Estimativa de incremento de biomassa a partir de séries dendrocronológicas em Lauraceae

Rafaela Kilpp[1]; Gabriela Morais Olmedo [2]; Juliano Morales de Oliveira [1]

[1] Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo/RS, Brasil; [2] Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba/SP, Brasil – rafa.kilpp99@gmail.com

Resumo: A família Lauraceae apresenta distribuição Pantropical, sendo representativa nas florestas do bioma Mata Atlântica no sul do Brasil. O objetivo deste trabalho foi explorar o potencial dendrocronológico de espécies de Lauraceae crescendo no Sul da Mata Atlântica, e discutir a aplicação da dendrocronologia na estimativa de taxas anuais de incremento de biomassa das árvores. Uma cronologia com 9 árvores foi desenvolvida, abrangendo o período de 1950 a 1991. Ambas as espécies apresentaram potencial para estudos dendrocronológicos, por conta da existência de anéis de crescimento bem delimitados e índices estatísticos sincrônicos entre as séries (rbar = 0,36 e de EPS = 0,81). O sincronismo de crescimento indica potencial em utilizar os anéis de crescimento das espécies para cálculo de incremento de biomassa em estudos futuros.

Palavras-chave: Anéis de crescimento, Mata Atlântica, Ocotea, Cinnamomum.

Estimation of biomass increase from dendrochronological series in Lauraceae

Abstract: The Lauraceae family has a pantropical distribution and is representative in the forests of the Atlantic Forest biome in the south of Brazil. The aim of this work was to explore the dendrochronological potential of Lauraceae species growing in the southern Atlantic Forest, and to discuss the potential for estimates of tree biomass increment rates. A chronology with 09 trees was developed considering the period from 1950 to 1991. Both species showed potential for dendrochronological studies due to the presence of well-defined growth rings and synchronous statistical indices between the series (rbar = 0,36 e de EPS = 0,81). The growth synchrony indicates potential for using the species' growth rings to calculate biomass increment in future studies.

Keywords: Tree-Rings, Atlantic Forest, Ocotea, Cinnamomum.

1. INTRODUÇÃO

A resposta das plantas à diversos fatores ambientais, fisiológicos e genéticos (DE MICCO et al., 2016), permitem que as espécies tropicais desenvolvam diferentes ritmos sazonais de atividade do câmbio vascular, levando a formação dos anéis de crescimento na madeira em várias espécies de plantas lenhosas. Através da análise destas estruturas, a dendrocronologia vem buscando compreender a influência do ambiente no crescimento das árvores (FRITTS, 1971; BRANDES et al., 2022).

As larguras dos anéis de crescimento das árvores trazem informações importantes também sobre o acúmulo de biomassa das espécies, sendo um importante preditor da dinâmica do carbono terrestre (MBOW et al., 2013; SHIMAMOTO et al., 2014; COSTA et al., 2015; BLAGITZ et al., 2019). Nesse sentido, por meio da análise dos anéis de crescimento, torna-se possível compreender o incremento da biomassa das florestas e prospectar sobre a dinâmica do ciclo de carbono (FEARNSIDE, 2004). Nas regiões tropicais, como a Mata Atlântica, esses estudos são fundamentais, no entanto, neste bioma as pesquisas dendrocronológicas vêm abordando o potencial dendrocronológico das espécies e a exploração de sinais dendroclimáticos (OLIVEIRA et al, 2010; LATORRACA et al., 2015; REIS-AVILA; OLIVEIRA, 2017; FONTANA et al., 2018b; BLAGITZ et al., 2019; GRANATO-SOUZA et al, 2019), sendo a dinâmica da biomassa pouco explorada.

Na Mata Atlântica, a família Lauraceae destaca-se na composição florística por conta do número representativo de espécies e indivíduos que compõem esse ecossistema (SOUZA; LORENZI, 2012). Contudo, existem poucas pesquisas com anéis de crescimento com esta família, sendo pouco explorado e conhecido o potencial dendrocronológico dessas espécies. A inclusão de novos estudos de Lauraceae na região Neotropical pode contribuir no preenchimento de lacunas, especialmente quanto a dinâmica de biomassa (REIS-AVILA; OLIVEIRA, 2017).

