bolsista PIBIC/CNPq/INPE)
E-mail: lauren.goergen@hotmail.com

Nivaor Rodolfo Rigozo (INPE, Orientador)
E-mail: rodolfo@dge.inpe.br

Julho de 2013

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de iniciação científica, processo 100076/2013-0.

RESUMO

Para este estudo, foram analisadas vinte amostras de árvores, da espécie *Araucaria angustifolia* coletadas em 26 de janeiro de 2011, no município de Coxilha, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Esta região está localizada aproximadamente a uma longitude de 52°18'O e latitude de 28°09S, com altitude de 702 metros. Como primeira etapa do estudo, foi realizada a identificação dos anéis - verdadeiros e falsos – em uma análise a olho nu e em seguida, com utilização de um microscópio. Após isto, foi feito o processo de medição das espessuras dos anéis de crescimento e sua respectiva datação, onde se utilizou o software MeasureJ2x. Foram medidos o anel anual, o lenho inicial e o lenho tardio, obtendo por fim três séries temporais distintas. Esta parte do trabalho foi realizada com uma mesa de medição Velmex® acoplado a um estereomicroscópio. Por fim, aplicando a ferramenta computacional “Microsoft Office *Excel*” foi feito os gráficos das espessuras, em mm, em função do tempo, em anos, de cada amostra de árvore, tendo a cronologia destas séries temporais.

DIGITAL STUDY OF THE NATURAL RECORDS IN RINGS OF A TREES

ABSTRACT

For this study, we analyzed 43 samples of trees, of the species *Araucaria angustifolia*, collected on January 26, 2011, in the municipality of Coxilha in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. This region is located approximately a longitude of 52 ° 18'O and latitude 28 ° 09S, with a height of 702 meters. As the first step of the study, was performed to identify of the rings - true and false - in a examination with the naked eye, and then using a microscope. After this, was made the process of measuring the thickness of growth rings and their respective dating, where it used the software *MeasureJ2x*. Were measured the annual ring, earlywood and latewood, obtaining finally three distinct temporal series. This part of the work was done with a measuring table Velmex ® coupled to a stereomicroscope. Finally, applying the computational tool "Microsoft Excel" was done graphs of the thickness, in mm, as a function of time, in years, tree for each sample, having the chronology of these temporal series.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 1 -	7
Figura 2 -	8
Figura 3 -	8
Figura 4 -	9
Figura 5 -	10

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela 1 -	11
Tabela 2 -	11

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	02
2.1 Dendrocronologia.....	02
2.2 Dendroclimatologia.....	03
2.3 Séries temporais.....	04
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	06
4 RESULTADOS.....	10
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13

1 – Introdução

Com base no método científico de datação cronológica absoluta, inventado e desenvolvido por A. E. Douglass, a dendrocronologia estabelece a idade de uma árvore, de espécies sensíveis ao meio ambiente, levando em conta padrões dos anéis de crescimento encontrados em seu tronco. Estes anéis de crescimento são formados de acordo com o meio ambiente em que estas árvores estão localizadas. Com a variação da coloração no lenho, devido à diferença de crescimento das células que formam a estrutura da árvore, o que leva a formação de um lenho inicial (ou primaveril) e do lenho tardio (ou outonal), isto quando se encontra fatores favoráveis ao crescimento ou não favoráveis, ou até quando a árvore entra no seu período de dormência. Em regiões onde o clima é claramente definido em verão e inverno ou chuvas e secas é possível, em determinadas espécies, fazer a relação de números de anéis com a idade da árvore. Para cada amostra de árvore, os anéis encontrados estabelecem relação com o clima de tempos passados, e por isso é um grande aliado na produção de dados climatológicos em épocas ou em regiões onde não se poderiam instalar estações meteorológicas.

2 - Revisão Bibliográfica

2.1 Dendrocronologia

Dendrocronologia é a ciência que estuda os anéis de crescimento encontrados nos troncos de algumas espécies de árvores sensíveis ao meio ambiente. O seu estudo desenvolveu no início do século XVI, com Leonardo Da Vinci, entretanto somente com astrônomo americano, Andrew E. Douglass, que a dendrocronologia teve sua base no método de datação cronológica absoluta (Botosso et al., 2002) . Douglass relacionou fenômenos climáticos e astronômicos ao reconstruir as séries de crescimento. Assim, na escassez de registros ou baixa qualidade de dados, é possível reescrever e até prever fenômenos utilizando estas séries (Coelho et al., 2011).

