

# Índice de anomalia de chuva do estado o Rio Grande do Sul

## Rainfall anomaly index in the State of Rio Grande do Sul

Joceli Augusto Gross<sup>1(\*)</sup>

Roberto Cassol<sup>2</sup>

### Resumo

O presente trabalho teve como objetivo a análise da variabilidade temporal das precipitações pluviométricas no Estado do Rio Grande do Sul, utilizando o Índice de Anomalia de Chuva (IAC). Foram adquiridas séries históricas de 30 anos de dados de precipitação (1983 a 2012) de 44 estações meteorológicas para a realização do cálculo dos Índices de Anomalia de Chuva mensais e anuais, considerando as médias temporais das precipitações locais, para a determinação dos períodos secos e úmidos. Observou-se, no período analisado, uma grande variação na distribuição temporal das precipitações pluviométricas ocorridas no Estado, com períodos significativos de anomalias negativas e positivas de precipitação, chegando a altas intensidades, porém com a predominância de maiores períodos de duração das anomalias negativas de precipitação. Esse fato, unido ao maior número de meses secos observados e o aumento destes a partir do terceiro sextênio do período de análise, além da verificação de uma mudança significativa nos volumes precipitados anualmente, principalmente a partir do ano de 2003, possibilita afirmar que houve uma tendência de diminuição das precipitações no Estado do Rio Grande do Sul, no período histórico estudado.

**Palavras-chave:** Anomalia; Índice; Chuva; IAC.

### Abstract

This study aimed to analyze the temporal variability of rainfall in the Rio Grande do Sul State using the Rain Anomaly Index (RAI). Historical series of 30 years of rainfall data were acquired (1983-2012) of 44 weather stations to carry out the calculation of the Anomaly Indices of monthly and annual rainfall, considering

- 
- 1 Geógrafo; Mestrando em Geografia pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); Endereço: Rua Doutor Fernando Chagas de Carvalho, 197, Bairro Nossa Senhora das Dores, CEP: 97095-140, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil; E-mail: gross\_joceli\_augusto@hotmail.com (\*) Autor para correspondência
  - 2 Dr.; Geógrafo; Professor do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM); Endereço profissional: Universidade Federal de Santa Maria, Departamento de Geografia, Centro de Ciências Naturais e Exatas (CCNE), Prédio 17, Cidade Universitária-Campus, CEP: 97105-900, Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil; E-mail: rtocassol@gmail.com.

Recebido para publicação em 12/12/2014 e aceito em 29/05/2015

Ambiência Guarapuava (PR) v.11 n.3 p. 529 - 543 Set./Dez. 2015 ISSN 1808 - 0251  
DOI:10.5935/ambiencia.2015.03.02

the average time of local rainfall, to determine the dry and humid periods. It was observed in the analyzed period a wide variation in temporal distribution of rainfall occurring in the state, with significant periods of positive and negative precipitation anomalies, reaching high intensities, however with a predominance of longer periods of duration of negative precipitation anomalies. This fact, along with greater numbers of dry months and their increase from the third sexennium of the analysis period, in addition to the verification of a significant change in the annual rainfall volumes, mainly from the year of 2003, makes it possible to state that there has been a tendency of decrease in the rainfall in the State of Rio Grande do Sul in the historical period studied.

**Key words:** Anomalies; Index; Rainfall; RAI.

## Introdução

A variabilidade climática ameaça a disponibilidade hídrica em muitas regiões do mundo, afetando de forma significativa as comunidades humanas em suas atividades domésticas, industriais e agrícolas. Além disso, ocasionam o aumento da incidência de enchentes, secas e outros eventos extremos (WAGENER; FRANKS, 2005). As quantidades relativas de precipitação pluvial (volume), seu regime sazonal ou diário (distribuição temporal) e as intensidades de chuvas individuais (volume/duração) são algumas das características que afetam direta ou indiretamente a população, a economia e o meio ambiente (BRITTO et al., 2008).

Vários estudos foram desenvolvidos no Estado do Rio Grande do Sul, referentes a anomalias de precipitação e fenômenos associados, além das consequências das mesmas sobre as comunidades gaúchas e suas atividades econômicas. Lazzari (2005) verificou a perda de cerca de 700 mil hectares plantados com grãos devido à falta de chuvas na safra 2004/2005, sendo que, somente na produção de soja, os prejuízos em relação à safra anterior (2003/2004) foram da ordem de 53% com apenas 655 kg/ha. Esse cenário resultou na

falta da soja nas indústrias, como as de óleo, e estas passaram a importar o produto de Estados vizinhos e de outros países do MERCOSUL para prosseguir com a produção. As exportações do grão da soja *in natura* ou de derivados, como o farelo e o próprio óleo declinaram 78,8% em volume e 82,8% em valor.

Berlato e Cordeiro (2005) expõem, em seu trabalho, um estudo desenvolvido pela EMATER sobre as causas das perdas nas lavouras das principais culturas agrícolas gaúchas no período de 1992 a 1997. Neste é verificado que, para a soja e o milho, em 96,6% e 88,4% dos casos respectivamente, a estiagem foi a responsável pelas perdas na produção. Destaca-se que, no período estudado, não houve grandes estiagens, sendo a mais significativa a dos anos que remetem a safra 1995/1996 originada por evento fraco de La Niña.

Gross (2013), em trabalho sobre o uso da terra e economia dos estabelecimentos agropecuários dos municípios do Rio grande do Sul afetados pelas estiagens, verificou 2183 decretos de situação de emergência por estiagem no período de 2000 a 2012, sendo que destes, 88,6% foram registrados por municípios que têm a soja ou o milho como suas principais culturas agrícolas em

área plantada, indicando grandes prejuízos nas atividades econômicas desenvolvidas no setor da economia agropecuária e, conseqüentemente, as comunidades que delas dependem. Reis et al. (2012) pesquisaram os desastres naturais por inundações graduais, inundações bruscas, vendaval, granizo, deslizamentos, estiagem e vendaval mais granizo, no período de 2007 a 2011 e verificaram 1678 ocorrências, em função dos danos e prejuízos ocasionados.