O objetivo deste trabalho foi explorar o potencial dendrocronológico de espécies de Lauraceae crescendo no Sul da Mata Atlântica, e discutir a aplicação da dendrocronologia na estimativa de taxas anuais de incremento de biomassa das árvores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

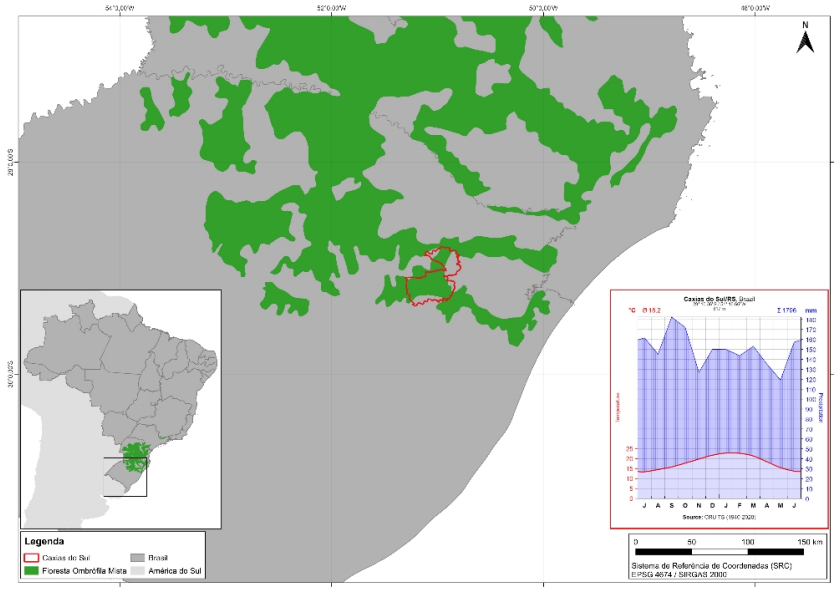
2.1 *Área de estudo e fonte das amostras*

Foram reanalisadas amostras de madeira da seção transversal do tronco de árvores coletadas no município de Caxias do Sul (Rio Grande do Sul), a uma altitude média variando entre 700 e 900 m, tendo como formação predominante a Floresta Ombrófila Mista (REIS-AVILA; OLIVEIRA, 2017). Em relação ao trabalho de REIS-AVILA & OLIVEIRA (2017), foram agregadas duas outras árvores da espécie *Ocotea pulchella* no estudo.

O clima é Cfb, temperado úmido com verões amenos, sendo a temperatura

média no mês mais quente inferior a 22 °C (ALVARES et al., 2013). Na região, as temperaturas médias variam entre 13°C em julho e 23°C em janeiro, sendo a temperatura média anual de 18.2°C. Por outro lado, a precipitação é abundante durante todo o ano, tendo a média anual acumulada de 1796 mm (Figura 1).

Figura 1 - Climograma e localização do sítio de estudo na área de distribuição da Floresta Ombrófila Mista.



Fonte: HARRIS et al., 2020.

As amostras encontram-se tombadas no Herbário Anchieta (PACA, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, Brasil). As seções transversais de madeira foram submetidas ao polimento com lixas de diferentes granulações, de modo crescente, iniciando pelas lixas com granulações mais grossas até mais finas (de 80 a 2.000 grãos), a fim de revelar as características anatômicas da madeira.

2.2 *Cronologia*

Analisaram-se duas espécies, sendo sete indivíduos de *Ocotea pulchella* e dois indivíduos de *Cinnamomum amoenum*. Todas as nove árvores foram datadas a partir do seu anel mais externo, correspondente ao último ano de crescimento (STOKES; SMILE, 1968). Foi realizada a mensuração das larguras dos anéis a partir de quatro raios em cada árvore, com o auxílio do software CooRecorder, resultando em 36 séries de larguras de anel. Em seguida, foram realizadas datações cruzadas das séries de larguras de anéis dentro e entre as árvores

usando o software COFECHA (HOLMES, 1983), buscando tendências de crescimento semelhantes entre indivíduos da população. Dessa forma, erros de datação foram aferidos, devido a irregularidades como anéis falsos e anéis parciais (STOKES; SMILE, 1968).

