

## O ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA (IAC) NA AVALIAÇÃO DAS PRECIPITAÇÕES ANUAIS EM ALEGRETE/RS (1928-2009)

**Fabio de Oliveira Sanches**

Prof. Adjunto da Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS) *campus* Erechim-RS  
[fsanches.73@gmail.com](mailto:fsanches.73@gmail.com)

**Roberto Verдум**

Prof. Titular da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)  
[verдум@ufrgs.br](mailto:verдум@ufrgs.br)

**Gilberto Fisch**

Pesquisador Titular do Instituto de Aeronáutica e Espaço – IAE/CTA  
[fisch.gilberto@gmail.com](mailto:fisch.gilberto@gmail.com)

### RESUMO

Este trabalho busca ampliar os estudos entre as variações pluviométricas e a arenização, enquanto processo recorrente nos campos do Pampa, no sudoeste do Rio Grande do Sul. O objetivo foi analisar a variabilidade das precipitações anuais, no período de 1928 a 2009, nos postos pluviométricos no município de Alegrete (RS) e no seu entorno, utilizando como ferramenta o Índice de Anomalia de Chuva (IAC). Os índices obtidos (tanto positivos como negativos) foram comparados com os anos sob ação do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) e a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP). Comparando-se os anos sob influência do fenômeno ENOS com os valores do IAC verificou-se que houve maior correspondência com os anos sob efeito do El Niño (1932, 1940, 1959, 1966, 1973, 1982, 1986, 1997 e 1998) do que sob o efeito La Niña (1964 e 1989). Ao se compararem os IAC da série com os ciclos positivos e negativos da ODP verificou-se uma forte correspondência entre as fases quentes e frias, inclusive seus eventos extremos. Por fim, o IAC demonstrou ser uma importante ferramenta na análise das precipitações anuais em Alegrete para a identificação dos anos úmidos, dos anos secos e dos anos normais.

**Palavras-Chave:** Arenização. Sudoeste do Rio Grande do Sul. ENOS. ODP.

### THE RAINFALL ANOMALY INDEX (RAI) IN THE EVALUATION OF ANNUAL PRECIPITATION IN THE ALEGRETE/RS (1928-2009)

### ABSTRACT

This work aims to expand the studies between rainfall variations and the sandization while recurring process in the fields of Pampa, in the southwest of Rio Grande do Sul. The aim was to analyze the variability of annual precipitation in the period 1928-2009, the rainfall stations in the municipality of Alegrete (RS) using the index as a tool Anomaly Rain (IAC). The indices (positive and negative values) were compared with events of El Niño Southern Oscillation (ENSO) and Pacific Decadal Oscillation (PDO). Comparing the years under the influence of ENSO to the values of RAI, it was possible to observe a higher correlation to the years under the influence of El Niño (1932, 1940, 1959, 1966, 1973, 1982, 1986, 1997 and 1998) than La Niña (1964 and 1989). Comparing the RAI series to the positive and negative cycles of the PDO, one can see that there was a strong correlation between the hot and cold periods, including their extreme events. Finally, the RAI showed to be an important tool in the analysis of annual rainfall in Alegrete (1928-2009) to be used in the identification of wet years, dry years and normal years.

**Keywords:** Sandization. Southwest of Rio Grande do Sul. ENSO. PDO.

---

Recebido em 30/04/2014  
Aprovado para publicação em 01/07/2014

## INTRODUÇÃO

No sudoeste do estado do Rio Grande do Sul existem áreas de vegetação campestre típica do bioma Pampa, as quais demonstram fragilidade em relação às características do meio. A falta de cobertura vegetal constitui-se por áreas de solos arenosos e descobertos, sendo eles conhecidos, localmente, por **areais** (SUERTEGARAY, 1987; SUERTEGARAY *et al.*, 2001; 2012).

Definida por Suertegaray (1987) como processo de **arenização**, sua origem estaria no retrabalhamento de depósitos areníticos pouco ou nada consolidados, os quais promovem nessas áreas, uma dificuldade de fixação da vegetação devido à mobilidade dos sedimentos pela ação das águas e dos ventos.

Corroborando com essas ideias, Verdum (1997; 2004a; 2004b; 2012) também desmitificou os areais gaúchos como consequência de processos de desertificação/desertização, ao verificar que as chuvas irregulares e por vezes torrenciais são, na verdade, as responsáveis pela dinâmica das ravinas e voçorocas.