Diante desse quadro, os estudos relacionados à variabilidade climática, são de fundamental importância para a aquisição de conhecimentos necessários aos tomadores de decisão, e possíveis projetos objetivando a minimização dos danos e prejuízos causados por eventos climáticos extremos. Nesse sentido, destaca-se o emprego de índices climáticos, haja vista a eficiência dos mesmos para monitoramento e avaliação das secas, assim como de períodos de intensas precipitações, uma vez que simplificam as inter-relações complexas entre muitos parâmetros relacionados com o clima (TSAKIRIS et al., 2007).

Os índices facilitam a comunicação de informações sobre anomalias climáticas para diversos públicos de usuários e permitem aos cientistas avaliar quantitativamente anomalias climáticas em termos de sua intensidade, período de duração, extensão espacial e frequência. Isso permite analisar eventos históricos de secas e de altas pluviosidades e suas probabilidades de recorrência (TSAKIRIS et al., 2007).

Fornecendo representações espaciais e temporais, os índices climáticos colocam as condições atuais do clima em perspectiva histórica. Eles são importantes para proporcionar aos tomadores de decisões uma medição da anormalidade climática em uma

determinada área da superfície terrestre. Um desses índices é o Rainfall Anomaly Index (RAI - Índice de Anomalia de Chuva - IAC) desenvolvido por Rooy (1965). O IAC tem como principal característica, o fato de apenas necessitar de dados de precipitação para ser gerado, e visa tornar o desvio da precipitação, em relação à condição normal de diversas regiões, passíveis de comparação.

Araujo et al. (2011) utilizou o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para o estudo da climatologia da sub-bacia do Alto Paraíba. Neste, foi calculado IAC para verificação dos anos secos e chuvosos no período entre 1926 a 2004. Com o emprego desse índice, os autores identificaram uma modificação no padrão da precipitação na região estudada e a diminuição da frequência de anos secos, no entanto, com maior severidade das anomalias negativas de precipitação.

O Índice de Anomalia de Chuva (IAC), de acordo com Gurjão et al. (2012), representou um método eficiente na determinação da intensidade e área afetada por eventos extremos de chuva, na bacia hidrográfica do Rio São Francisco. Marcuzzo et al. (2012) analisaram a variação do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) da precipitação pluvial no Estado do Tocantins, avaliando 30 anos de dados (1977 a 2006) de 43 estações meteorológicas, e destacam que o IAC pode ser utilizado como uma ferramenta para o acompanhamento inter anual da precipitação pluviométrica, visando determinar mudanças no regime de chuvas.

Para Repelli et al. (1998), o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) é uma potencial ferramenta para aplicações de monitoramento, haja vista, a facilidade de acesso aos dados de precipitação mensais em tempo real. O autor salienta que esse índice parece ser apropriado para utilização



ao Norte com o Estado brasileiro de Santa Catarina e a Leste é banhado pelo Oceano Atlântico. A extensão territorial é de 268.781,896 km<sup>2</sup>, dividida em 496 municípios que abrigam 10.693.929 habitantes (IBGE, 2010).

Dentro do território brasileiro, o Rio Grande do Sul forma, juntamente com os Estados de Santa Catarina e Paraná, a Região Sul do Brasil. Esta é a única região do Brasil situada na zona temperada, conferindo à mesma, características climáticas diferenciadas das demais regiões do país. Em nível de América do Sul, o Estado está situado na porção Sudeste, a qual é formada pelo Sul do Brasil, Nordeste da Argentina, Uruguai e Paraguai. Essa região é caracterizada por receber forte influência do EL Niño Oscilação Sul (ENOS), que determina períodos de anomalias de precipitação, com baixa pluviosidade na fase fria do fenômeno, o LA Niña, e maiores volumes de precipitação pluviométrica na fase quente, o EL Niño (BERLATO et al., 2004).

O clima do Rio Grande do Sul é mesotérmico úmido (Cfa e Cfb), pela classificação de Köppen. As temperaturas variam sazonalmente, o que confere ao Estado verões quentes e invernos rigorosos, com a formação de geada e eventuais ocorrências de neve. As médias de temperaturas variam de 15 °C à 18 °C, com mínimas de -10 °C e máximas de 40 °C. A distribuição das precipitações pluviométricas anualmente é relativamente equilibrada, no entanto, com relação aos volumes precipitados, ocorrem diferenças entre o Sul e o Norte do Estado. No Sul, as precipitações oscilam entre 1.299 e 1.500 mm e, ao Norte, entre 1.500 e 1.800 mm, com maior intensidade das chuvas na porção Nordeste, junto à encosta do planalto (RIO GRANDE DO SUL/SCP, 2013).

Sua economia é, em grande parte, voltada ao setor agropecuário e tem indústrias, em muitos casos, vinculadas a este setor. Em anos de condições pluviométricas favoráveis, tem a capacidade de produzir cerca de 20% dos grãos gerados do Brasil (BERLATO et al., 2004). As principais culturas agrícolas são a soja (10.480.026 toneladas), o milho (5.633.912 toneladas), o trigo (2.116.952 toneladas) e o arroz (6.875.077 toneladas). Destaca-se, também, na pecuária de bovinos, principalmente nas regiões da Campanha Gaúcha e Fronteira Oeste, com 14.469.307 cabeças de conforme IBGE (2010).