Estes anéis de crescimento são formados de acordo com o meio em que estas árvores estão localizadas, levando em conta seu habitat, capacidade do solo, alterações na temperatura e precipitação, radiação solar, altitude, latitude, declive ou orografia (Coelho et al., 2011; Gonçalves, 2007; Oliveira, 2007). Com a variação da coloração no lenho, devido à diferença de crescimento das células que formam a estrutura da árvore, o que leva a formação de um lenho inicial (ou primaveril) e do lenho tardio (ou outonal), isto quando se encontra fatores favoráveis ao crescimento ou não favoráveis, ou até quando a árvore entra no seu período de dormência (Botosso, et al. 2002).

Os anéis de crescimento são estruturas anatômicas de xilema secundário, em um corte transversal, de círculos aproximadamente concêntricos e contínuos em volta da medula (Coelho, et al., 2011). É possível determinar a idade de uma árvore, fazendo uma contagem

de seus anéis partindo da medula até o limite próximo da casca. A idade é definida entre o período de germinação da semente até o momento observado.

A dendrocronologia, como ciência possui princípios teóricos, problemas práticos e de aplicabilidade. Em sua fundamentação científica, o princípio básico é denominado “crossdating”. São selecionadas três amostras que são sobrepostas, uma amostra de árvore viva, outra de árvore morta ou de fragmento de madeira, e a outra amostra retirada de contextos arqueológicos. Encaixando a amostra que contém a série temporal sobre a curva de calibração da espécie, tem-se a datação exata. Alguns outros princípios são o da uniformidade, que cria um ponto inicial da análise e em seguida torna-se possível a comparação entre os registros; fatores limitantes que inibem o crescimento dos anéis regulando a quantidade de madeira produzida nos lenhos; pressuposto de crescimento agregado da árvore, na qual umas somatórias de fatores ambientais quanto humanos afetam o crescimento dos anéis; a amplitude ecológica, que é a sensibilidade de uma espécie captar os fatores limitantes; seleção do sítio que será determinada pela escolha da espécie e exemplares a serem estudados com os limitantes das mesmas, procurando encontrar um habitat que sofra com estes fatores; crossdating (descrito anteriormente), e a replicação que consiste em coletar o maior número de amostras por árvore num elevado número de árvores por região, para diminuir o nível de ruído ambiental (Gonçalves, 2007; Encinas, et al., 2005).

2.2 Dendroclimatologia

Os registros climáticos que se acumulam nos anéis sob a forma da sua espessura, densidade, compostos, etc, são utilizados para reconstruir climas e fatores ambientais presentes no passado (Fritts, 1976; Nordemann, 2005; Coelho, 20011). É na diferença do anel de crescimento, que é composto pelo o lenho inicial (ou primaveril) e o lenho tardio (ou outonal), que se é possível determinar os parâmetros climatológicos que afetam o local (Pellamnn, apud Munerato, 2007). Quanto maior for o crescimento do lenho num dado momento, significa que há condições favoráveis para o desenvolvimento, e vice-versa.

2.3 Séries temporais

A série temporal é um conjunto de observações feitas ao longo do tempo. Ela é utilizada em modelos matemáticos probabilísticos, tanto para regressão quanto para previsão; análises estatísticas específicas como médias, desvios padrões, variâncias, correlações; a fim de encontrar, em algum processo estocástico, análises que expliquem o porque das medidas observadas, o porque de seu comportamento num futuro, e até encontrar periodicidades. A série temporal é utilizada nos mais amplos campos do conhecimento científico como na meteorologia, economia, biologia e etc (Moraes, et al., 2011).

Os dados observados em uma série temporal revelam comportamentos da mesma ao longo do tempo. Desses movimentos característicos, estão: a componente tendencial que é um movimento evolutivo, assim transmitindo a influência de fatores que formam o fenômeno em sua intensidade aumentada ou diminuída; componente sazonal conhecida como um

movimento oscilatório de curta duração, que transmite a influência de fatores com atuação periódica, em aumentar ou diminuir a intensidade do fenômeno; componente cíclica que é o movimento oscilatório de longa duração que é influenciada por fatores aleatórios; componente aleatória que é um movimento oscilatório de curta duração e de grande grau de instabilidade e indica a influência de fatores casuais.

