



FLUTUAÇÕES CLIMÁTICAS DA PRECIPITAÇÃO NO VALE DO ITAJAÍ (SC)

Dirceu Luis Severo¹, Hélio dos Santos Silva² e Mário Tachini³

Resumo: A precipitação é uma componente climática de alta variabilidade espacial e temporal e, por isso estudos relacionados ao seu comportamento podem auxiliar nas práticas de gerenciamento de risco de diversas atividades econômicas. Este trabalho analisou as diferentes escalas temporais presentes na série temporal de precipitação registrada no posto pluviométrico da Agência Nacional de Águas (ANA) instalado no município de Pomerode, estado de Santa Catarina, no período de 1930 a 2015. A análise de múltiplas escalas foi realizada com a Transformada Wavelet enquanto que a análise de tendências foi feita através do teste de Mann-Kendall. As oscilações foram analisadas nas bandas intrasazonal, interanual, decadal e intermediárias. Na banda intrasazonal encontraram-se picos de alta variância significativos, principalmente em anos de El Niño. Nas bandas interanual e decadal notou-se sobreposição dos picos significativos nas flutuações que apresentam períodos de 2,9, 8,2, 13,1 e 28,2 anos. Esta sobreposição de escalas temporais pode explicar a alta variabilidade temporal da precipitação no vale do Itajaí.

Palavras-chave: Tendência. Mudanças Climáticas. El Niño. Oscilação decadal.

1 Introdução

A precipitação pluviométrica é um importante parâmetro climático em regiões onde a economia é fortemente baseada na atividade agropecuária, como é o caso do sul do Brasil. Por isso, o entendimento dos mecanismos responsáveis pelas variações na distribuição da precipitação nesta região tem importantes implicações para o gerenciamento dos recursos hídricos e para o planejamento das atividades agrícolas e de pecuária (ZHANG et al., 2007).

A variabilidade climática tem sido ao mesmo tempo um limitador e um acelerador do desenvolvimento das civilizações ao longo dos séculos. Períodos de secas devastam plantações, provocam fome, ondas de refugiados e muitas mortes. Chuvas excessivas causam inundações, destroem a infraestrutura das cidades, sistemas de abastecimento de água e energia resultando em vultosos prejuízos econômicos. Alguns registros arqueológicos têm dado indícios de que sociedades prósperas e avançadas entraram em colapso abruptamente devido às mudanças ambientais relacionadas a significativas flutuações no clima (ZHANG et al., 2007).

O estado de Santa Catarina tem grande parte de sua economia associada ao agronegócio e as características do clima e

suas variações têm determinado anos favoráveis ou desfavoráveis para a produção agrícola e criação de animais, entre outros. Deste modo, a produção agropecuária tem o clima como principal fator responsável por quebras de safras e, conseqüentemente, diminuição de lucros. De acordo com Gotardo et al. (2018), assim como outras regiões do Brasil, Santa Catarina também apresenta oscilações no clima, notadamente observadas em períodos de estiagem e na ocorrência frequente de eventos de precipitação extrema, os quais determinam anos favoráveis ou desfavoráveis para a produção agrícola, afetando diretamente a economia estadual.

O estado de Santa Catarina está localizado na faixa subtropical do globo terrestre o que favorece a atuação de diversos fenômenos meteorológicos de diversas escalas espaciais e temporais que afetam seu tempo e clima.

A fonte de umidade disponível para alimentar os mecanismos de precipitação sobre os subtrópicos da América do Sul é encontrada na convecção tropical da região amazônica (GONZÁLES; BARROS, 1998). Dos trópicos aos subtrópicos, a precipitação é caracterizada por um proeminente ciclo anual, com máximo no verão e mínimo durante o inverno. A umidade produzida na Amazônia é transportada para o sul pelo

¹E-mail: severo@furb.br

Universidade Regional de Blumenau, Rua Antônio da Veiga 140, Blumenau, SC. 89030-903.

²E-mail: heliosil@furb.br

³E-mail: mtachini@furb.br

escoamento atmosférico de baixos níveis, favorecido pela circulação monçônica da América do Sul (ZHOU; LAU, 1997), a leste da cordilheira dos Andes. Esta umidade é a fonte principal de alimentação dos sistemas atmosféricos de latitudes médias que penetram no continente pelo sul da Argentina.

No estado do Rio Grande do Sul as frentes frias, sistemas típicos de escala sinótica (3 a 10 dias), são responsáveis por quantidade considerável da precipitação anual (CERA; FERRAZ 2015).

Na escala intrasazonal (10 e 90 dias) o sinal de baixa frequência da oscilação de Madden-Julian é o mais significativo na faixa tropical, modulando a atividade convectiva, principalmente nas regiões da Indonésia e do Oceano Pacífico Equatorial Central e nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil (MADDEN; JULIAN, 1971,1972; WEICKMANN, 1983; KOUSKY; KAYANO, 1994; MADDEN; JULIAN, 1994; LIEBMANN et al., 1999; MARTON, 2000; VITORINO, 2003). A influência da oscilação de Madden-Julian na precipitação de verão do Brasil ocorre através de mecanismos de teleconexão global via transporte de energia por ondas de Rossby (GRIMM; FERRAZ; GOMES, 1998; CARDOSO, 2005; FIRPO, 2012).

Na escala interanual o modo de oscilação da atmosfera mais importante é o El-Niño/La Niña/ Oscilação Sul (ENOS). Como consequência da atuação desse modo oscilatório, a distribuição espacial e temporal da precipitação é afetada em todo o planeta (ROPELEWSKI; HALPERT, 1987). No sul do Brasil, as anomalias de precipitação geram significativos prejuízos na produção agrícola (BERLATO; FARENZENA; FONTANA, 2005).

Nas escalas de muito baixa frequência, a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) parece ter influência nas anomalias de precipitação global. A ODP é uma flutuação da temperatura da superfície do mar (TSM) no oceano Pacífico na escala de tempo interdecadal. Mantua et al. (1997) descreveram a ODP como sendo um evento ENOS de longa duração e da mesma forma que o ENOS, a ODP apresenta duas fases. A fase fria é caracterizada por anomalias negativas de TSM no Oceano Pacífico Tropical e, simultaneamente, anomalias de TSM positivas no Oceano Pacífico Extratropical em ambos os hemisférios.

Cera, Ferraz e Bender (2009) analisaram a influência da ODP na

precipitação do Rio Grande do Sul (RS) e mostraram que durante a fase fria (quente) da oscilação são observadas anomalias negativas (positivas) de precipitação no RS. Também encontraram que a correlação entre as anomalias de precipitação e o índice da ODP depende da região, sendo mais significativa no nordeste do estado do RS, exceto no verão quando a região preferencial é a região central.

Cada um dos mecanismos descritos anteriormente é um modo de oscilação atmosférica que pode ser extraído do sistema caótico formador do clima terrestre. No mesmo instante de tempo, todos estes modos estão atuando com intensidades diferentes. Kayano e Andreoli (2009) mostraram que a sobreposição entre a ODP e outras oscilações de escalas diferentes pode modificar o impacto que a ODP teria em algumas regiões do globo, inclusive na América do Sul.