Segundo Cargnin et al. (2013), o setor agropecuário do Rio Grande do Sul, no ano de 2010, teve uma participação de 8,7% no Valor Adicionado Bruto (VAB). Nesse sentido, os autores destacam, de acordo com o Estudo de Desenvolvimento Regional e Logística do Rio Grande do Sul (RUMOS, 2015), que a participação do setor agropecuário pode chegar a 30% se somadas as atividades agroindustriais. No entanto, o setor agropecuário tem sido fortemente impactado pelas estiagens, o que explica, em grande parte, os maus resultados obtidos em determinadas safras, como as de 2004 e 2005, impactando negativamente no Produto Interno Bruto (CARGNIN et al., 2013).

Em termos de recursos hídricos, o Rio Grande do Sul é um dos Estados brasileiros com maior disponibilidade de águas superficiais. Seu território é drenado por uma densa malha hidrográfica superficial e conta com três grandes bacias hidrográficas, sendo elas a do Uruguai, a do Guaíba e a Litorânea. A primeira, faz parte da bacia do rio do Prata e abrange cerca de 57% da área territorial do Estado. A bacia hidrográfica do Guaíba é a segunda maior abrangendo 30% do território, e a bacia hidrográfica

Litorânea perfaz 13% do total da área do Estado (FEPAM, 2014).

### Procedimentos metodológicos

Foram utilizadas séries históricas de 30 anos de dados de precipitação pluviométrica (1983 a 2012) para a realização do cálculo do Índice de Anomalia de Chuva mensal e anual e a determinação dos períodos de baixa e alta precipitação pluviométrica considerando as médias temporais das precipitações locais. A aquisição dos dados foi realizada junto ao site *HidroWeb* da Agência Nacional das Águas (ANA)<sup>3</sup>; e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)<sup>4</sup> de 44 estações meteorológicas localizadas no Estado Rio Grande do Sul conforme figura 2.

O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) é calculado conforme as equações 5 e 6 desenvolvidas por Rooy (1965).

Para anomalias positivas

$$IAC = 3 \left[ \frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right] \quad (5)$$

Para anomalias negativas

$$IAC = -3 \left[ \frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right] \quad (6)$$

Onde:

$N$  = precipitação (mm) atual do mês ou ano que será calculado o IAC;

$\bar{N}$  = precipitação média mensal ou anual da série histórica (mm);

$\bar{M}$  = média das dez maiores precipitações mensais ou anuais da série histórica;

$\bar{X}$  = média das dez menores precipitações mensais ou anuais da série histórica.

Os valores do índice são ordenados em um esquema de classificação de nove

categorias variando de extremamente úmido a extremamente seco de acordo com Rooy (1965). No entanto, nesse índice, um valor acima ou abaixo de zero significa que o resultado foi comparado com a média histórica, classificando o período como chuvoso ou não chuvoso, ou seja, quanto mais o valor do índice se afastar de zero, maiores ou menores serão os volumes chuva. Dessa maneira, de acordo com a metodologia utilizada por Freitas (2004 e 2005) e Araújo et al. (2007), os valores do Índice de Anomalia de Chuva classificados como normais por Rooy (1965) foram inseridos nas classificações de umidade baixa (quando o valor do IAC é positivo) e seca suave (quando o valor do IAC é negativo). No entanto, as demais classificações determinadas por Rooy (1965) foram mantidas, assim como suas denominações (Quadro 1).

Após a geração do Índice de Anomalia de Chuva, e para a obtenção de um valor representativo das anomalias de precipitação no Estado como um todo foi efetuado o cálculo das médias dos valores do IAC gerados a partir das séries históricas de todas as estações meteorológicas. Com os valores médios do IAC mensais e anuais foram elaborados gráficos, porém, dividiram-se os índices mensais em cinco sextênios para melhor apresentação dos resultados e para verificação de períodos em meses consecutivos de anomalias negativas e positivas de precipitação e suas intensidades de acordo com a classificação apresentada anteriormente.

As incidências de anomalias negativas e positivas de precipitação foram observadas mensalmente, anualmente e por estação do ano. Além disso, efetuou-se a verificação dos períodos secos e úmidos em meses consecutivos de duração. As formas de apresentação dos resultados obtidos com o Índice de Anomalia

3 Site: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>.

4 Site: <<http://www.inmet.gov.br/portal>>.

Quadro 1 - Classificações das intensidades das anomalias negativas e positivas de precipitação de acordo com o Índice de Anomalia de Chuva (IAC)

IAC	CLASSIFICAÇÃO DE INTENSIDADE
$\geq 4,00$	Umidade extremamente alta
3,00 a 3,99	Umidade alta
2,00 a 2,99	Umidade moderada
0,00 a 1,99	Umidade baixa
-1,99 a 0,00	Seca suave
-2,00 a -2,99	Seca moderada
-3,00 a -3,99	Seca alta
$\leq -4,00$	Seca extremamente alta

Fonte: Adaptado de Freitas (2004, 2005); Araújo et al. (2007).

de Chuva (IAC) envolveram a elaboração de gráficos e quadros.

### Resultados e Discussão

Em todo o período de análise, de 1983 a 2012, foram avaliados trinta anos de dados totalizando 360 meses. Destes, 57,78% (208) apresentaram anomalias negativas de precipitação e 42,22% (152) anomalias positivas. O maior valor negativo (-4,78) do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) foi verificado em abril do ano de 2009 e o maior índice positivo (7,63), em outubro de 1997, sendo estes classificados como seca extremamente alta e umidade extremamente alta, respectivamente (Figura 3).