Assim, associando os estudos desenvolvidos por Suertegaray (1987), Suertegaray *et al.*, (2001; 2012) e Verdum (1997; 2004b; 2012) é possível considerar que a dinâmica da água nos solos e nas formações superficiais arenosas é a responsável pelos processos superficiais concentrados, os quais originam sulcos, ravinas e voçorocas, seja pela participação das intensas precipitações, seja pela participação da água junto a superfície e sub-superfície.

Entretanto, frente ao atual debate sobre mudanças ambientais globais, dentre elas as mudanças climáticas, teriam às precipitações no sudoeste gaúcho sofrido modificações no seu comportamento no século XX? Estaria o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) ou a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) influenciando no comportamento das precipitações regionais e, conseqüentemente, interferindo nos processos dinâmicos dos areais gaúchos?

Considerando que a dinâmica da arenização está relacionada em parte ao comportamento das precipitações (sobretudo as intensas) e, em parte à dinâmica eólica, o reconhecimento dos anos chuvosos e dos anos secos permite que se verifique a participação dessas variáveis ao longo dos anos.

Nos anos mais úmidos, os longos períodos de chuvas, muitas vezes associados aos eventos intensos (eventos extremos) promovem maior disponibilidade de energia cinética para remoção dos materiais superficiais, intensificando a dinâmica dos sulcos, ravinas e voçorocas, como já apontados por Suertegaray (1987), Verdum (1997) e Suertegaray *et al.* (2001). Já nos anos mais secos, as potenciais diferenças da pressão atmosférica decorrentes do aquecimento/resfriamento diário, são responsáveis pela participação dos ventos na remoção e no transporte dos materiais superficiais não consolidados.

Sob a perspectiva climática, o trabalho de Mendonça (2006) demonstrou que as tendências pluviométricas para a região Sul do Brasil entre os anos de 1961 e 2004 indicaram um incremento da pluviosidade. No entanto, as alterações no regime e no total das chuvas não foram muito expressivas uma vez que se manifestam principalmente na concentração das precipitações em eventos cada vez mais extremos.

Já o trabalho de Marengo (2007) procurou detectar as tendências observadas no clima do século XX e sua variabilidade compilando resultados de estudos da variabilidade climática em longo prazo para a América do Sul. O autor observou que no sul do Brasil e no norte da Argentina os dados apresentaram forte tendência ao aumento das chuvas e vazões dos cursos de água associados à participação do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) desde meados do século XX.

Streck *et al.* (2009) destaca que a variabilidade interanual das precipitações no Rio Grande do Sul sempre esteve associada à participação das fases positiva e negativa do fenômeno ENOS. Entretanto, os recorrentes verões entre 2002-2003 e 2008-2009 trouxeram significativas perdas para a agricultura gaúcha em virtude dos baixos volumes pluviométricos, os quais não puderam ser explicados pela participação do fenômeno ENOS.

Os trabalhos de Grimm *et al.* (1998; 2000) já apontavam para essa questão uma vez que verificaram que as características dos eventos El Niño (EN) e La Niña (LN) podiam variar em

escalas interdecadais, além da própria variação interanual da temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico. Segundo os trabalhos, existem modos de variabilidade interdecadais que reproduzem características de eventos El Niño/La Niña. Sendo assim, a superposição de padrões semelhantes pode produzir significativa variabilidade inter-eventos, dependendo do modo interdecadal envolvido.

Silva *et al.* (2012) acreditam que o ENOS e a ODP podem ter efeitos combinados na distribuição anômala de precipitações em algumas regiões agindo de maneira “construtiva”, com anomalias fortes e bem definidas quando ambas estão na mesma fase, e de maneira “destrutiva”, com anomalias fracas e mal definidas quando em fase opostas. Referências ao comportamento e a influência da ODP podem ser encontradas nos trabalhos de Mantua *et al.* (2002), Molion (2005), Streck *et al.* (2009; 2011), Pampuch e Ferraz (2012), Silva *et al.* (2012) entre outros.

Dessa forma, para contribuir nos estudos referentes às precipitações no sudoeste do estado do Rio Grande do Sul e sua participação na dinâmica dos areais gaúchos, o presente trabalho tem por objetivo analisar a variabilidade interanual das chuvas nos postos pluviométricos de Alegrete (RS) e no seu entorno, no período de 1928 a 2009, utilizando-se como ferramenta o Índice de Anomalia de Chuva (IAC).