O objetivo deste estudo foi analisar o comportamento da precipitação pluviométrica numa sub-região do vale do Itajaí (SC) a partir de uma série temporal de longa duração para identificar mudanças no comportamento da média de longo prazo e os ciclos das flutuações presentes nesta série, relacionando estas flutuações a mecanismos climáticos conhecidos.

2 Metodologia

Para este estudo foram utilizados os dados diários de precipitação da estação pluviométrica instalada no município de Pomerode, Santa Catarina (SC) cedidos pela Agência Nacional de Águas (ANA), uma vez que se trata de uma estação representativa da sub-região central do vale do Itajaí. Esta série foi escolhida por possuir mais de 80 anos de registros de dados, tendo iniciado em 1929, e por apresentar uma quantidade desprezível de falhas. A estação pluviométrica encontra-se instalada na latitude 26,94°S e longitude 49,17°W e seu código ANA é 02649002.

O vale do Itajaí está localizado na região leste do estado de Santa Catarina e seu principal rio, rio Itajaí-Açu deságua direto no oceano Atlântico. Possui uma área aproximada de 15.000 km², perímetro de 700 km e 72 municípios total ou parcialmente dentro da bacia. Toda a área da bacia do vale do Itajaí está inserida no bioma da Mata Atlântica (MACHADO; MARCUZZO, 2015).

Para o estudo foram analisadas três séries geradas a partir dos totais diários: a série anual, séries mensais e séries de totais de cinco dias (pêntadas). Para a análise das flutuações de alta frequência utilizou-se a série de pêntadas. A primeira pêntada corresponde ao acumulado do dia de 01 de janeiro ao dia 05 de janeiro, a segunda pêntada corresponde ao acumulado do dia 06 de janeiro ao dia 10 de janeiro, e assim por diante, totalizando 73 pêntadas por ano. Para os anos bissextos, a pêntada 12, que corresponde ao período de 25 de fevereiro ao dia 01 de março, foi calculada com seis dias. Um dos objetivos da utilização de pêntadas é a filtragem das oscilações de muito alta frequência (variações diárias) da precipitação e a extração de parte do efeito dos sistemas transientes. Ou seja, os efeitos locais e de curta duração são excluídos. Para avaliar a presença de tendências na média da série temporal foi realizado o teste de independência através do cálculo da autocorrelação serial e um estudo exploratório através da versão sequencial do teste de tendência de Mann-Kendall e o teste de mudanças bruscas nas médias pelo teste de Pettitt (PETTITT, 1979).

A presença de oscilações foi investigada aplicando a Transformada Wavelet (TW) nas séries de precipitação. A TW é uma ferramenta ideal para a análise de séries temporais pois permite a decomposição das componentes oscilatórias em três dimensões (tempo, escala e intensidade de energia). A ideia central da TW consiste em decompor um sinal em diferentes níveis de resolução, processo conhecido como multiresolução. A representação da multiresolução fornece uma moldura hierárquica simples, para interpretação de informação do sinal quase de maneira óbvia. As diferentes resoluções, os detalhes de um sinal, geralmente caracterizam diferentes estruturas físicas do mesmo. Para uma resolução mais grosseira, estes detalhes geralmente caracterizam as grandes estruturas que fornecem o contexto. Com o aumento da resolução obtém-se detalhes mais finos.

A utilização da TW na análise de dados meteorológicos permite determinar uma importante característica de muitos fenômenos de baixa frequência, que é a separação de escalas de frequência (uma vez que eles são somente quase-periódicos). Isto significa que embora eles sejam recorrentes, seu período e sua estrutura também podem variar entre um máximo e

outro. Em termos espectrais, flutuações periódicas são caracterizadas por picos achatados ao invés de agudos, como observados em outros tipos de sinais temporais. Essas características indicam que se trata de fenômenos altamente não lineares ao invés de modos normais de oscilação, que fisicamente significam fenômenos mais complexos de serem explicados.

3 Resultados

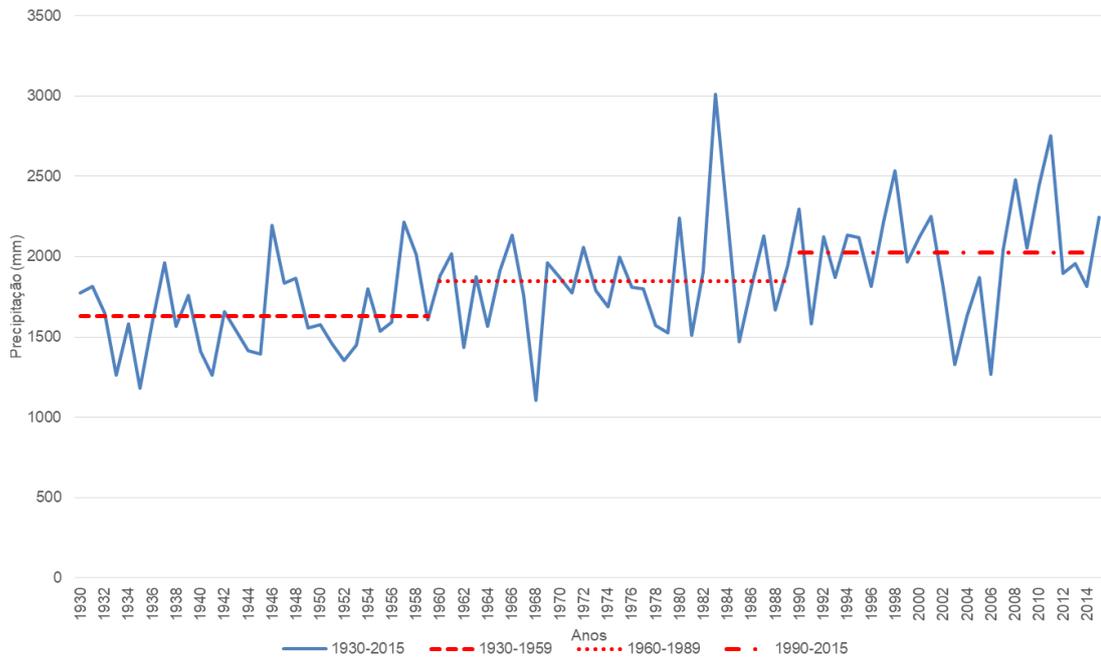
A distribuição temporal da precipitação anual no município de Pomerode para o período de 1930 a 2015 é mostrada na Figura 1. Foram calculadas as médias de 30 anos para três subperíodos da série temporal, as quais estão representadas pelos traços horizontais correspondentes aos períodos de 1930 a 1959, 1960 a 1989 e de 1990 a 2015.

