

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: nivaor.rigozo@inpe.br

Julho de 2015

AGRADECIMENTOS

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

RESUMO

Analisaram-se quarenta e três 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. Identificaram-se os anéis verdadeiros e falsos, em seguida, foi feito o processo de medição das espessuras dos anéis de crescimento. Utilizaram-se as séries de espessuras anuais. Destas séries temporais, determinou-se o potencial dendrocronológico. Além disso, através do método ARIST, calculou-se o aspecto de frequência das séries dendrocronológicas com relação a fenômenos meteorológicos.

DIGITAL STUDY OF THE NATURAL RECORDS IN TREES RINGS

ABSTRACT

Analyzed forty-three samples of trees, the species *Araucaria angustifolia* collected on January 26, 2011, in the municipality of Coxilha in the state of Rio Grande do Sul, Brazil. They identified the true and false rings, then the measurement process of the thicknesses of the growth rings was done. They were used in the series of annual thicknesses. Of these time series, we determined the potential of dendrochronology. Furthermore, with ARIST method we calculated the frequency spectrum of dendrochronology series with respect to meteorological phenomena.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 1 -	06
Figura 2 -	07
Figura 3 -	08
Figura 4 -	08
Figura 5 -	09
Figura 6 -	10
Figura 7 -	11
Figura 8 -	12
Figura 9 -	13

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág.</u>
Tabela1 -	07
Tabela 2 -	12

SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	02
2.1 Dendrocronologia.....	02
2.2 Dendroclimatologia.....	03
2.3 Séries temporais.....	03
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	06
4 RESULTADOS.....	11
5 CONCLUSÕES.....	14
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	15

1 – Introdução

Com base no método científico de datação cronológica absoluta, a dendrocronologia estabelece a idade de uma árvore, a partir de padrões dos anéis de crescimento registrados em seu tronco (Fritts, 1976). Em determinadas espécies de árvores, sensíveis ao meio ambiente, estes sinais são formados pelo crescimento diferencial das suas células (Nordemann et al., 2005). Neste trabalho, foram identificados os anéis de crescimento de onze árvores da espécie *Araucaria angustifolia*, extraídas no município de Coxilha, no Rio Grande do Sul, Brasil. Com as séries temporais anuais de espessura, correlacionou-se entre ambas, e determinou o seu potencial dendrocronológico. Em seguida, utilizou-se o método ARIST (Análise por Regressão Iterativa de Séries Temporais) a fim de determinar se os aspectos de amplitude em função da frequência com fenômenos meteorológicos (Rigozo, 2000).

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. 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 e do lenho tardio. (Botosso et al. 2002).

Em geral, os princípios básicos da dendrocronologia são: 1) a uniformidade, que proporciona as mesmas condições de crescimento interfiram nos processos biológicos de hoje, da mesma forma que interferiram nos processos no passado; 2) 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; 3) a amplitude ecológica, que é a sensibilidade de uma espécie captar os fatores limitantes, representando a variabilidade de ambientes que a espécie cresce como fatores climáticos e não climáticos; 4) 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; 5) crossdating ou datação cruzada em que a largura do anel deve ser cruzada entre os raios de um mesmo disco e entre árvores distintas, após uma análise se houver correlação entre os

anéis e as amostras forem suficientes, pode-se determinar o ano de sua formação, como também a ausência de anel e anel falso; 6) replicação ou repetição, 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, isto é evitar anéis de crescimento falsos e ausentes; 7) a sensibilidade, são árvores definidas como sensíveis crescem em locais onde fatores de crescimento são limitantes e variam a espessura do anel ao longo dos anos. (Gonçalves, 2007; Encinas et al., 2005; de Mattos et al., 2012).

2.2 Dendroclimatologia

A dendroclimatologia é um ramo da dendrocronologia que possibilita conhecer o clima do passado através das informações climáticas registradas durante o crescimento das árvores (de Mattos et al, 2012). 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 e o lenho tardio, que se é possível determinar os parâmetros climatológicos que afetam o local (Pellamnn, apud Munerato, 2007). Estas relações entre o clima do passado e os anéis de crescimento ocorrem quando a planta é diretamente afetada pelas condições ambientais, que podem limitar seu crescimento ou afetar sua estrutura (de Mattos et al., 2012).