#### **O USO DO IAC COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE**

Nos últimos anos os estudos sobre as precipitações nas escalas regional e local tem sido responsáveis por uma significativa ampliação dos trabalhos científicos na área da meteorologia e climatologia, sobretudo, aqueles que buscam identificar a influência de anomalias como a do fenômeno ENOS e a da ODP (GRIMM *et al.* 1998, 2000; MOLION, 2005; MARENGO, 2007; STRECK *et al.* 2009; 2011; PAMPUCH e FERRAZ, 2012, SILVA *et al.* 2012, CHECHI e SANCHES, 2013 entre outros).

A utilização do IAC tem se revelado uma importante ferramenta de análise das precipitações considerando-se sua simplicidade procedimental, graças aos recursos computacionais (planilha eletrônica) e a determinação qualitativa de anomalias extremas.

No trabalho de Azevedo e Silva (1994) os autores procuraram comparar vários índices que fossem capazes de expressar, com relativa facilidade, o grau de severidade de secas e o conteúdo de umidade do solo para o agreste paraibano na região da Borborema. Um dos índices utilizados pelos autores foi o IAC o qual se mostrou facilmente aplicável, visto utilizar-se de apenas uma variável para análise.

Já nos trabalhos de Araújo *et al.* (2007), Araújo *et al.* (2009a; 2009b) o IAC foi aplicado como ferramenta para se analisar a climatologia no espaço geográfico da bacia do rio Paraíba e a influência na variabilidade espaço-temporal das chuvas na região. Ao analisarem os dados pluviométricos das primeiras décadas do século XX até os primeiros anos do século XXI, os resultados demonstraram uma inflexão no comportamento das precipitações na década de 1960. Após esse período houve uma diminuição da frequência dos anos secos, no entanto, com um significativo aumento de sua severidade. Os trabalhos, também, demonstraram que o IAC pode ser usado como ferramenta para o acompanhamento climático de uma determinada localidade (ou região), monitorando, gerando prognósticos e diagnósticos climáticos.

Silva *et al.* (2009) aplicaram o IAC buscando identificar o comportamento das precipitações na bacia do rio Mundaú (entre os Estados de Pernambuco e Alagoas) utilizando dados de precipitação de 1955 a 1991 obtidos da Agência Nacional de Águas. Os resultados demonstraram que o ano de 1974 fora considerado como “ponto de inflexão” no que diz respeito às precipitações na bacia. Antes de 1974 houve o predomínio de anos chuvosos em detrimento de anos secos. Após 1974 os anos secos se tornaram mais frequentes do que os úmidos.

O trabalho de Ewald (2010) procurou analisar o regime pluviométrico do município de Marechal Cândido Rondon (PR) no período de 1965 a 2008 utilizando técnicas e métodos estatísticos, buscando correlacionar os eventos ENOS aos índices de severidade obtidos por meio do IAC. Suas análises apontaram fortes relações entre a ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña com os anos mais úmidos e mais secos, respectivamente, e ainda que o IAC se mostrasse perfeitamente adequado as suas análises.

No trabalho de Marcuzzo *et al.* (2011) o IAC foi utilizado como um dos recursos para se analisar a variação espaço-temporal e sazonal das precipitações pluviais no estado do Mato Grosso, com dados pluviométricos entre os anos de 1977 e 2006 demonstrando que ocorreram mais eventos negativos (anos secos) do que positivos (anos úmidos) no período.

Procurando utilizar o IAC como indicador climático da variabilidade pluviométrica na microrregião de Gurupi (TO), Silva Junior *et al.*, (2011) desenvolveram suas análises utilizando dados entre 1974 e 2006 de cinco estações pluviométricas pertencentes a ANA. Os resultados apontaram para a existência de grande variabilidade pluviométrica regional, registrando eventos considerados como muito secos durante anos consecutivos entre 1988 a 2003, sobretudo no município de Cariri do Tocantins. Em Brejinho de Nazaré, os anos de 1976, 1984, 1990, 1991, 1998 e 2003 foram considerados pelo IAC como *Extremamente Seco*. No entanto, 1980, 1984, 1985, 1989 e 2000 foram considerados anos *Extremamente Úmidos* após a aplicação do IAC.