O maior índice positivo, provavelmente está associado à ocorrência de evento forte de El Niño na primavera do ano de 1997. Para o maior valor negativo do IAC, uma provável influência do El Niño Oscilação Sul se deve a um período de La Niña entre 2007 e 2009, de acordo com dados obtidos na National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) – National Weather Service, (2015).

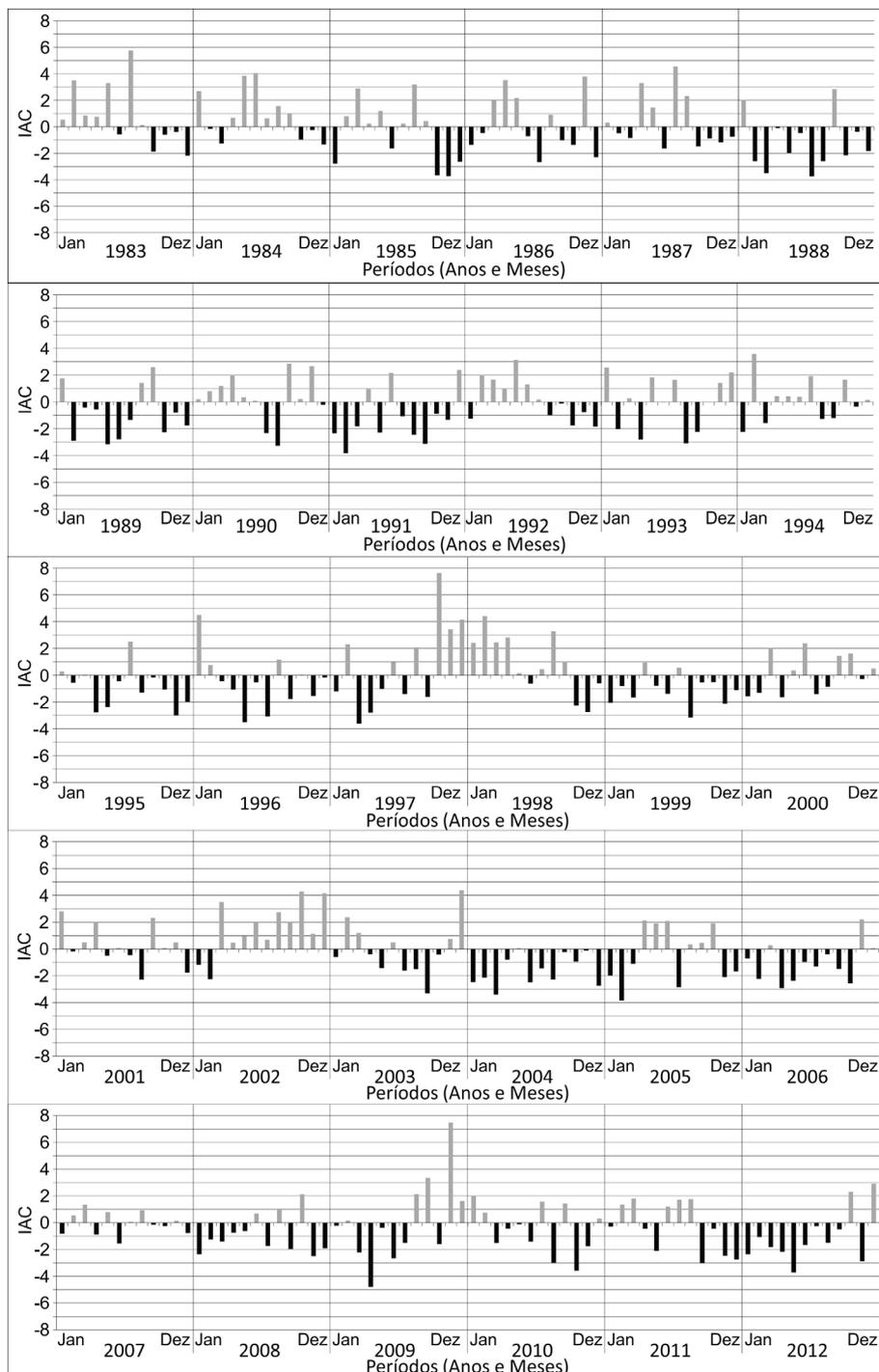
Como ressaltado na metodologia, o período de trinta anos foi dividido em

cinco sextênios para melhor apresentação dos resultados. Dessa maneira, observou-se nos dois primeiros, uma maior alternância entre períodos secos e úmidos, e as menores diferenças entre os números de meses com ocorrência de anomalias negativas e positivas de precipitação.

No primeiro sextênio (1983 a 1988), foram quantificados 39 meses com anomalias negativas e 33 com anomalias positivas de precipitação e, no segundo (1989 a 1994), verificou-se 38 meses com anomalias negativas e 34 com anomalias positivas. Destes primeiros 12 anos, em 5 predominaram os meses com anomalias negativas, em 5 as anomalias positivas e em 2 ocorreu o mesmo número de meses com anomalias negativas e positivas de precipitação (Figura 3).

A partir do terceiro sextênio, observaram-se diferenças maiores entre os números de meses secos e úmidos. Seguindo a ordem do terceiro até o quinto sextênio, foram quantificados 45, 40 e 46 meses secos e 27, 32 e 26 úmidos, respectivamente. Desses 18 anos, em 11 predominaram os meses com anomalias negativas, em 3 as anomalias positivas e em 4 ocorreu o mesmo número

Figura 3 - Índice de Anomalia de Chuva (IAC) mensal do Estado do Rio Grande do Sul, para o período de 1983 a 2012



Fonte: Agência Nacional das Águas (ANA, 2013); Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2013).

Nota: os dados de precipitação para o cálculo do IAC.

de meses com anomalias negativas e positivas de precipitação (Figura 3).