2.3 Séries temporais

Séries temporais são um conjunto de observações feitas ao longo do tempo. Os dados observados em uma série temporal revelam comportamentos da mesma no tempo. Dos

movimentos característicos das séries, estão: a componente tendencial que é um movimento evolutivo, repassando a influência dos fatores que formam o fenômeno em sua intensidade aumentada ou diminuída; a 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; a componente cíclica que é o movimento oscilatório de longa duração que é influenciada por fatores aleatórios; e a componente aleatória que é um movimento oscilatório de curta duração e de grande grau de instabilidade e indica a influência de fatores casuais.

A decomposição das séries, permitem identificar quais as componentes que estão atuando naquele conjunto de dados, além de possibilitar a determinação de índices ou equações para realizar previsões para períodos futuros da série (Reis, 2013).

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. A tendência apresenta o comportamento da variável retratada ao longo do tempo. Existe três objetivos básicos na sua identificação: avaliar o seu comportamento para utilizá-lo em previsões, removê-la da série para facilitar a visualização das outras componentes, ou ainda, identificar o nível da série (ou valor que a variável pode assumir, se não for observado comportamento crescente ou decrescente no longo prazo (Reis, 2013).

Para melhor interpretação das 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 que se está estudando. 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

Analisaram-se quarenta e três amostras de onze árvores, de *Araucaria angustifolia*, coletadas em Coxilha, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil (Figura 1).



Figura 1. A imagem apresenta as quarenta e três amostras de *Araucaria angustifolia* utilizadas no desenvolvimento do trabalho.

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 amostras colhidas em 26 de janeiro de 2011 (Tabela 1).

Tabela 1- Região da coleta das amostras de árvores

<i>Local de Coleta</i>	<i>Localização</i>	<i>Espécie Coletada</i>	<i>Nº de Árvores Analisadas</i>	<i>Nº de Amostras Analisadas</i>	<i>Ano da Coleta</i>
Coxilha - RS	Longitude de 52° 18' O e Latitude de 28° 09' S	<i>Araucaria angustifolia</i>	11	43	2011

As amostras foram submetidas a contagem e a determinação dos anéis, verdadeiros ou falsos, afim de uma datação cronológica mais axata possível. Logo após, realizou-se a medição das espessuras dos anéis de crescimento, feito através de dois métodos. No primeiro método, ocorreu à digitalização das amostras utilizando um scanner de mesa de alta resolução. Para este trabalho utilizamos a resolução de 600 dpi, e as imagens salvas em formato de arquivo bmp (Rigozo, 1999)(Figura 2).



Figura 2. A imagem apresenta uma das quarenta e três amostras de árvores digitalizadas pelo scanner de mesa de alta resolução.

Através do uso da ferramenta computacional “*Image Tool*”, foram medidas as espessuras dos anéis, fazendo a calibração no mesmo programa, como mostra a Figura 3.