O comportamento tipo “escada” destas médias é uma sugestão de que houve mudança positiva na precipitação média anual no histórico da série temporal. A média anual para o período 1930-1959 era igual a 1628,8 mm, para o período de 1960-1989 houve uma elevação para 1848,4 mm e no último período (1990-2015) a média anual aumentou para 2014,5 mm. A variabilidade interanual notadamente é fator determinante no comportamento da série anual. O cálculo do desvio padrão também mostrou que houve aumento para os subperíodos considerados. Para o período 1930-1959 o desvio padrão foi 264,9 mm, para o período 1960-1989 aumentou para 338,1 mm e para o período 1990-2015, aumentou também para 369,7 mm. Excetuando-se o ano de 2008 quando uma fração significativa da chuva anual ocorreu no mês de novembro, nos outros dois anos a precipitação apresentou uma distribuição regular entre os meses do ano.

Comparando-se a distribuição mensal da precipitação para cada subperíodo, nota-se que o aumento mais significativo na média mensal ocorreu no mês de janeiro cuja média de 211,2 mm no período 1930-1959 passou para 270,0 mm no período de 1990-2015 (Figura 2). Nota-se também que o mês de abril foi o único a não indicar variações significativas na média para os três períodos considerados. Com exceção do mês de fevereiro e dezembro, todos os demais meses do ano registraram aumento na média no último período analisado.

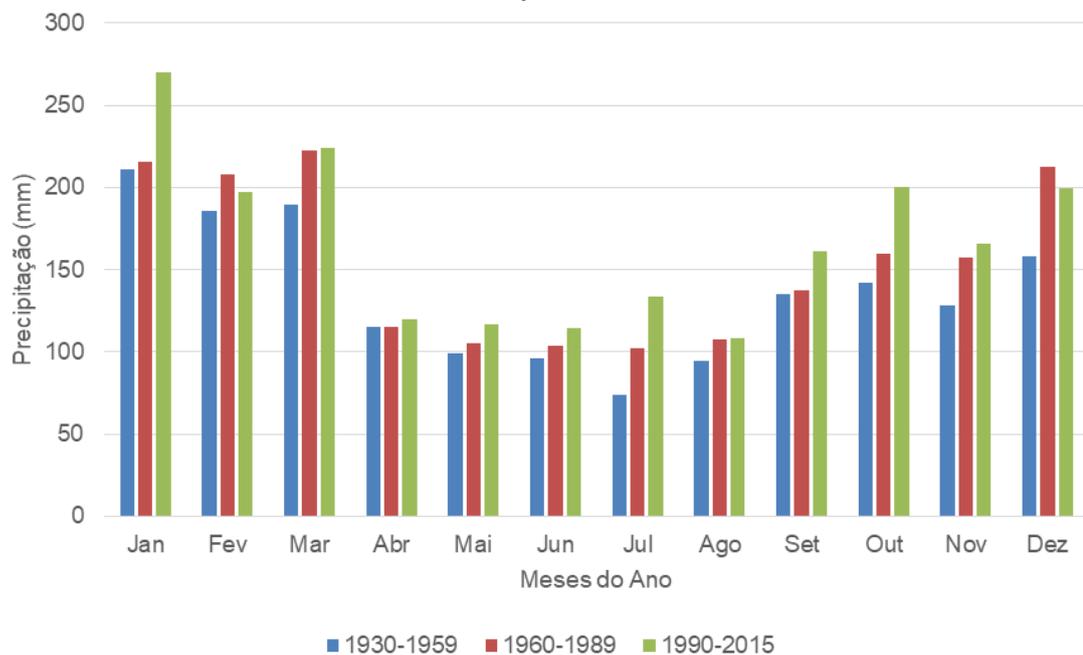
REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.20, n. 2, p.37-48, jul./dez. 2018

Figura 1 - Distribuição da precipitação total anual para o período de 1930 a 2015 no município de Pomerode-SC. Linhas horizontais indicam as médias para os subperíodos de 1930-1959, 1960-1989 e 1990-2015



Fonte: Autores (2018)

Figura 2 - Distribuição da precipitação mensal para os períodos de 1930 a 1959, 1960 a 1989 e 1990 a 2015 no município de Pomerode-SC



Fonte: Autores (2018)

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.20, n. 2, p.37-48, jul./dez. 2018

Considerando a distribuição sazonal da precipitação, as oscilações da média foram maiores no verão e na primavera, mas a maior diferença entre os três subperíodos analisados ocorreu na primavera quando a precipitação média aumentou de 405,4 mm

para 527,6 mm, um aumento de 122,3 mm (Tabela 1). A menor variação ocorreu no outono quando a precipitação média aumentou de 403,9 mm para 461,6 mm, um aumento de 57,6 mm.

Tabela 1 - Precipitação média no município de Pomerode, Santa Catarina

Período	SP1	SP2	SP3	SP3 - SP1
Janeiro	211,2	216,0	270,0	58,8
Fevereiro	185,8	208,3	197,2	11,4
Março	189,8	222,3	224,5	34,7
Abril	115,1	115,5	120,0	4,9
Mai	99,0	105,4	117,1	18,1
Junho	95,9	104,1	114,7	18,8
Julho	73,9	102,0	133,3	59,5
Agosto	94,4	107,6	108,0	13,6
Setembro	135,3	137,8	161,1	25,8
Outubro	142,0	159,4	200,5	58,4
Novembro	128,1	157,1	166,1	38,0
Dezembro	158,3	212,9	199,9	41,5
Anual	1628,8	1848,4	2014,5	385,7
Verão	555,3	637,2	667,1	111,8
Outono	403,9	443,2	461,6	57,6
Inverno	264,2	313,6	356,1	91,9
Primavera	405,4	454,3	527,6	122,3

Em que: SP1=série parcial de 1930 a 1959, SP2=série parcial de 1960 a 1989 e SP3=série parcial de 1990 a 2015.

Fonte: Autores (2018)

O aumento da precipitação anual foi confirmado ao ser aplicado um ajuste por regressão linear para o período completo da série. Entretanto, ao se aplicar o teste de tendências de Mann-Kendall, este aumento só é estatisticamente significativo para a série completa. Nas séries parciais, a tendência não se mostrou significativa. No ajuste por regressão linear a precipitação total anual apresentou um acréscimo de cerca de 6,5 mm/ano para o período de 1930 a 2015 (Figura 3) aumentando de um valor inicial de 1537 mm para cerca de 2020 mm/ano.

A partir da aplicação dos testes de Mann-Kendall e Pettitt percebe-se o ponto de mudança no comportamento da média de longo prazo. Na Figura 4, as linhas ascendente e descendente representam a distribuição de $u(t)$ e $u^*(t)$, funções obtidas no cálculo dos parâmetros do teste de Mann-Kendall enquanto as linhas paralelas com valor de +1,96 e -1,96 indicam o nível de significância de 95%. Nota-se que até o ano de 1956 as duas distribuições apresentavam valores próximos, mas a partir de 1957, nota-