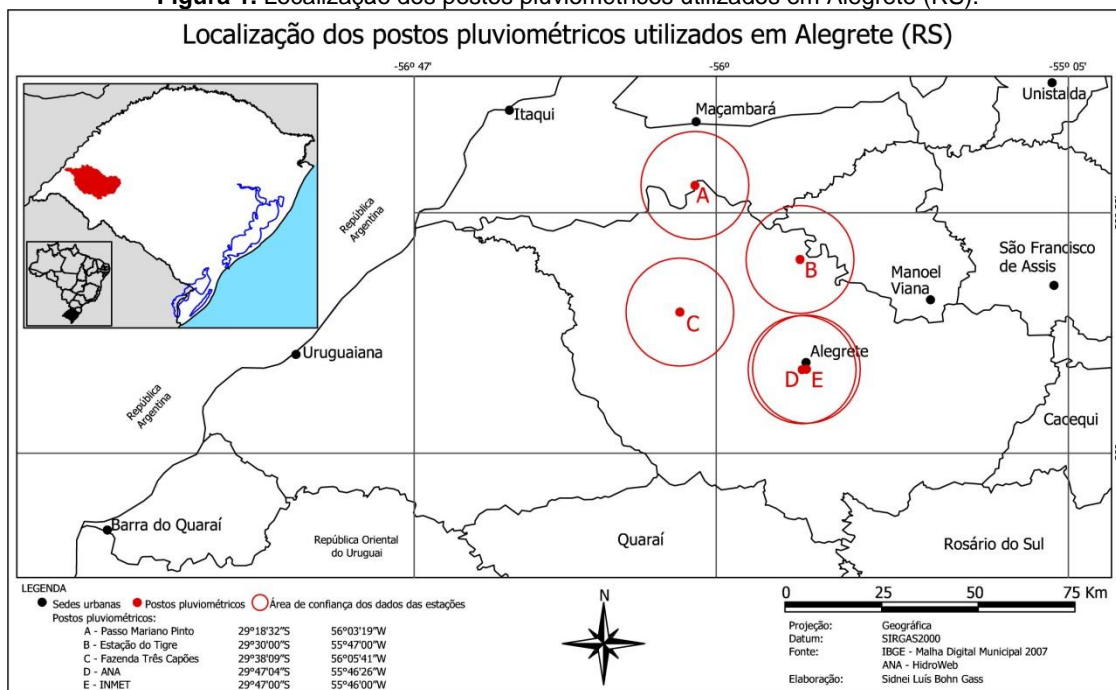
Silva *et al.* (2012) procuraram verificar a influência do fenômeno ENOS e da ODP na variabilidade das precipitações na Região metropolitana de Fortaleza e na região do Cariri (interior do Ceará) utilizando o IAC como ferramenta de análise. Os autores observaram que a associação das fases quentes e frias do ENOS e da ODP promoveram, respectivamente, diminuição e aumento nas chuvas para a região de Fortaleza, demonstrando uma forte correspondência entre os eventos, diferentemente do observado para a região do Cariri cearense.

Por fim, Chechi e Sanches (2013) estudaram o comportamento do fenômeno ENOS no Alto Uruguai gaúcho, no período de 1957-2012, utilizando o IAC como ferramenta de análise. Os resultados encontrados demonstraram que, para a região de estudo, a componente positiva (El Niño) atuou com maior frequência do que a componente negativa (La Niña).

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados dados pluviométricos diários obtidos da rede de postos da Agência Nacional de Águas (ANA), através da plataforma hidroweb (<http://hidroweb.ana.gov.br>), sendo selecionados para este trabalho as informações dos postos de Alegrete (INMET), Alegrete (ANA), Passo Mariano Pinto, Fazenda Três Capões e Estação do Tigre (Figura 1, tabela 1). Os dados foram organizados e tabulados a fim de se obter os totais mensais para cada posto analisado.

Figura 1. Localização dos postos pluviométricos utilizados em Alegrete (RS).



Fonte: Sanches, (2013).

**Tabela 1.** Sequência de dados dos postos pluviométricos no município de Alegrete (RS).

ALEGRETE	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	
Alegrete (INMET)	C	C	I	C	C	I	C	C	C	C	C	C	C	C		C	C	C	C	I					I	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	I
Alegrete (ANA)																																						
Fazenda Três Capões																									I	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	I	
Passo Mariano Pinto																																						
Estação do Tigre																	I	C	I	I	C	C	C	C	I	C	C											

Continuação...

	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009		
	C	C	C	C	I	I					C	I	C	I	C	C	C	C	C	C	C	I		I	I																						
																							I	C	C	C	C	C	C	C	C	C	I	I	C	I	I	I	C	C	C	I	I	C	C	I	

**C** Ano completo    **I** Ano incompleto     Sem dados

Fonte: Sanches (2013).

Dada a existência de falhas em diversos meses no conjunto dos postos utilizados para a análise, procurou-se preenchê-las por meio de técnicas de regressão linear simples e testar sua consistência por meio do Teste de Dupla Massa (TUCCI, 2009), com o intuito de se obter uma série contínua de dados mensais para análise.