Tendências ontogenéticas de crescimento das séries de largura dos anéis foram removidas utilizando *spline* de 30% em relação ao tamanho de cada série, resultando na cronologia média das populações. Para avaliar a qualidade da cronologia, para o período comum atingido por todas as árvores, calculamos a média de todas as correlações entre séries pares possíveis (*r*bar); e o sinal populacional expresso (EPS) (WIGLEY et al., 1984; BRIFFA, 1995). O *r*bar e o EPS foram calculados usando uma janela móvel de 20 anos com uma sobreposição de 10 anos, por meio do software Arstan.

2.3 *Incrementos anuais*

Para cada árvore, calculamos séries anuais médias de incremento radial, incremento diamétrico e incremento de área basal. Então, os valores médios dos incrementos foram calculados para cada espécie (COSTA et al., 2015; LOCOSSELLI et al., 2017).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram observados anéis de crescimento distintos no xilema (Figura *2*), demarcados por variações na espessura da parede das fibras entre os lenhos tardio e inicial. Além disso, também foram evidenciados falsos anéis e anéis em cunha. Essas características vão de encontro com outros estudos para diferentes espécies de Lauraceae nos trópicos (DE OLIVEIRA et al., 2001; SPATHELF et al., 2010; GUIMARÃES et al., 2017; REIS-AVILA; OLIVEIRA, 2017; FONTANA et al., 2019; GRANATO-SOUZA et al., 2019). Além disso, foi possível verificar que as amostras de ambas as espécies coletadas entre os meses de outubro e dezembro já possuíam incremento do lenho inicial, demonstrando que a atividade cambial iniciou anteriormente ao mês de outubro, corroborando com resultados obtidos por REIS-AVILA; OLIVEIRA, (2017) e GOMES et al. (2008).

Em relação aos resultados da cronologia, a correlação entre as amostras, obtida através do COFECHA, indicou o valor de *r*=0,50. Nos estudos de FONTANA et al., (2019) com a espécie *Licaria bahiana* e GRANATO-SOUZA et al, (2019) com

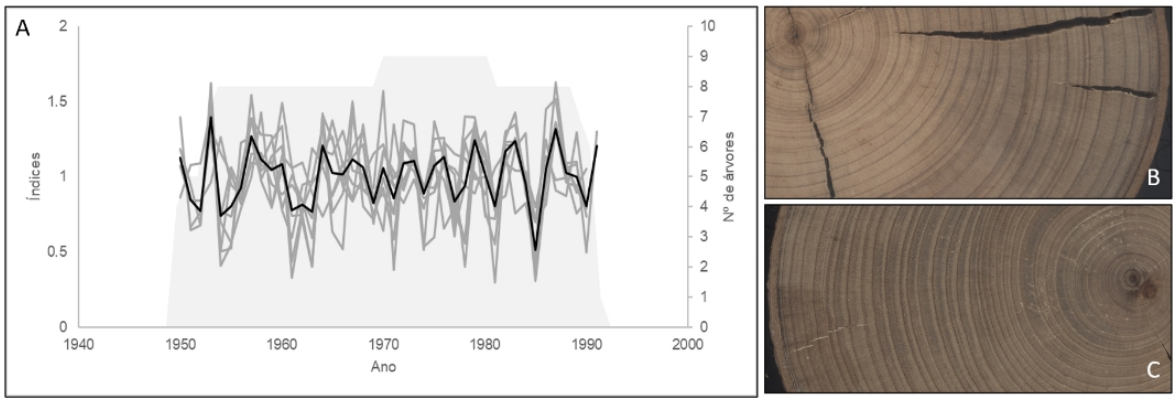
a espécie de *Nectandra oppositifolia,* foram encontrados valores de correlação de *r*=0,52 e *r*=0,61, respectivamente. Ainda, GRISSINO-MAYER, (2001) sugere o valor mínimo de *r*=0,50 para correlações entre séries de árvores, indicando a confiabilidade do valor encontrado.