Ressalta-se que, além de ter sido verificado um maior número de meses com anomalias negativas de precipitação, ocorreu um aumento destes, a partir do terceiro sextênio do período analisado. No entanto, esse aumento é mais expressivo a partir do ano de 2003, quando ocorre um ponto de inflexão, após um período de 10 meses consecutivos úmidos, mudando significativamente a climatologia da precipitação pluvial do Estado do Rio Grande do Sul na última década do período de análise, na qual se verificou a predominância das anomalias negativas de precipitação de acordo com o IAC. Esses fatores indicam uma tendência de diminuição das precipitações no Estado do Rio Grande do Sul entre 1983 a 2012, como pode ser verificado na figura 4.

A diminuição das precipitações, observada para a última década do período de análise, provavelmente esta associada em grande parte às ocorrências de La Niña nos períodos de outubro de 2005 a abril de 2006, março de 2007 a abril do ano de 2009 e junho de 2010 até maio de 2012, de acordo com dados obtidos na National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) – National Weather Service, (2015).

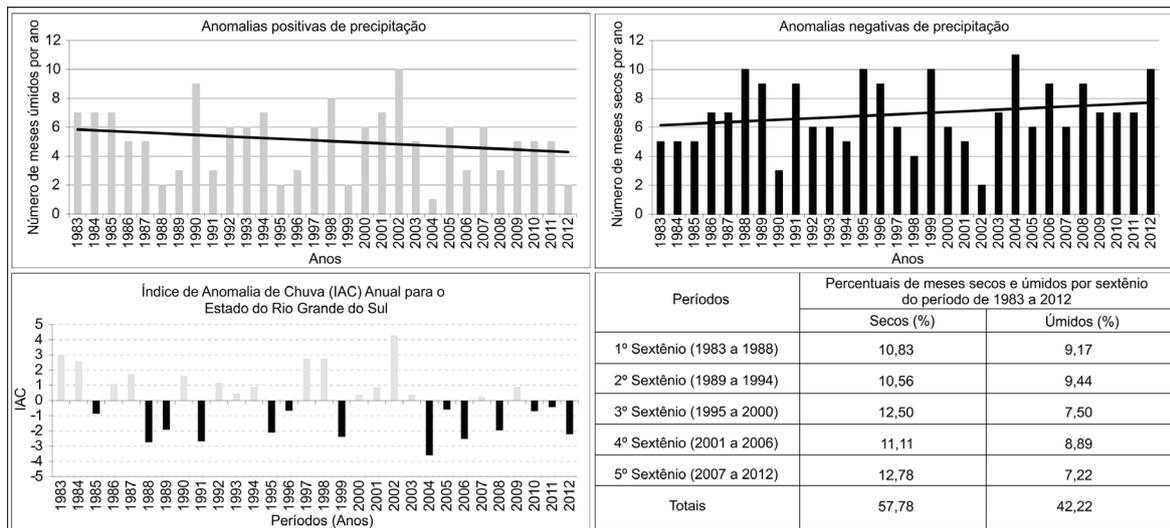
Destaca-se que as ocorrências de estiagem nos anos de 2004 e 2005 deram-se nos meses de verão, sendo que nestes, não houve ocorrência de La Niña. Segundo Mattos et al. (2012), as ocorrências de estiagem nesses anos podem estar relacionadas à propagação de um trem de onda de Roosby que contribuiu para a manutenção de uma anomalia de circulação ciclônica em altos níveis, desfavorecendo a atividade convectiva sobre o Estado do Rio Grande do Sul.

Nos anos de 2003, 2007 e 2009, verificaram-se anomalias positivas de precipitação de acordo com o IAC anual (Figura 4). Essas anomalias, provavelmente, se devem às ocorrências de El Niño em períodos de janeiro a março e de 2003, de julho de 2003 a agosto de 2005, junho de 2006 a fevereiro de 2007 e de maio de 2009 a maio de 2010 segundo dados obtidos na National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA - National Weather Service, 2015).

De maneira geral, os períodos de duração das anomalias negativas de precipitação em meses consecutivos, predominaram sobre os úmidos, porém mais notadamente a partir do ano de 2003, como ressaltado anteriormente. A maioria dos meses com ocorrência de anomalias positivas de precipitação apresentaram-se agrupados em períodos de, no máximo, três meses consecutivos, totalizando 65,13% dos 152 meses úmidos avaliados. Os meses secos, em sua maioria, ocorreram agrupados em períodos de duração, a partir de quatro meses consecutivos, somando 64,42% dos 208 meses avaliados com ocorrência de anomalias negativas de precipitação, sendo que os maiores foram verificados de setembro de 2011 a setembro de 2012 e de maio de 2004 até março de 2005 (Figura 5). O primeiro totalizou treze meses consecutivos e, provavelmente, ocorreu devido à influência de evento de La Niña, a partir do mês junho de 2011 até maio de 2012, e o segundo somou 10 meses consecutivos, provavelmente devido à propagação de um trem de onda de Roosby como ressaltado anteriormente, de acordo com Mattos et al. (2012) e que desfavoreceu a atividade convectiva sobre o Estado.