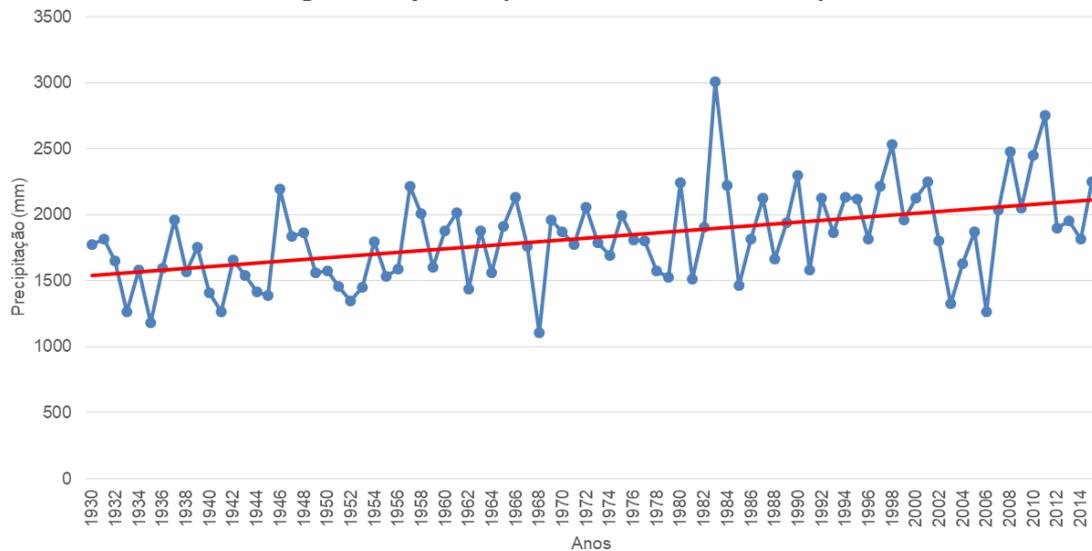
se uma divergência brusca, a qual é interpretada como o ponto de mudança no comportamento da série temporal. Mas esta mudança torna-se estatisticamente significativa apenas entre 1975 e 1980 quando as duas linhas ultrapassam o limite de confiança de 95%. Coincidentemente, a década de 1970 é aceita por muitos autores como a década que ocorreu uma transição climática, influenciada principalmente pela inversão da Oscilação Decadal do Pacífico (MANTUA et al., 1997).

De acordo com Deser e Phillips (2006) a transição climática de 1976-77 foi observada nos padrões da circulação atmosférica do hemisfério norte associada a mudanças na TSM. As significativas mudanças das condições da bacia oceânica do Pacífico foram caracterizadas por um aumento das anomalias da TSM ao longo da costa oeste da América do Norte em um período de menos de 10 anos e, ao mesmo tempo, um resfriamento no noroeste e sudoeste do Pacífico (MEEHL; HU 2009). Carvalho et al. (2011) também observaram alterações na data de início e da duração do

sistema de monção da América do Sul na década de 1970. As mudanças no sistema de monção fazem com que o fluxo de umidade atmosférica sobre a região amazônica e adjacências provoque

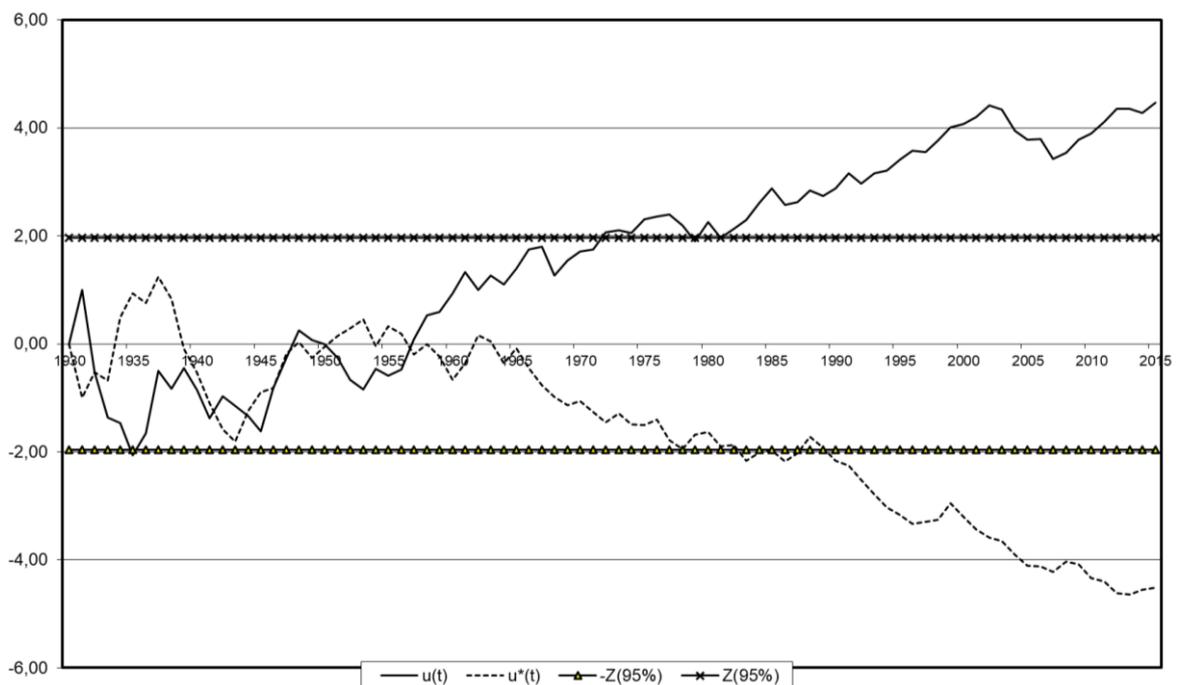
significativos impactos nos padrões de precipitação sobre o sul do Brasil devido a intensificação ou desintensificação do jato de baixos níveis (BARROS; DOYLE; CAMILLONI 2008).

Figura 3 - (a) Distribuição da precipitação anual de Pomerode (SC) para o período de 1930 a 2015 e reta de regressão ajustada pelo método dos mínimos quadrados



Fonte: Autores (2018)

Figura 4 - Estatísticas $u(t)$ e $u^*(t)$ do teste de Mann-Kendall para a precipitação de Pomerode, SC



Fonte: Autores (2018)

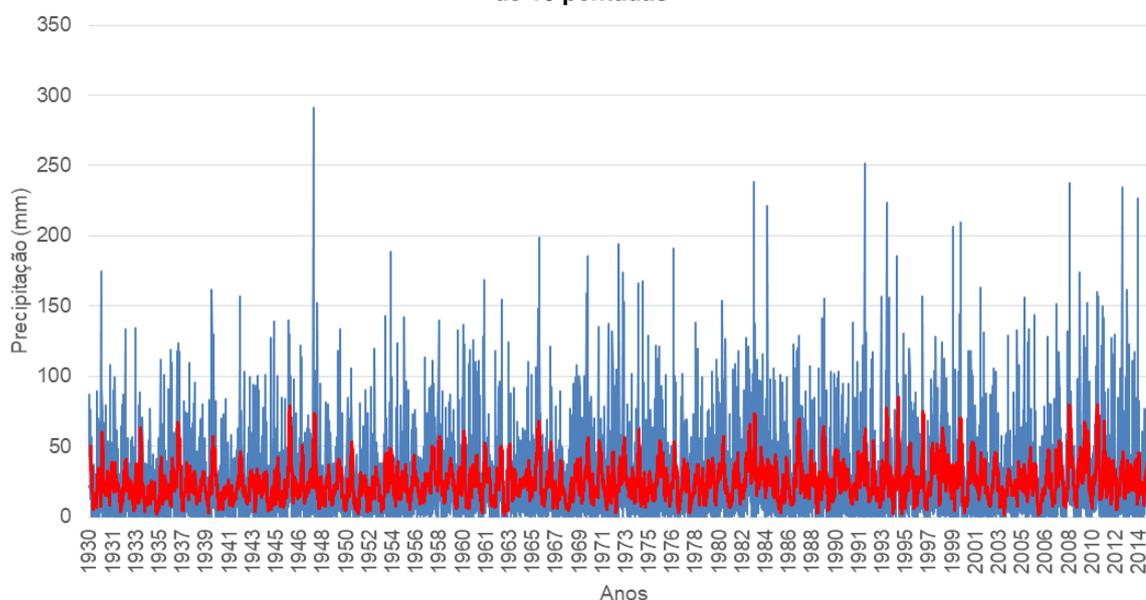
As análises das flutuações na distribuição da precipitação para a chamada banda intrasazonal (períodos entre 10 a 90