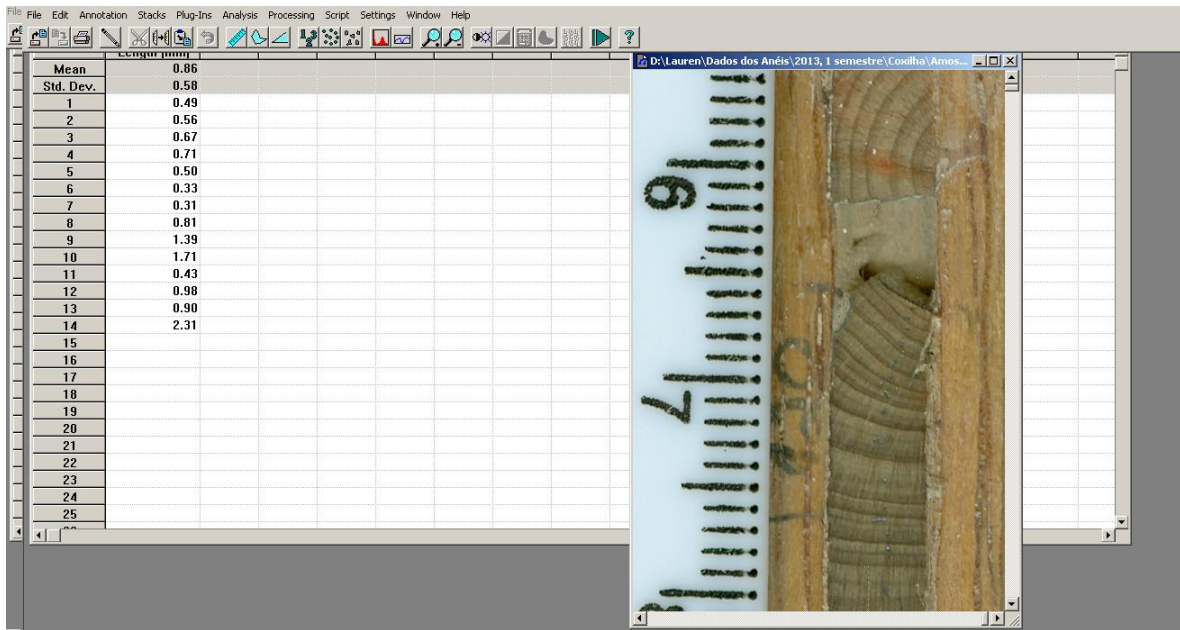


Figura 3. Imagem mostra o programa “*Imagen Tool*” com uma amostra pronta para ser analisada.

No segundo método, utilizou-se a mesa de medição Velmex® acoplado a um estereomicroscópio (Figura 4). Além disso, este equipamento foi usado em conjunto com o software MeasureJ2x.

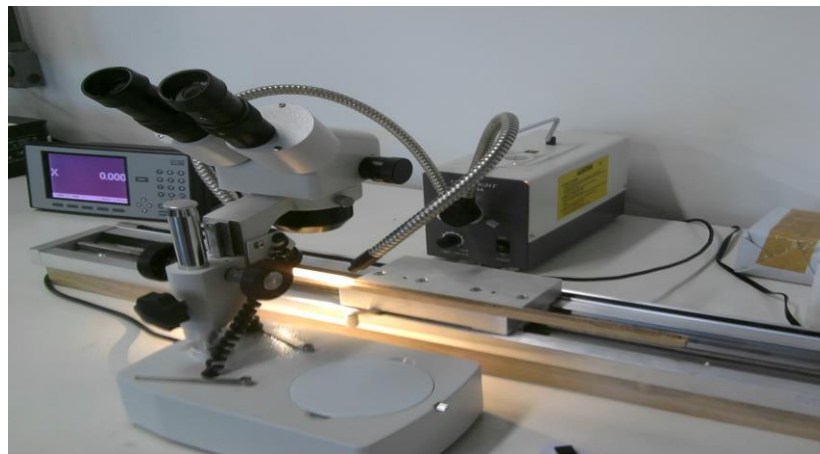


Figura 4. Imagem do estereomicroscópio e da mesa de medição Velmex®

Com as séries prontas, efetua-se a correlação entre ambas, a fim de se determinar seu potencial dendrocronológico. E em seguida, com o método ARIST, tem-se os aspectos de amplitude em função da frequência, para determinar os fenômenos meteorológicos que afetam o crescimento das árvores na região analisada. Foi usada a série de dados de precipitação de Passo Fundo, obtida do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (Figura 5). Os dados do Índice de Oscilação Sul foram retirados banco de dados do Bureau of Meteorology (Figura 6).

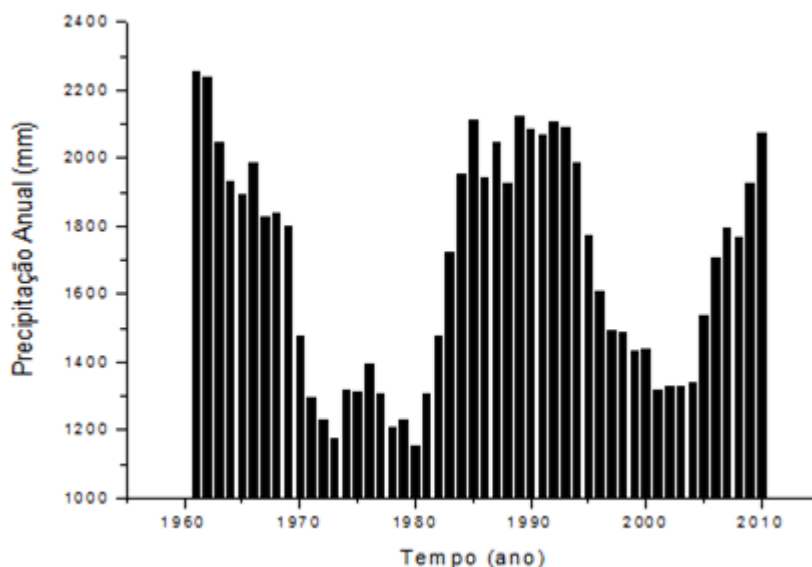


Figura 5. A imagem apresenta os dados de precipitação para a cidade de Passo Fundo, retiradas do banco de dados do INMET.