Os maiores períodos de ocorrência de anomalias positivas de precipitação foram

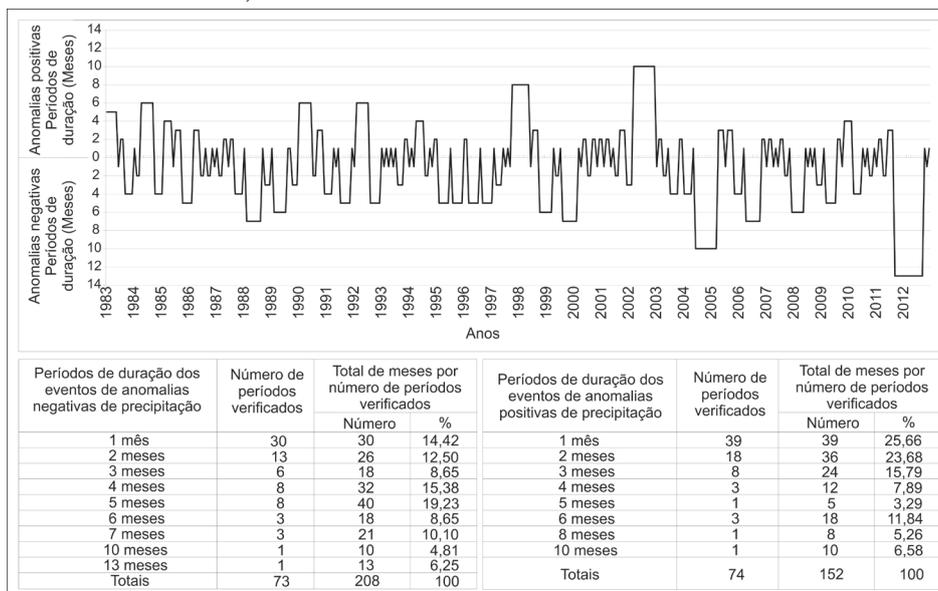
Figura 4 - Número de meses com anomalias negativas e positivas de precipitação por ano, percentuais de meses com ocorrência de anomalias negativas e positivas de precipitação por sextênio e Índice de Anomalia de Chuva anual do Estado do Rio Grande do Sul para o período de 1983 a 2012



Fonte: Agência Nacional das Águas (ANA, 2013); Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2013).

Nota: os dados de precipitação para o cálculo do IAC.

Figura 5 - Períodos de duração, em meses consecutivos, das anomalias negativas e positivas de precipitação, de acordo com o Índice de Anomalia de Chuva do Estado do Rio Grande do Sul, do ano 1983 até 2012



Fonte dos dados de precipitação para o cálculo do IAC: Agência Nacional das Águas; Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

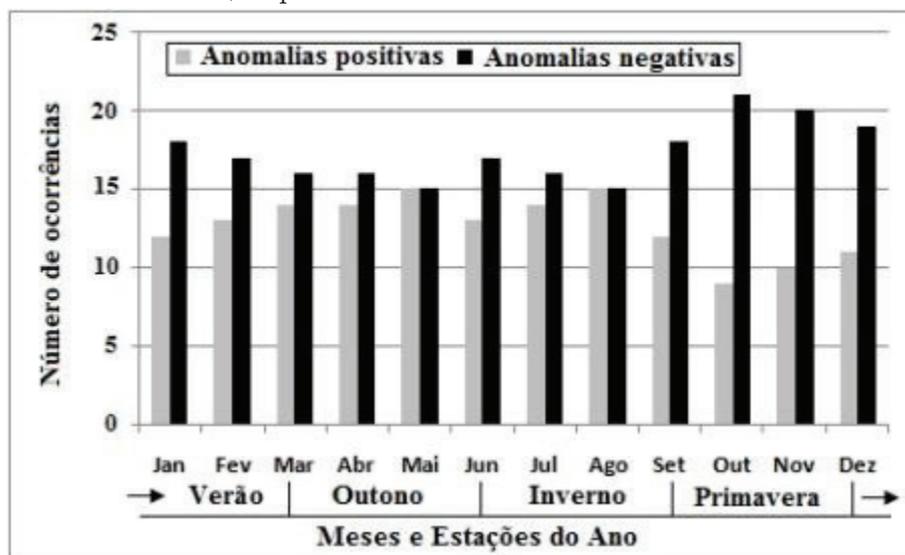
observados de outubro de 1997 a maio de 1998 e de março a dezembro de 2002. Estes somaram oito e dez meses consecutivos, respectivamente, e provavelmente ocorreram devido à influência de eventos de El Niño em 1997-1998 e 2002-2003 (Figura 5). Destaca-se que a superioridade dos períodos de duração das anomalias negativas de precipitação, principalmente a partir do ano de 2003, evidenciam as estiagens ocorridas no Estado do Rio Grande do Sul, principalmente as que remetem os anos de 2004, 2005 e 2012, que ocasionaram danos e prejuízos suficientes para que cerca de 1200 decretos de situação de emergência fossem registrados pelos municípios do Estado, de acordo com dados da Defesa Civil - RS.

O mês do ano com o maior número de ocorrências de Índices de Anomalia de Chuva negativos foi outubro, sendo 21 no total, e os meses de maio e agosto referem-se aqueles com maior número de índices positivos,

somando 15 em todo período analisado (Figura 6). Considerando as estações do ano, verificaram-se maiores discrepâncias entre os números de ocorrências de anomalias negativas e positivas nos meses da primavera (14 de setembro a 18 dezembro) e verão (19 de dezembro a 21 de março), prevalecendo as anomalias negativas. Nos meses de outono (22 de março a 25 de junho) e inverno (26 de junho a 13 de setembro), observou-se maior número de ocorrências de anomalias positivas, no entanto, em nenhum caso superiores às negativas (Figura 6). Esses resultados indicam que a frequência de ocorrências de anomalias negativas de precipitação é maior em todas as estações do ano, no entanto, nas estações da primavera e verão a frequência é notadamente mais significativa.