dias) foram realizadas com a série de pântadas para o todo o tamanho da série temporal. Na Figura 5 é apresentada a

distribuição temporal das pântadas (barras verticais) juntamente com uma suavização aplicada utilizando-se um filtro de médias móveis (linha vermelha). Em uma análise preliminar, nota-se a alta variabilidade nos valores, destacando-se alguns eventos com o acúmulo de precipitação acima de 200 mm, todos eles ocorrendo após os anos de 1980,

e muitos eventos com valores acima de 150 mm, também em sua grande maioria, ocorrendo após os anos de 1970. Ao se aplicar um filtro de médias móveis de 10 pântadas na série original, as flutuações ficam mais perceptíveis e sugerem a presença de ciclos de diversas frequências.

Figura 5 - Distribuição das pântadas da precipitação de Pomerode (SC) para o período de 1930 a 2015. A linha em vermelho representa a suavização resultante da aplicação de um filtro de médias móveis de 10 pântadas



Fonte: Autores (2018)

Na filtragem aplicada à série de pântadas mostrada na Figura 5, as flutuações são expostas e observa-se que elas ocorrem em uma ampla banda de escalas temporais. Para identificar estas escalas a análise via wavelet de Morlet (wavelet-mãe) é adequada, pois além de encontrar as bandas permite avaliar a intensidade da variância ao longo da série temporal. Para avaliar as flutuações na banda intrasazonal o espectro total de variâncias foi particionado nas seguintes bandas temporais: entre 20 e 30, entre 30 e 60 e entre 60 e 90 dias.

Na Figura 6 é apresentado o espectro de variâncias médio para a banda entre 20 e 30 dias calculado de acordo com o método proposto por Torrence e Compo (1998). O limite de confiança de 95% para a variância está representado pela linha horizontal. Nesta Figura 6 foram destacados alguns dos picos mais significativos, com os respectivos anos de ocorrência. Nota-se que

a maior variância ocorreu no ano de 1992 que foi extremamente chuvoso no vale do Itajaí, tendo sido registradas duas enchentes em diversos municípios. Em 1992, o clima global estava sob a influência do evento El Niño de 1990-1993 o qual, direta ou indiretamente, afetou a distribuição da precipitação no sul do Brasil. Curiosamente, o ano de 1983, no qual ocorreram as enchentes mais catastróficas do vale do Itajaí a precipitação parece não ter sido influenciada pelas oscilações presentes na banda de 20 a 30 dias.

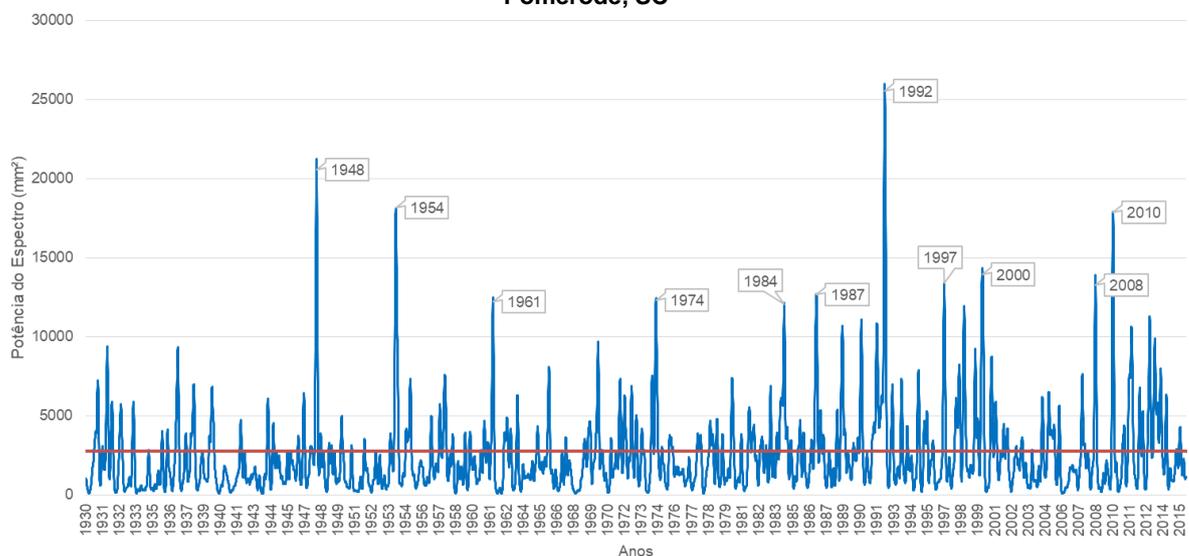
A Figura 7 foi construída de maneira idêntica à Figura 6, mas para a banda de 30 a 60 dias. Nesta Figura, nota-se a repetição de muitos dos picos observados na banda de 20 a 30 dias, com destaque novamente para o ano de 1992, cuja variância está muito acima dos demais picos. Portanto, a variabilidade da precipitação observada no ano de 1992, em Pomerode, pode ser atribuída à superposição de mecanismos

atmosféricos cujo ciclo de vida tem repetição nestas duas bandas temporais.