Quando a série temporal está demonstrando uma mudança significativa durante algum tempo, é preciso analisá-la sobre a interferência de fatores externos, estas chamadas de tendência. As tendências são classificadas em: lineares, onde algo está a crescer ou diminuir de forma praticamente estável; logarítmica, onde algo cresce ou diminui rápido e em seguida estabiliza; polinomial, há flutuações dos dados; potência, aumento dos dados numa taxa específica, sendo que não se podem ter dados iguais a zero e de valores negativos; exponencial, os dados aumentam e diminuem a uma porcentagem a passar do tempo, mais altas; média móvel, que suaviza as flutuações dos dados e ainda mostra uma tendência com mais clareza dependendo dos números de intervalos que se escolhe.

Algumas vezes, estas tendências são camufladas por flutuações que fazem da série ser difícil de detectar se nelas ocorre ciclos. Por isso, é necessário a série passar por algum filtro, fazendo com que essas variabilidades sejam reduzidas. Um filtro bastante usado é a média móvel. Ela permite analisar possíveis flutuações aleatórias e verificar se a média aumenta ou diminui em relação ao período anterior.

Além disto, costuma-se utilizar a regressão nas séries temporais. A regressão tende a relacionar a interação de uma variável dependente com alguma variável específica. Um dos mais utilizados é o método dos mínimos quadrados.

Os modelos estatísticos são comumente usados para diagnósticos em cima das séries temporais. Os mais conhecidos são o ARMA (Modelo auto-regressivo de médias móveis) e o ARIMA (modelo auto-regressivo integrado de média móvel). O ARMA é usado para ajustar funções, com base nos valores passados e na média da série. O ARIMA é usado na modelagem para previsões destas séries temporais (Davila, 2008).

Para maiores interpretações de séries temporais, existe uma análise estatística conhecida como Análise Espectral. Ela é fundamentada em uma função real positiva de frequência variável relacionada a um processo estocástico, ou uma função determinística do tempo. Em suma, ela captura na frequência do processo estocástico e identifica as periodicidades de algum fenômeno em estudo. Um dos métodos de análise é o ARIST (Análise por regressão iterativa de séries temporais). Sua fundamentação se é dada em utilizar uma função senoidal simples em conjunto com três parâmetros conhecidos, a amplitude, frequência angular, e a fase da função, sendo seu sinal medido no tempo através de interações a procura destes parâmetros (Nordemann, 1998; Rigozo, 1999).

3 – Materiais e Métodos

Neste trabalho foram analisadas vinte amostras de árvores, de *Araucaria angustifolia*, coletadas em Coxilha, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil (figura 1). A região da coleta se encontra aproximadamente a uma longitude de 52° 18'O e latitude de 28° 09'S, em uma altitude de 702 metros, todas colhidas em 26 de janeiro de 2011. Na primeira parte do trabalho, as amostras foram submetidas a contagem e a determinação dos anéis, verdadeiros ou falsos, afim de uma datação cronológica mais axata possível. Esta verificação foi feita a olho nu e também, com auxílio de um microscópio.



Figura 1. Imagem das vinte amostras de *Araucaria angustifolia* utilizadas no trabalho.

Na segunda parte do trabalho, foi feita a medição das espessuras dos anéis de crescimento das vinte amostras. Utilizando uma mesa medidora Velmex® acoplado a um esteromicroscópio (figura 2), foram medidas o anel anual, o lenho inicial (ou primaveril) e o lenho tardio (ou outonal) de cada amostra. Todo o equipamento da medição foi usado em conjunto com o software MeasureJ2x (figura 3).



Figura 2. Imagem do estereomicroscópio e da mesa de medição Velmex®

YR	Display	Measurement
1920	0,294	0,294
1921	15,628	15,334
1922	16,581	0,953
1923	25,804	9,023
1924	26,389	0,785
1925	37,820	11,431
1926	38,154	0,334
1927	48,248	10,094
1928	49,074	0,856
1929	81,136	12,952
1930	87,826	0,752
1931	72,442	10,814
1932	73,168	0,726
1933	83,215	10,047
1934	84,075	0,060
1935	93,821	9,546
1936	94,109	0,488
1937	103,529	9,420
1938	104,003	0,474
1939	113,669	9,666
1940	114,987	0,388
1941	120,888	8,821
1942	121,308	0,420
1943	128,171	8,063
1944	128,547	0,378
1945	133,908	5,362
1946	134,097	0,188
Max	141,436	1,436

Figura 3. Software MeasureJ2x utilizado em parceria com a mesa de medição Velmex® e o estereomicroscópio, para a medição das espessuras dos anéis de crescimento.

Em seguida, as medidas das espessuras dos anéis de crescimento foram salvas em arquivos texto (.txt) e abertas no bloco de notas (figura 4).