A correlação média das amostras resultou neste estudo valores de *r*bar=0,36 (Figura 2). REIS-AVILA; OLIVEIRA, (2017) em seu estudo com parte das amostras aqui consideradas, obtiveram o resultado de *r*bar=0,39. SPATHELF et al., (2010) encontraram o valor de coeficiente de correlação entre árvores de *O. pulchella* em torno de *r*=0,61, e no estudo de FONTANA et al., (2019) o *r*bar resultou em *r*=0,38. Ainda, o valor de EPS resultou em *r*=0,81, estando próximo ao limite sugerido por WIGLEY et al, (1984) de *r*=0,85. Este valor é semelhante aos obtidos em estudos com diferentes espécies de lauráceas da Mata Atlântica brasileira (REIS-AVILA; OLIVEIRA, 2017; FONTANA et al., 2019; GRANATO-SOUZA et al, 2019).

Quanto aos resultados de incremento radial, incremento diamétrico e incremento de área basal, conforme dados informados na Tabela 1, obtivemos a média para *C. amoenum* de 1,9408 mm, 0,3882 cm e 5,9086, respectivamente, e para *O. pulchella* de 1,3868 mm, 0,2774 cm e 3,2450 cm, respectivamente. Os valores deste estudo estão próximos aos resultados encontrados em outras pesquisas com diferentes espécies ocorrentes no bioma Mata Atlântica brasileira (LOCOSSELLI et al., 2017; ALBUQUERQUE et al., 2019; BLAGITZ et al., 2019).

Dados dendrocronológicos aferidos por datação cruzada, como neste estudo, provém estimativas acuradas das taxas de incremento lateral de árvores. Conjugando dados dendrocronológicos com bons modelos hipsométricos predizendo o volume das árvores (eg. SANTOS et al., 2012) e estimativas da densidade do lenho (eg. DE SOUZA MANGINI et al., 2020), seria possível desenvolver séries anuais de incremento de biomassa em árvores de Lauraceae.

Figura 2 - Índices dos anéis de crescimento do sítio de Caxias do Sul. Cronologia Standardt utilizada através do software Arstan (A) e amostras de discos de *Cinnamomum amoenum* (B) e *Ocotea pulchella* (C) utilizadas neste estudo.



Fonte: Autores.

Tabela 1 – Valores médios de incremento radial (IR), diamétrico (ID) e de área basal (IAB) e as médias por espécies (E) utilizadas neste estudo.

Espécie	Nº PACA	IR (mm)	ID (cm)	IAB (cm)	IR_E (mm)	ID_E (cm)	IAB_E (cm)
Cinnamomum amoenum	372	1,7008	0,3402	3,7256	1,9408	0,3882	5,9086
	412	2,1196	0,4239	7,5351			
Ocotea pulchella	287	1,5036	0,3007	4,0753	1,3868	0,2774	3,2450
	297	1,6543	0,3309	3,4464			
	329	0,9373	0,1875	2,4403			
	358	1,7663	0,3533	4,2026			
	374	1,6459	0,3292	3,4129			
	408	1,2256	0,2451	2,6971			
	411	1,5031	0,3006	3,2219			

Fonte: Autores.

4. CONCLUSÃO

Cinnamomum amoenum e *Ocotea pulchella* apresentaram potencial para estudos dendrocronológicos por conta da existência de anéis de crescimento bem delimitados e das correlações significativas de crescimento. Ainda, as espécies deste estudo apresentaram valores de incremento da área basal anual semelhantes aos obtidos em estudos com diferentes espécies da Mata Atlântica brasileira. Nesse sentido, as espécies também apresentam potencial para realização de estudos focadas na compreensão da dinâmica de biomassa na Mata Atlântica.

5. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, R. P.; BRANDES, A. F. N.; LISI, C. S. et al. Tree-ring formation, radial increment and climate–growth relationship: assessing two potential tree species used in Brazilian Atlantic forest restoration projects. **Trees**, v. 33, n. 3, p. 877–892, 21 jun. 2019. https://doi.org/10.1007/s00468-019-01825-6.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711–728, 1 dez. 2013. https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507.