De forma idêntica às Figuras 6 e 7, foi construído o espectro médio para a banda de 60 a 90 dias, o qual está representado na Figura 8. Para esta banda do espectro, quase todos os picos que foram destacados coincidem com anos de ocorrência do El Niño. Como mencionado anteriormente, o ano de 1983 foi extremamente chuvoso em todo o sul do Brasil, mas não aparecia em

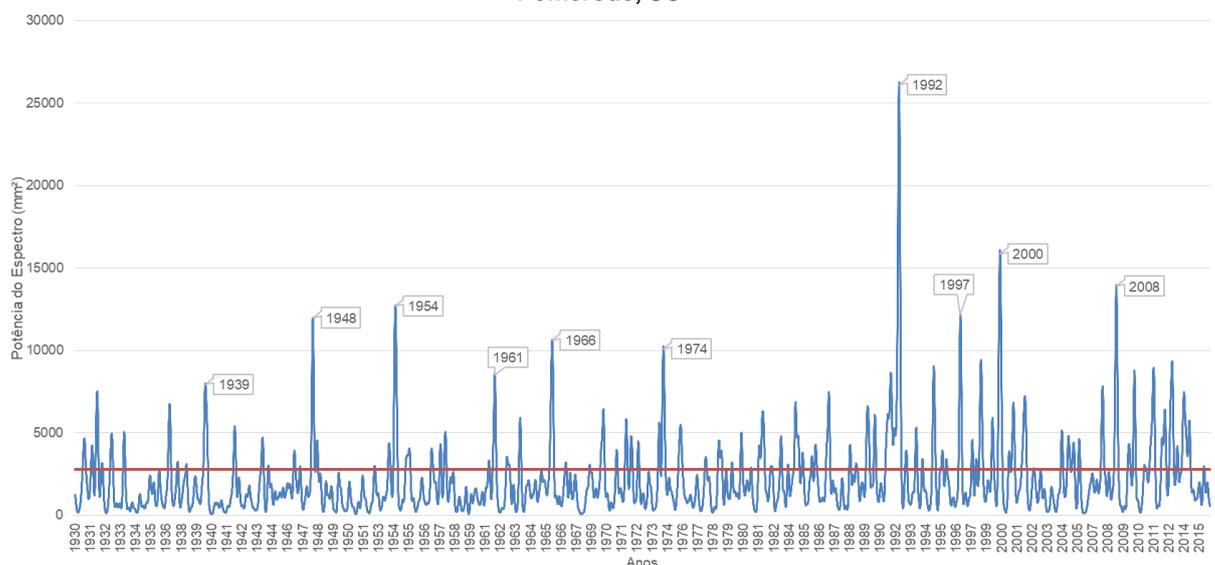
destaque nas bandas intrasazonais de 20 a 30 dias e de 30 a 60 dias. Contudo, para a banda de 60 a 90 dias, o ano de 1983 apresenta uma variância tão alta quanto a do ano de 1992. Por isso, pode-se supor que a precipitação registrada no ano de 1983 foi influenciada por mecanismos de oscilação atmosférica cujo período de oscilação encontra-se predominantemente nesta banda espectral de 2 a 3 meses.

Figura 6 - Média dos coeficientes wavelets para a banda de 20 a 30 dias para a precipitação de Pomerode, SC



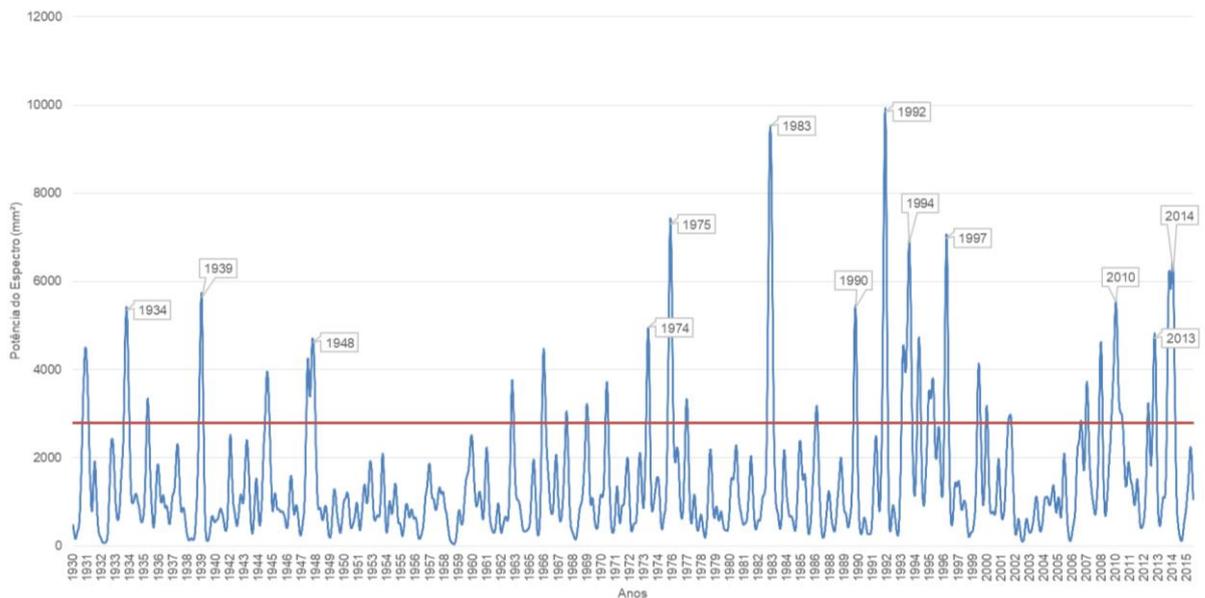
Fonte: Autores (2018)

Figura 7 - Média dos coeficientes wavelets para a banda de 30 a 60 dias para a precipitação de Pomerode, SC



Fonte: Autores (2018)

Figura 8 - Média dos coeficientes wavelets para a banda de 60 a 90 dias para a precipitação de Pomerode, SC

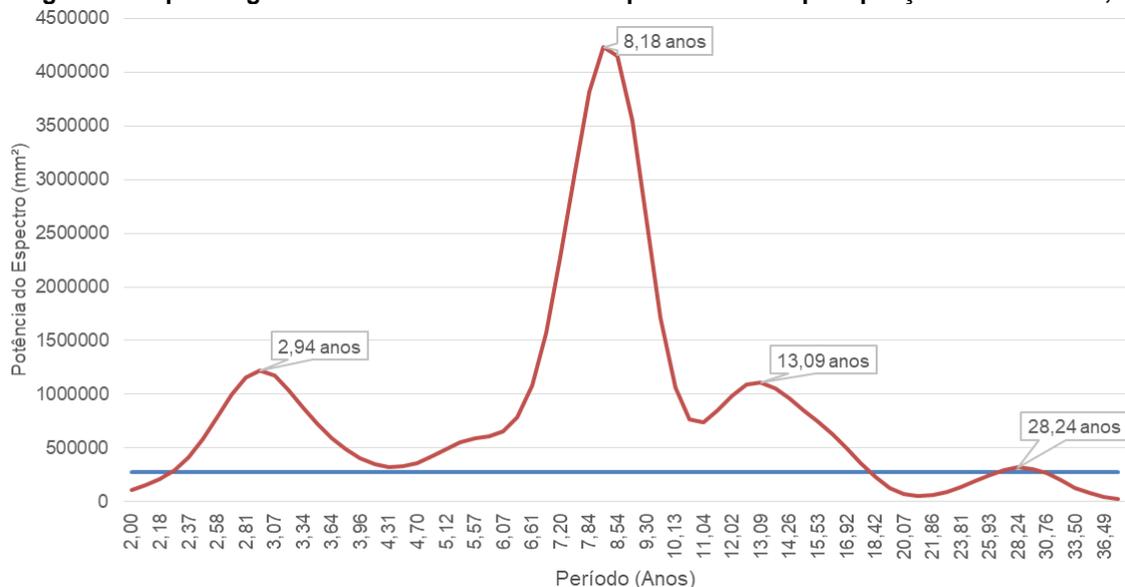


Fonte: Autores (2018)