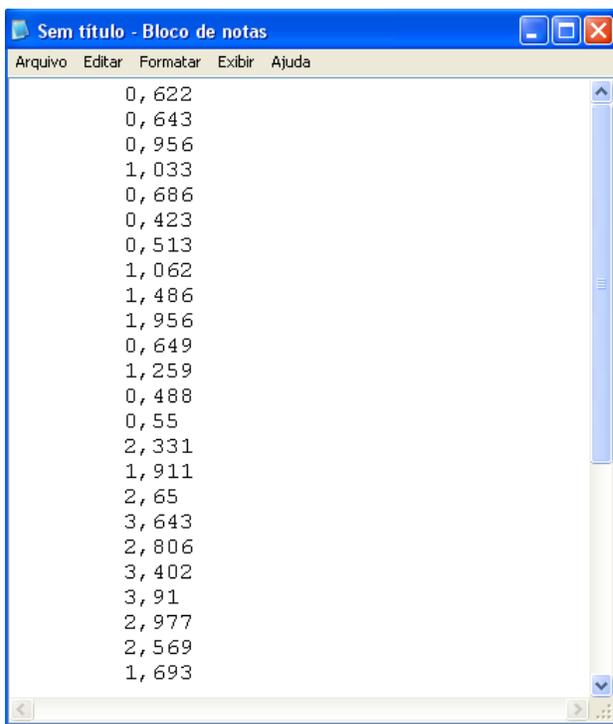


Figura 4. A imagem mostra a série de espessuras (mm) de alguma amostra medida salva um arquivo .txt aberto no bloco de notas.

Por fim, aplicando a ferramenta computacional “Microsoft Office *Excel*”, foram feitos os gráficos das espessuras (mm) relacionando com o tempo(anos), de cada amostra de árvore, tendo a cronologia destas três séries temporais (figura 5).

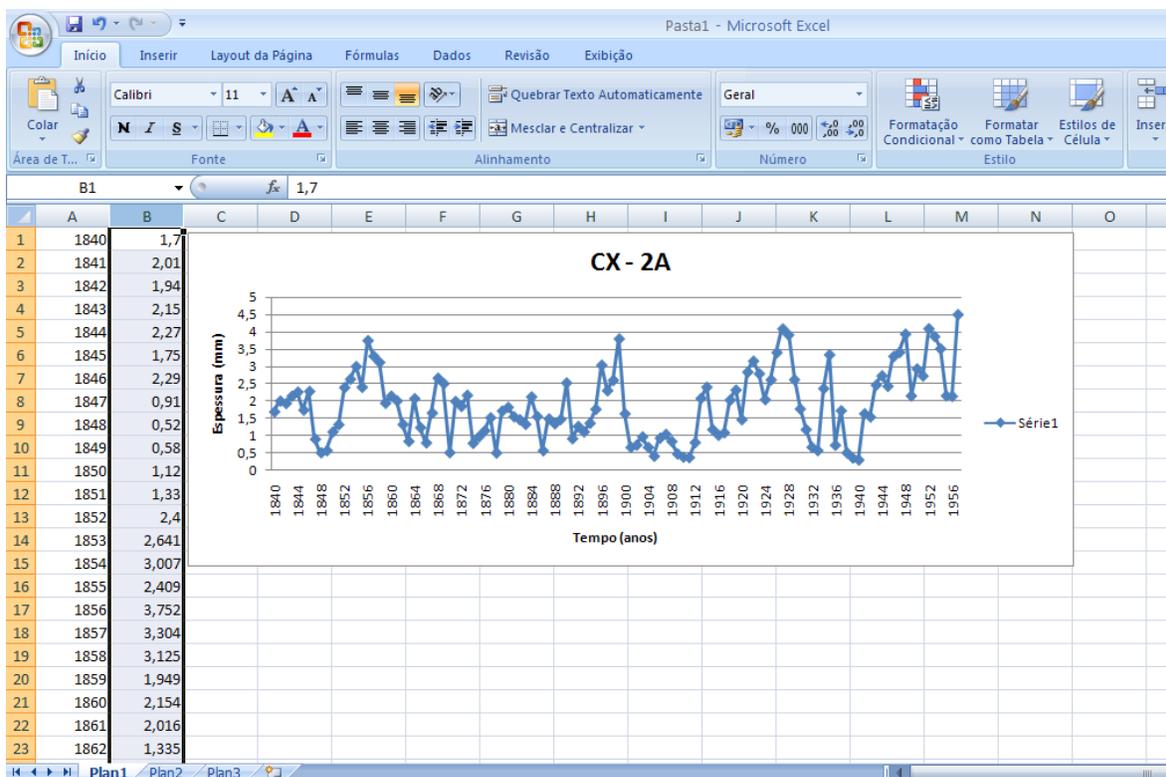


Figura 5. Gráfico feito no “Microsoft Office Excel”, relacionando a espessura (mm) dos anéis com o tempo (anos), obtendo sua respective cronologia.