BLAGITZ, M.; BOTOSSO, P. C.; LONGHI-SANTOS, T. et al. Tree rings in tree species of a seasonal semi-deciduous forest in southern Brazil: wood anatomical markers, annual formation and radial growth dynamic. **Dendrochronologia**, v. 55, p. 93–104, 1 jun. 2019. https://doi.org/10.1016/j.dendro.2019.04.006.

BRANDES, A. F. DAS N.; RIZZIERI, Y. C.; TAMAIO, N. et al. A global review on wood growth rings in lianas. **Dendrochronologia**, v. 71, p. 125920, fev. 2022. https://doi.org/10.1016/j.dendro.2021.125920.

BRIFFA, K. R. Interpreting High-Resolution Proxy Climate Data — The Example of Dendroclimatology. In: **Analysis of Climate Variability**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1995. p. 77–94. https://doi.org/10.1007/978-3-662-03167-4_5.

COSTA, M. S.; FERREIRA, K. E.B.; BOTOSSO, P. C. et al. Growth analysis of five Leguminosae native tree species from a seasonal semidecidual lowland forest in Brazil. **Dendrochronologia**, v. 36, p. 23–32, nov. 2015. https://doi.org/10.1016/j.dendro.2015.08.004.

DE MICCO, V.; CAMPELO, F.; DE LUIS, M. et al. INTRA-ANNUAL DENSITY FLUCTUATIONS IN TREE RINGS: HOW, WHEN, WHERE, AND WHY? **IAWA Journal**, v. 37, n. 2, p. 232–259, 7 jul. 2016. https://doi.org/10.1163/22941932-20160132.

DE OLIVEIRA, C. W.; CALLADO, C. H.; MARQUETE, O. Anatomia do lenho de espécies do gênero *Nectandra* Rol. ex Rottb. (Lauraceae). **Rodriguésia**, v. 52, n. 81, p. 125–134, jul. 2001. https://doi.org/10.1590/2175-78602001528106.

DE SOUZA MANGINI, T.; CANDATEN, L.; BANDERA, E. et al. DENSIDADE E TEOR DE UMIDADE DA MADEIRA DE *Ocotea pulchella* (NEES) MEZ. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 5, n. 2, p. 259, 2 jul. 2020. https://doi.org/ 10.5380/biofix.v5i2.73072.

FEARNSIDE, P. M. Are climate change impacts already affecting tropical forest biomass? **Global Environmental Change**, v. 14, n. 4, p. 299–302, dez. 2004. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2004.02.001.

FONTANA, C.; REIS-AVILA, G.; NABAIS, C. et al. Dendrochronology and climate in the Brazilian Atlantic Forest: Which species, where and how. **Neotropical Biology and Conservation**, v. 13, n. 4, 30 dez. 2018. https://doi.org/10.4013/nbc.2018.134.06.

FONTANA, C.; SANTINI-JUNIOR, L.; OLMEDO, G. M. et al. Assessment of the dendrochronological potential of *Licaria bahiana* Kurz, an endemic laurel of lowland atlantic forests in Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 33, n. 3, p. 454–464, 1 jul. 2019. https://doi.org/10.1590/0102-33062019abb0028.

FRITTS, H. C. Dendroclimatology and Dendroecology. **Quaternary Research**, v. 1, n. 4, p. 419–449, 20 dez. 1971.

GOMES, J. F.; LONGHI, S. J.; ARAÚJO, M. M. et al. Classificação e crescimento de unidades de vegetação em Floresta Ombrófila Mista, São Francisco de Paula, RS. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 1, p. 93–107, 30 mar. 2008. https://doi.org/10.5902/19805098514.

GRANATO-SOUZA, D.; ADENESKY-FILHO, E.; ESEMANN-QUADROS, K. Dendrochronology and climatic signals in the wood of *Nectandra oppositifolia* from a dense rain forest in southern Brazil. **Journal of Forestry Research**, v. 30, n. 2, p. 545–553, 15 abr. 2019. https://doi.org/10.1007/s11676-018-0687-5.