Finalmente, foi construído o espectro global dos coeficientes wavelets, o qual é apresentado na Figura 9. A linha horizontal na Figura 9 representa o nível de significância de 95%, o qual permite concluir que a maior variabilidade da precipitação está concentrada em 4 bandas temporais de baixa frequência, sendo que o pico que mais se destaca possui um período de 8,18 anos. Dentre estas 4 bandas estatisticamente significativas pode-se associar a banda centrada em 2,94 anos com o El Niño. A banda centrada em 8,18 anos pode ser

definida como a oscilação decadal e as outras duas bandas com variabilidades mais fracas, mas ainda estatisticamente significativas podem ser associadas a escala interdecadal (13,09 anos) e multidecadal (28,24 anos). Salienta-se que o padrão de espectro global permanece quase totalmente igual a este mostrado na Figura 9, mesmo que sejam utilizadas as séries mensais ou anuais, ao invés da série de totais de 5 dias (pêntadas), embora não tenham sido mostrados aqui.

Figura 9 - Espectro global dos coeficientes wavelets para a série de precipitação de Pomerode, SC

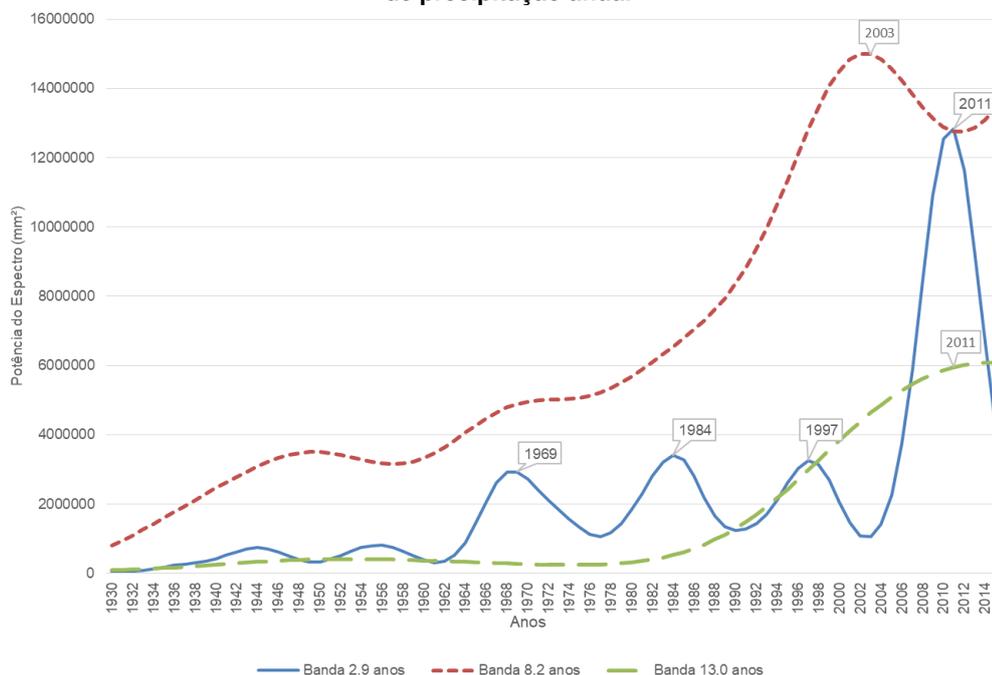


Fonte: Autores (2018)

A sobreposição dos espectros médios para as três bandas mais significativas é mostrada na Figura 10. Nota-se nos três espectros o aumento da variabilidade ao longo da série temporal. Destacadamente, a banda centrada em 8,2 anos encontra seu máximo no ano de 2003 enquanto a banda centrada em 13,0 anos tem seu máximo em 2011. Na banda

interanual são observados diversos picos, sendo os mais significativos observados em 1969, 1984, 1997 e 2011. Considerando-se a variabilidade da precipitação resultado da sobreposição de fenômenos de diferentes frequências de oscilação, a Figura 10 pode explicar o aumento da precipitação média anual registrado na Figura 1.

Figura 10 - Distribuição temporal dos espectros médios para as bandas de 2,9, 8,2 e 13,0 anos da série de precipitação anual



Fonte: Autores (2018)

4 Conclusões

Neste trabalho, a série temporal de precipitação de Pomerode (SC) foi utilizada para verificar a presença de tendência ou oscilações nas bandas intrasazonal e interanual. A aplicação da análise de regressão para a série anual mostrou que a precipitação média tem aumentado cerca de 6,5 mm/ano, desde o ano de 1930 até 2015. Comparando-se os primeiros 30 anos da série de dados com os últimos 30 anos, notou-se um acumulado maior do que 380 mm, valor que é comparável à precipitação média do outono. A análise tempo-frequência via Transformada de Wavelets confirmou a existência de várias oscilações de baixa frequência nas séries analisadas. Foram observadas flutuações nas escalas

intrasazonal, interanual e decadal. Oscilações com períodos entre 20 e 30 dias, entre 30 e 60 dias e entre 60 e 90 dias apresentaram picos significativos, principalmente em anos de El Niño. Nestas três bandas da escala intrasazonal, a precipitação do ano de 1992 destacou-se, como o de maior variância.

As anomalias de precipitação do ano de 1983 observadas em todo o sul do Brasil, as quais são atribuídas por inúmeros autores ao El Niño intenso de 1982-1983, parecem estar relacionadas apenas às oscilações atmosféricas de mais baixa frequência, destacando-se na análise de Wavelets apenas na banda de 60 a 90 dias. Ou seja, as anomalias de precipitação que causaram as maiores e mais catastróficas inundações no vale do Itajaí no ano de 1983, foram

ocasionadas por sistemas atmosféricos que possuem período de 2 a 3 meses. Este resultado sugere que fenômenos de escalas temporais diferentes se sobrepuseram para intensificar os mecanismos de precipitação.

Na banda de muito baixa frequência do espectro definidas como escala interanual e decadal foram identificados picos significativos cujos períodos coincidem com as flutuações associadas ao El Niño (2,9 anos), oscilação decadal (8,2 anos), oscilação interdecadal (13,1 anos) e um pico mais fraco que poderia estar associado a uma oscilação multidecadal (28,2 anos). Para estas três bandas, parece haver uma sobreposição entre as oscilações a partir do início dos anos de 1990. Esta pode ser a

explicação para a ocorrência dos anos chuvosos de 2008, 2010 e 2011.

Finalmente, sabe-se que o sistema atmosférico tem mecanismos que operam em diferentes escalas espaciais e temporais. A interação entre essas escalas pode influenciar desde os fenômenos de alta frequência até os de baixa frequência cuja resultante é a distribuição temporal e espacial da precipitação de uma dada região.

A análise realizada neste estudo pode ser estendida para as outras localidades do vale do Itajaí e do estado de Santa Catarina, desde que tenham uma série de dados com poucas falhas, pois a metodologia se mostrou adequada para a investigação de flutuações climáticas significativas.