4 – Resultados

Nas vinte amostras coletas e analisadas, pode ser feita a medida da espessura dos anéis (anel anual, lenho inicial e lenho tardio), obtendo três séries temporais. Com o trabalho feito, obteve-se os gráficos dos dados colhidos de cada amostra de árvore, relacionando a espessura com o número de anéis, tendo por fim suas cronologias. Além disso, determinou-se o intervalo de tempo entre as amostras. Encontrou-se 110 anos de diferenças entre a

idade máxima (ano de 1737, com 174 anéis) e a idade mínima (ano de 1947, com 64 anéis) nas amostras.

Tabela 1- Região da coleta das amostras de árvores.

LOCAL DE COLETA	LOCALIZAÇÃO	ESPÉCIE COLETADA	Nº DE ÁRVORES ANALISADAS	Nº DE AMOSTRAS ANALISADAS	ANO DA COLETA
Coxilha -RS	longitude de 52° 18'O e latitude de 28° 09'S	<i>Araucaria angustifolia</i>	5	20	2011

A Tabela 2 apresenta as médias de anéis para as amostras de uma mesma árvore. Para uma datação mais próxima da exata, para cada árvore, o ideal é ter quatro amostras por árvore.

Tabelas 2 – Médias de anéis por árvore coletada

ÁRVORE	NÚMERO DE AMOSTRAS	ANO	ANÉIS	MÉDIA DOS ANÉIS
CX – 1	4	1894	A= 117	102
		1921	B= 90	
		1902	C= 109	
		1919	D= 92	
CX – 2	4	1840	A= 171	142,25
		1851	B= 160	
		1947	C= 64	
		1837	D= 174	
CX – 3	4	1901	A= 110	109,5

		1902	B= 109	
		1916	C= 95	
		1887	D= 124	
CX - 4	4	1903	A= 108	96
		1923	B= 88	
		1917	C= 94	
		1917	D= 94	
CX - 5	4	1936	A= 75	85,75
		1931	B= 80	
		1912	C= 99	
		1912	D= 99	

Referências Bibliográficas

Botosso, P. C., Mattos, P. P. Conhecer a idade das árvores: importância e aplicação. Embrapa, Colombo, PR. 2002

Coelho, J. de V. Dendrocronologia: método matemático para determinação da idade das árvores. Tese de doutorado, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT, Brasil. 2011.

Davila, V. H. L. Introdução às Séries Temporais. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, Brasil. 2008.

Encinas, J. I., da Silva, G. F. , Pinto, J. R. R. Idade e crescimento das árvores. Comunicações Técnicas Florestais, V. 7, N. 1. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília. 2005.

Fritts, H. C. .Tree rings and climate. London: Academic Press, p. 567, 1976.

Gonçalves, G. V., Dendrocronologia: princípios teóricos, problemas práticos e aplicabilidade. Universidade de Évora, Portugal. 2007.

Moraes, A. B.; Jacobi, L. F.; Zanini, R. R. Estatística. Série naturais e exatas. Núcleo de Estatística Aplicada, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brasil. 2011

Munareto, F. F. Dendrocronologia de quatro espécies florestais nativas com potencial silvicultural e econômico. Tese de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil. 2007.

Noerdemann, D. J. R.; Rigozo, N. R.; Faria, H. H.. Solar activity and El-Niño signals observed in Brazil and Chile tree ring records. Advances in Space Research. v.35, p.891-896, 2005.

Nordemann, D. J. R. Periodicidades, tendências e previsão da análise spectral dinâmica da série dos níveis do Rio Paraguai, em Ladário. Embrapa, V. 33. 1998.

Oliveira, J. M. Anéis de crescimento de Araucaria Angustifolia O. Kuntze: bases de dendrocronologia em ecossistemas subtropicais montanos no Brasil. Tese de doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, Brasil. 2007.

Pellamnn, W. Stand structure and dendroecology of an old-growth *Nothofagus* forest in Conguillo National Park, South Chile. *Forest Ecology and Management*, v. 176, p. 87-103, 2003.

Rigozo, N. R.. Registros da atividade solar e de outros fenômenos geofísicos em anéis de árvores. Tese de Doutorado. São José dos Campos, SP. INPE, 1999.