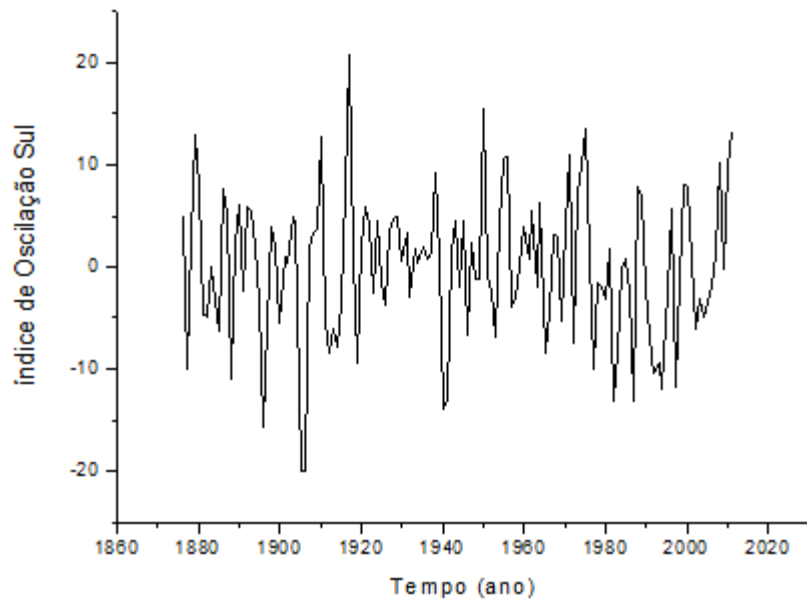


Figura 6. A imagem apresenta os dados do Índice de Oscilação Sul, retirados do banco de dados do Bureau of Meteorology.

4 – Resultados

Nas quarenta e três amostras coletas e analisadas, foi realizada a medida da espessura dos anéis anuais, obtendo sua série cronológica anual. Com o trabalho feito, obtiveram-se os gráficos dos dados colhidos de cada amostra de árvore, relacionando a espessura com o número de anéis, tendo por fim suas cronologias (Figura 8).

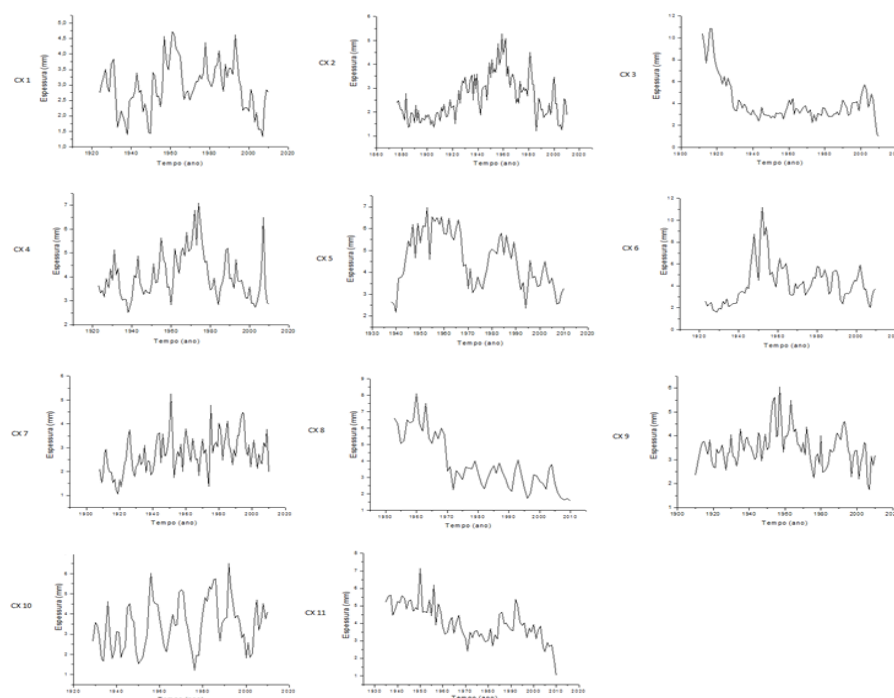


Figura 7. Mostra os gráficos das onze árvores analisadas no trabalho, relacionando o tempo (ano) com o anel anual de crescimento (mm), obtendo sua respectiva cronologia.