5 Climate Change of Precipitation in the Itajaí Valley (SC)

Abstract: *Precipitation is a climatic component of high spatial and temporal variability and, therefore, researches that aim to understand precipitation behavior can contribute in the risk management practices of several economic activities. This work analyzed the different time scales present in the rainfall series recorded in the pluviometric station of the National Water Agency (ANA) in Pomerode, state of Santa Catarina, from 1930 to 2015. The analysis of multiple scales was performed with the Wavelet Transform while the trend analysis was done through the Mann-Kendall test. The oscillations were analysed in the intrasazonal, interannual, decadal and intermediate scales. In the intrasazonal band, significant peaks of high variance were found, mainly in El Niño years. In the inter-annual and decadal bands, it was observed that there is overlapping of the significant peaks in the fluctuations that present periods of 2.9, 8.2, 13.1 and 28.2 years. This overlapping of temporal scales may explain the high temporal variability of precipitation in the Itajaí Valley.*

Keywords: Trends; Climate Change; El Niño; Decadal Oscillation.

6 Referências

BARROS, V. R.; M. E. DOYLE; I. A. CAMILLONI. Precipitation trends in southeastern South America: relationship with ENSO phases and with low-level circulation. **Theoretical Applied Climatology**, v. 93, p.19-33, 2008.

BERLATO M. A.; H. FARENZENA; D. C. FONTANA. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.5, p.423-432, 2005.

CARDOSO, A. **Relações entre a TSM nos oceanos Atlântico e Pacífico e as condições climáticas nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil**. 2005. 158 pp. Tese (Programa de Pós-Graduação em Meteorologia) – Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2005.

CARVALHO, L. M. V., C. Jones, A. E. Silva, B. Liebmann, P. L. S. Dias. The South American monsoon system and the 1970s climate transition.

International Journal of Climatology, v. 31, p. 1248–1256, 2011.

CERA, J. C.; S. E. T. FERRAZ; F. D. BENDER. Influência da Oscilação Decadal do Pacífico e as Mudanças no Regime de Chuva do Rio Grande do Sul. **Revista Ciência e Natura Especial**, Santa Maria - RS, v.1, p. 317-320, 2009.

CERA, J. C.; S. E. T. FERRAZ. Variações Climáticas na Precipitação do Sul do Brasil no Clima Presente e Futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, n. 30, v. 1, p. 81-88, 2015.

DESER, C.; A. S. PHILLIPS. Simulation of the 1976/77 Climate Transition over the North Pacific: Sensitivity to Tropical Forcing. **Journal of Climate**, v. 19, p. 6170-6180, 2006.

FIRPO, M. A. F. **Influências Remotas da TSM dos oceanos Pacífico e Atlântico e da Oscilação Antártica na variabilidade climática interanual no Rio Grande do Sul e suas inter-relações**. 2012. 186p. Tese (Programa de Pós-

REA – Revista de *estudos ambientais* (Online)
v.20, n. 2, p.37-48, jul./dez. 2018

Graduação em Meteorologia – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2012.

GONZÁLEZ, M. H.; V. BARROS. The relation between tropical convection in South America and the end of the dry period in subtropical Argentina. **International Journal of Climatology**, v. 18, p. 1669-1685. 1998.

GOTARDO, F.; G. A. PIAZZA; E. TORRES; D. L. SEVERO; V. KAUFMANN. Distribuição espacial e temporal das chuvas no estado de Santa Catarina. **Geosul**. v. 33, n. 67, p. 253-276. 2018

GRIMM, A. M.; S. E. T. FERRAZ; J. GOMES. Precipitation Anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v. 11, p. 2863-2880, 1998.

KAYANO, M. T.; R. V. ANDREOLI. Variabilidade Decenal a Multidecenal. In: CAVALCANTI, I. F. A. Tempo e Clima no Brasil. São Paulo, **Oficina de Textos**, p. 373-383, 2009.

KOUSKY, V.E.; M. T. KAYANO. Principal models of outgoing longwave radiation and 250 Mb circulation for the South American sector. **Journal of Climate**, v. 7, p. 1131-1143, 1994.

LIEBMANN, B.; G. N. KILADIS; J. A. MARENGO; T. AMBRIZZI; J. D. GLICK. Submonthly convective variability over South America and the South Atlantic Convergence Zone. **Journal of Climate**, v. 12, p. 1877-1891, 1999.

MACHADO, J. L. F.; F. F. N. MARCUZZO. Aquíferos da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí no Estado de Santa Catarina. In: **XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**. 22 a 27 de novembro de 2015, Brasília, DF. 8 pp.

MADDEN, R. A.; P. R. JULIAN. Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. **Journal of Atmospheric Sciences**, v. 28, p. 702-708. 1971.

MADDEN, R. A.; P. R. JULIAN. Description of global-scale circulation cells in the tropics with a 40-50 day period. **Journal of Atmospheric Sciences**, v. 29, p. 1109-1123. 1972.

MADDEN, R. A.; P. R. JULIAN. Observations of the 40-50 day tropical oscillation - A review. **Monthly Weather Review**, v. 122, p. 814-837. 1994.

MANTUA, N. J.; S. R. HARE; Y. ZHANG; J. M. WALLACE; R. C. FRANCIS. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. **Bulletin of American Meteorological Society**, v. 78, p. 1069-1079, 1997.

MARTON, E.: **Oscilações Intrasazonais Associadas à Zona de Convergência do Atlântico Sul no Sudeste Brasileiro**. 2000. Tese (Programa de Pós-Graduação em Meteorologia) - IAG/USP, São Paulo (SP), 2000.

MEEHL G. A.; A. HU. The Mid-1970s Climate Shift in the Pacific and the Relative Roles of Forced versus Inherent Decadal Variability. **Journal of Climate**, v. 22. p. 780-792, 2009.

PETTITT, A. N. A non-parametric approach to the change-point problem. **Applied Statistics**, v. 28, n. 2, p. 126-135, 1979.

ROPELEWSKI, C.F; HALPERT, M.S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, v. 115, p. 1606-1626, 1987.

TORRENCE, C.; G. P. COMPO. A Practical Guide to Wavelet Analysis. **Bulletin of American Meteorology Society**, v. 79, p. 61-78, 1998.

VITORINO, M. I. **Análise das Oscilações Intrasazonais sobre a América do Sul e Oceanos Adjacentes utilizando a Análise de Ondetas**. 2003. 147 p. Tese (Programa de Pós-Graduação em Meteorologia), INPE, São José dos Campos, 2003.

WEICKMANN, K. M. Intraseasonal circulation and outgoing long wave radiation modes during northern winter. **Monthly Weather Review**, v. 111, p. 1838-1858. 1983.

ZHANG, D. D.; P. BRECKE; H. F. LEE; Y-Q. HE; J. ZHANG. Global climate change, war, and population decline in recent human history. **Proceedings of National Academy of Sciences of United States of America**, v. 104, n. 49, p. 19214-19219, 2007.

ZHOU, J.; K. M. LAU. Does a monsoon climate exist over South America? **Journal of Climate**, v. 11, p. 1020-1040. 1997.