Dos 208 meses secos verificados no período de análise, a maioria, cerca de 90% teve anomalias negativas de precipitação pluviométrica, classificadas como seca suave

Figura 6 - Ocorrências de anomalias negativas e positivas de precipitação por meses e estações do ano, de acordo com o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) do Estado do Rio Grande do Sul, no período de 1983 a 2012



Fonte: Agência Nacional das Águas (ANA, 2013); Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2013).

ou moderada. As anomalias positivas de precipitação pluviométrica, classificadas como umidade suave e moderada, alcançaram 84,21% dos 152 meses úmidos avaliados. No entanto, foram observadas ocorrências, onde as anomalias negativas, mostraram-se mais elevadas em dois períodos do ano, sendo eles de fevereiro a maio e de julho a novembro para as anomalias negativas classificadas como seca alta e extremamente alta, sendo esta última com ocorrência em apenas um dos meses de abril. Anomalias positivas

classificadas como umidade alta foram observadas nos períodos, de fevereiro a maio, agosto a setembro e em meses de novembro, perfazendo 8,55% do total. Para os eventos de anomalias de precipitação pluviométrica classificados como umidade extremamente alta por Rooy (1965), podem ser destacados dois períodos de ocorrência, sendo eles, de outubro a fevereiro e de junho a julho, totalizando 7,24% dos meses verificados com anomalias positivas de precipitação (Quadro 7).

Quadro 7 - Total de meses com ocorrência de anomalias negativas e positivas de precipitação por classificação de intensidade dos valores do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) do Estado do Rio Grande do Sul para o período de 1983 a 2012

Anomalias	Classificação de intensidade do IAC	Número de meses por classificação das intensidades dos eventos de anomalias negativas e positivas de precipitação de acordo com os valores do IAC														Totais de meses com anomalias positivas e negativas de precipitação	Percentuais sobre o total de meses com anomalias positivas e negativas de precipitação (%)
		Total de meses por classificação do IAC		Número de ocorrências de anomalias negativas e positivas de precipitação por meses do ano de acordo com suas classificações de intensidade													
		%	Número	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
Positivas	Umidade extremamente alta	3,06	11	1	1				1	2			2	1	3	152	7,24
	Umidade alta	3,61	13		2	1	2	3			2	1		2			8,55
	Umidade moderada	10,56	38	6	3	3	4	1	4	1	4	5	2	2	3		25,00
	Umidade baixa	25,00	90	5	7	10	8	11	8	11	9	6	5	5	5		59,21
Negativas	Seca suave	38,05	137	11	9	12	10	8	14	11	7	14	15	12	14	208	65,87
	Seca moderada	13,61	49	7	6	1	5	4	3	3	4	1	4	6	5		23,56
	Seca alta	5,83	21		2	3		3		2	4	3	2	2			10,10
	Seca extremamente alta	0,28	1				1										0,48
Totais		100	360	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	360	

Fonte: Adaptado de Freitas (2004, 2005); Araújo et al. (2007).

Nota: Fonte da classificação do IAC.

## Considerações Finais

No presente trabalho, foram analisados trinta anos de dados de precipitação pluviométrica (1983 a 2012) utilizando o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para verificação dos períodos secos e úmidos no Estado do Rio Grande do Sul. Nesse sentido, ressalta-se que a utilização do IAC, para a avaliação das séries históricas de dados de precipitação, proporcionou observar, no período analisado,

uma grande variação na distribuição temporal das precipitações pluviométricas ocorridas no Estado, com períodos significativos de anomalias negativas e positivas de precipitação, porém com a predominância de maiores períodos de duração das anomalias negativas. Esse fato, unido ao maior número de meses com ocorrência de anomalias negativas observados e o aumento destes a partir do terceiro sextênio do período de análise, além da verificação de uma mudança significativa nos volumes

precipitados anualmente, principalmente a partir do ano de 2003, possibilita a afirmação de que houve uma tendência de diminuição das precipitações no Estado do Rio Grande do Sul, no período histórico estudado, de 1983 a 2012.

Nesse sentido, destaca-se que os meses de primavera e verão foram aqueles nos quais ocorreram as maiores discrepâncias entre os números de ocorrências de anomalias negativas e positivas de precipitação, prevalecendo as anomalias negativas; e os meses de outono e inverno aqueles com maior número de ocorrências de anomalias positivas de precipitação, no entanto, em nenhum caso, superiores ao número de ocorrências de anomalias negativas. Cabe ressaltar que as anomalias negativas de precipitação

classificadas como seca alta, ocorreram em períodos de fevereiro a março, em meses de maio e de julho a novembro, portanto, não coincidindo em todos os casos com as estações da primavera e verão. No entanto, a frequência de ocorrências de anomalias negativas de precipitação foi maior em todos os meses e estações do ano, porém, com crescimento significativo nos meses da primavera e do verão, no período de 1983 a 2012.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) o fomento que viabilizou o desenvolvimento deste trabalho.

### **Referências**

ANA. Agência Nacional das Águas. **HidroWeb**. 2013. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 17 out. 2013.

ARAUJO, L. E. de.; SILVA, D. F. da.; MORAES NETO, J. M. de.; SOUSA, F. de A. S. de. Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Paraíba usando IAC. **Revista de Geografia**, Recife, v. 24, n. 1, p. 47-59, jan/abr. 2007.

ARAUJO, L. E. DE.; AZEVEDO, P. V. DE.; SILVA, M. B. R.; NETO, J. D. Bacia do Alto Paraíba: análise da precipitação da região que receberá as águas da transposição do rio São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 17., 2011, Guarapari. **Anais...** Guarapari: SESC/Centro de Turismo de Guarapari, 2011. [s.p.].

BERLATO, M. A.; CORDEIRO, A. P. A. **Variabilidade climática e agricultura do Rio Grande do Sul**. 2005. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/srm/novo/publicacoes>>. Acesso em: 8 jul. 2012.

BERLATO, A. B.; FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul - Aplicações de previsões climáticas na agricultura**. Porto Alegre: UFRGS, 2004.