GRISSINO-MAYER, H. D. Evaluating crossdating accuracy: A manual and tutorial for the computer program COFECHA. **Tree-Ring Research**, v. 57, n. 2, p. 205–221, 2001.

GUIMARÃES, F. B.; TOMAZELLO FILHO, M.; RODRIGUES, A. C. Caracterização anatômica macroscópica do lenho de árvores de espécies de canela, *Ocotea* e *Nectandra* (Lauraceae) ocorrentes no estado de Santa Catarina. **Biotemas**, v. 30, n. 3, p. 9, 5 set. 2017. https://doi.org/10.5007/2175-7925.2017v30n3p9.

HARRIS, I.; OSBORN, T. J.; JONES, P. et al. Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset. **Scientific Data**, v. 7, n. 1, p. 109, 3 abr. 2020. https://doi.org/10.1038/s41597-020-0453-3.

HOLMES, R.L. Computer-Assisted Quality Control in Tree-Ring Dating and Measurement. **Tree-ring Bulletin**, [*s. l*], v. 43, p. 69-78, 1983.

LATORRACA, J. V. DE F.; DE SOUZA, M. T.; DA SILVA, L. D. S. A. B. et al. Dendrocronologia de árvores de *Schizolobium parahyba* (Vell.) S. F. Blake de ocorrência na rebio de Tinguá-RJ. **Revista Arvore**, v. 39, n. 2, p. 385–394, 2015. https://doi.org/10.1590/0100-67622015000200018.

LOCOSSELLI, G. M. et al. Age and growth rate of congeneric tree species (*Hymenaea* spp. - Leguminosae) inhabiting different tropical biomes. **Erdkunde**, v. 71, n. 1, p. 45–57, 31 mar. 2017. https://doi.org/ 10.3112/erdkunde.2017.01.03.

MBOW, C.; CHHIN, S.; SAMBOU, B. et al. Potential of dendrochronology to assess annual rates of biomass productivity in savanna trees of West Africa. **Dendrochronologia**, v. 31, n. 1, p. 41–51, jan. 2013. https://doi.org/10.1016/j.dendro.2012.06.001.

OLIVEIRA, J. M.; ROIG, F. A.; PILLAR, V. D. Climatic signals in tree-rings of Araucaria angustifolia in the southern Brazilian highlands. **Austral Ecology**, v. 35, n. 2, p. 134–147, abr. 2010.

REIS-AVILA, G.; OLIVEIRA, J. M. Lauraceae: A promising family for the advance of neotropical dendrochronology. **Dendrochronologia**, v. 44, p. 103–116, 1 jun. 2017. https://doi.org/10.1016/j.dendro.2017.04.002.

SANTOS, A. T. DOS; MATTOS, P. P. DE; BRAZ, E. M. et al. Equação de volume e relação hipsométrica para plantio de *Ocotea porosa*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, p. 13–22, 30 mar. 2012. https://doi.org/ 10.4336/2012.pfb.32.69.13.

SHIMAMOTO, C. Y.; BOTOSSO, P. C.; MARQUES, M. C. M. How much carbon is sequestered during the restoration of tropical forests? Estimates from tree species in the Brazilian Atlantic forest. **Forest Ecology and Management**, v. 329, p. 1–9, out. 2014. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2014.06.002.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas do Brasil, baseado em APG III**. 3. ed. ed. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2012.

SPATHELF, P.; TOMAZELLO FILHO, M.; TONINI, H. DENDROECOLOGICAL

ANALYSIS OF *Ocotea pulchella* AND *Nectandra maegapotamica* ON TWO SITES NEAR SANTA MARIA, RIO GRANDE DO SUL (BRAZIL). **FLORESTA**, v. 40, n. Curitiba, PR, p. 777–788, 2010.

STOKES, M. A.; SMILEY, T. L. **An Introduction to Tree-Ring Dating.** University of Chicago Press: Presumed First Edition, 1968.

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**, v. 23, n. 2, p. 201–213, fev. 1984.