Com disso, foi feita a correlação entre as amostras e determinou-se que há potencial dendrocronológico na região analisada (Tabela 2).

Tabela 2 – Apresenta os valores mínimos e máximos encontrados na correlação entre as amostras coletadas de Coxilha.

Amostras	CX1	CX2	CX3	CX4	CX5	CX6	CX7	CX8	CX9	CX10	CX11
CX1	1,00	0,27	-0,09	0,21	0,32	0,15	0,31	0,43	0,33	0,19	-0,10
CX2	0,27	1,00	-0,33	0,06	0,61	0,39	0,16	0,67	0,36	-0,12	0,27
CX3	-0,09	-0,33	1,00	-0,19	-0,01	-0,27	-0,41	0,00	-0,16	-0,12	-0,02
CX4	0,21	0,06	-0,19	1,00	0,00	-0,01	-0,03	0,10	0,03	-0,01	-0,13
CX5	0,32	0,61	-0,01	0,00	1,00	0,59	0,04	0,69	0,39	0,11	0,30
CX6	0,15	0,39	-0,27	-0,01	0,59	1,00	0,19	0,44	0,38	-0,11	0,09
CX7	0,31	0,16	-0,41	-0,03	0,04	0,19	1,00	-0,16	0,02	0,13	0,04
CX8	0,43	0,67	0,00	0,10	0,69	0,44	-0,16	1,00	0,65	-0,04	0,50
CX9	0,33	0,36	-0,16	0,03	0,39	0,38	0,02	0,65	1,00	0,10	0,37
CX10	0,19	-0,12	-0,12	-0,01	0,11	-0,11	0,13	-0,04	0,10	1,00	-0,08
CX11	-0,10	0,27	-0,02	-0,13	0,30	0,09	0,04	0,50	0,37	-0,08	1,00

Com o método ARIST, determinou os aspectos de amplitude em função da frequência, comparando entre as séries temporais das amostras analisadas (Figura 9) com a precipitação e o índice de oscilação sul (Figura 10).