BRITTO, P. F.; BARLETTA, R.; MENDONÇA, M. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial no Rio Grande do Sul: Influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 4, v. 3/4, p. 37- 48, 2008.

CARGNIN, A. P.; BERTÊ, A. M. de A.; LEMOS, B. O.; CUNHA, L. F.; OLIVEIRA, S. B. de. Atlas Socioeconômico Rio Grande do Sul: Quinze anos acompanhando as transformações do Estado. 2013. **Geo UERJ** - Ano 15, n. 24, v. 2, 2013.

CHECHI, L.; SANCHES, F. O. O Uso do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na avaliação do Fenômeno do El Niño Oscilação Sul (ENOS) no Alto Uruguai Gaúcho entre 1957-2012. **Revista de Geografia Física**, v. 6, n. 6, 2013. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/view/655/493>>. Acesso em: 9 de fev. 2015.

FEPAM. Fundação Estadual de Proteção Ambiental. **Portal de licenciamento ambiental**. 2013. Disponível em: <<http://www.fepam.rs.gov.br/>>. Acesso em: 25 out. 2013.

FREITAS, M. A. S. A Previsão de secas e a gestão hidroenergética: o caso da bacia do rio Parnaíba no Nordeste do Brasil. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE REPRESAS Y OPERACIÓN DE EMBALSES, 2004, Puerto Iguazu. **Anais...** Puerto Iguazu: CACIER, 2004. p. 1, v. 1.

FREITAS, M. A. S. Um sistema de suporte a decisão para o monitoramento de secas meteorológicas em regiões Semiáridas. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v.19, n.1, p.84-95, 2005.

GROSS, J. A. **Uso da terra e economia nos estabelecimentos agropecuários dos municípios do Rio Grande do Sul afetados pelas estiagens**. 2013. [s.f.]. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia Bacharelado) - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria, 2013.

GURJÃO C. D. de S.; CORREIA, M. de F.; CHAVES FILHO, J. B.; ARAGÃO, M. R. DA S. Influência do Enos (El Niño-Oscilação Sul) no regime hidrológico do rio São Francisco: uma análise em regiões com fortes pressões antrópicas. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 5, n. 4, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Banco de Dados Agregados**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 20 fev. 2012.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Dados de precipitação**. 2013. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 17 jul. 2013.

LAZZARI, M. R. Safra 2004/2005 de grãos de verão do RS: produção e preços em baixa. **Indicadores Econômicos FEE**, Porto Alegre, v. 33, n. 2, p. 47-64, set. 2005.

MARCUZZO, F. F. N.; GOULARTE, E. R. P. Índice de anomalia de chuvas do Estado do Tocantins. **Revista Geo-Ambiente**, Jataí, n. 19, p. 55-71, 2012.

MATTOS, A. F. dos S. de; QUEIROZ, J. N. de; COELHO, C. A. S. Análise das características atmosféricas associadas a episódios de estiagem no Estado do Rio Grande do Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 17., 2012, Gramado. **Anais...** Gramado: CBMET, 2012. [s.p.].

NOAA. National Oceanic and Atmospheric Administration - National Weather Service. **Climate Prediction Center**. 2015. Disponível em: <<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/>>. Acesso em: 5 fev. 2015.

REIS, J. T.; MADRUGA, R. A.; NARVAES, I. S.; JUNIOR, E. R. L.; SAUSEN, T. M. Avaliação dos desastres naturais ocorridos no Rio Grande do Sul de 2007 a 2011. In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE DESASTRES NATURAIS, 2012, Rio Claro. **Anais...** Rio Claro: [S.I.], 2012. [s.p.].

REPELLI, C. A.; FERREIRA, N. S.; ALVES, J. M. B.; NOBRE, C. A. Índice de anomalia de precipitação para o Estado do Ceará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA E CONGRESSO DA FLISMET, 10, 8., 1998, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: FLISMET, 1998. [s.p.].

RIO GRANDE DO SUL. SECRETARIA DA COORDENAÇÃO E PLANEJAMENTO (SCP) **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<http://www.scp.rs.gov.br/atlas/>> Acesso em: 25 set. 2013.

ROOY, M. P. V. A rainfall anomaly index independent of time and space. **Notos** 14, p. 43-48, 1965.

ROZEMBERG, I. M. **O Sistema Internacional de Unidades** - SI. 3. ed. São Paulo: Instituto Mauá de Tecnologia, 2006.

SANCHES, F. O.; VERDUM, R.; FISCH, G. O Índice de Anomalia de Chuva (IAC) na avaliação das precipitações anuais em Alegrete/RS (1928-2009). **Revista Caminhos de Geografia** (Online) v. 15, n. 51, Uberlândia, 2014. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/26423>>. Acesso em: 8 fev. 2015.

TSAKIRIS G.; LOUKAS A.; PANGALOU D.; VANGELIS H.; TIGKAS D.; ROSSI G.; CANCELLIERE A. Drought characterization. School of Rural and Surveying Engineering, National Technical University of Greece. In: IGLESIAS, A.; MONEO, M.; LÓPEZ-FRANCOS, A. **Drought management guidelines technical annex**. 2007. Disponível em: <<http://om.ciheam.org>>. Acesso em: 12 maio 2012.

WAGENER, T.; FRANKS, S. Regional hydrological impacts of climate change - impact assessment and decisionmaking. In: WAGENER, T.; FRANKS, S.; GUPTA, H. V.; BGH, E.; BASTIDAS, L.; NOBRE, C.; GALVÃO, C. O. (Ed.). **Regional hydrological impacts of climate change** - impact assessment and decision-making. Wallingford: IAHS, 2005. p.1-8.