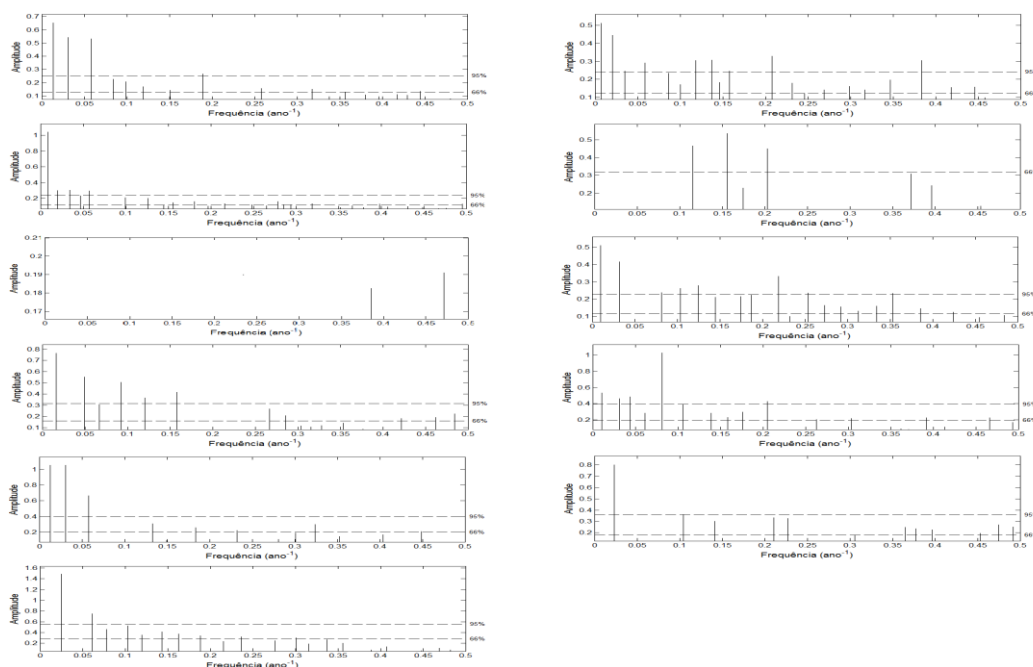


Figura 8. Mostra os espectros de amplitude da frequência das onze árvores analisadas.

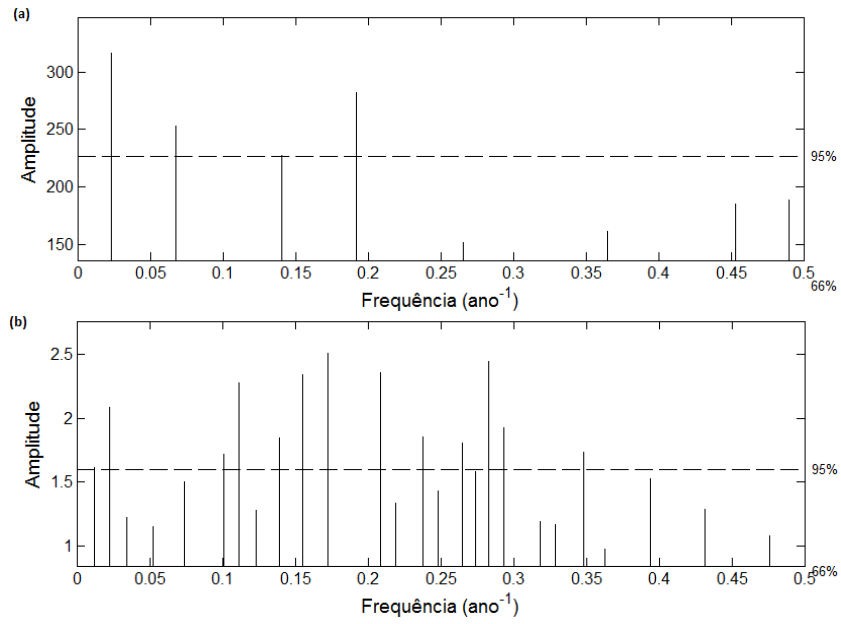


Figura 9. Mostra os espectros de amplitude da frequência da (a) precipitações, (b) do Índice de Oscilação Sul, para as onze árvores analisadas.

5 – Conclusões

Este trabalho permitiu medir as séries temporais de espessura do anel anual, das quarenta e três amostras, de onze árvores coletadas em Coxilha, RS. Com isso pode-se determinar a existência do potencial dendrocronológico na região estudada, com valores de correlação chegando a 0,61; 0,65; 0,67; 0,69. Com a utilização do método ARIST, as amostras apresentaram sinal para os fenômenos El Niño (ENSO) e para o Período Decadal do Pacífico (ODP), através da frequência de amplitude do espectro. Para o Período Decadal do Pacífico (ODP) as amostras CX2, CX4, CX5, CX6 E CX7 apresentam periodicidade entre 20,7 e 28,9 anos; para o fenômeno El Niño (ENOS), as amostras CX1, CX4, CX8, CX9 e CX9 apresentam periodicidade entre 3,1 e 4,9 anos. Estes resultados apresentam valores com 95% de confiança

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.

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, Uniersidade 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.

De Mattos, P. P.; Braz, E. M. Anais da reunião técnica temática: anéis de crescimento e clima. Embrapa, Colombo, PR. 2012

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 structureanddendroecologyof na old-growthNothofagusforest in ConguilloNational Park, South Chile. Forest Ecoogyand Management, v. 176, p. 87-103, 2003.

Reis, M. M. Análise de Séries Temporais. Polígrafo de aula, Universidade Federal de Santa Catarina. 1999.

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.

Rigozo, N. R.; Noerdemann, D. J. R. Registros da Atividade Solar nos Anéis de Crescimento de Árvores em São Francisco de Paula – RS (Brasil). Brazilian Journal of Geophysics, vol. 18 (1), 2000.