Por possuírem conjuntos significativos de dados e por distarem cerca de 800 metros, os postos Alegrete (INMET) e Alegrete (ANA) foram escolhidos como os postos principais: Alegrete (INMET) no período de 1928 a 1985 e Alegrete (ANA) no período de 1986 a 2009.

Os dados mensais de precipitação foram agrupados em totais anuais para a obtenção dos IAC da série.

O IAC procura analisar a frequência que ocorrem os anos secos e chuvosos e a intensidade dos mesmos avaliando seu grau de severidade e duração, através das seguintes formulações:

$$IAC = 3 \left[ \frac{(N - \bar{N})}{(\bar{M} - \bar{N})} \right] \quad (1) \text{ para anomalias positivas, e}$$

$$IAC = -3 \left[ \frac{(N - \bar{N})}{(\bar{X} - \bar{N})} \right] \quad (2) \text{ para anomalias negativas.}$$

Nas equações propostas, **N** compreende a precipitação total (mm) do ano que será gerado o IAC;  $\bar{N}$ , corresponde à média (anual) da série histórica (mm);  $\bar{M}$  representa a média das dez maiores precipitações anuais da série histórica (mm) e,  $\bar{X}$  compreende a média das dez menores precipitações anuais da série histórica (mm). As anomalias positivas são representadas por valores acima da média e as negativas, abaixo da média e seus graus de intensidade podem ser avaliados conforme a Tabela 2.

**Tabela 2.** Classes de Intensidade do Índice de Anomalia de Chuva

Índice de Anomalia de Chuva (IAC)	Faixa do IAC	Classe de intensidade
		De 4 acima
	2 a 4	Muito úmido
	0 a 2	Úmido
	0 a -2	Seco
	-2 a -4	Muito seco
	De -4 abaixo	Extremamente seco

Fonte: Adaptado de Araújo *et al.*, (2007).

Após a aplicação do IAC na série Alegrete (1928-2009), os resultados foram comparados com as informações sobre a ocorrência e a intensidade do fenômeno ENOS extraídas da página do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) ([www.enos.cptec.inpe.br](http://www.enos.cptec.inpe.br)).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O preenchimento das falhas na série de dados Alegrete (INMET e ANA) se iniciou verificando os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e de correlação ( $r$ ) entre dados mensais de precipitação comuns aos postos utilizados. Nesse método foram aplicados testes de correlação entre os dados mensais dos postos analisados (Tabela 3) e a partir das equações de regressão encontradas em cada teste, as falhas mensais na série principal foram preenchidas.

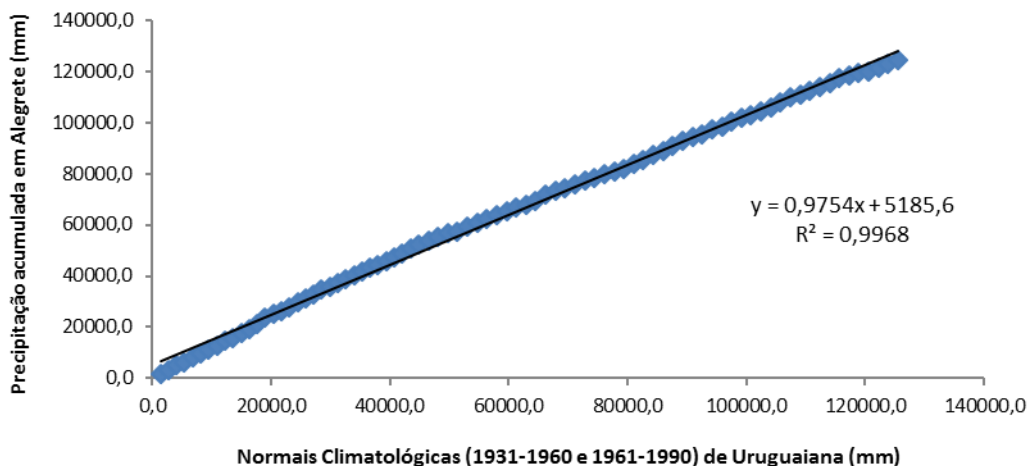
**Tabela 3.** Relação dos postos correlacionados para preenchimento de falhas por Regressão Linear

Postos correlacionados	Período	Preenchimento	Equação de regressão, $R^2$ .
Alegrete (INMET) e Faz. 3 Capões	1953, 1954, 1955, 1956, 1957, 1958, 1959 e 1960.	1951	$y = 0,9645x - 3,2238$ $R^2 = 0,9924$
Alegrete (INMET) e Estação do Tigre	1944 e 1953.	1947, 1948, 1949, 1950 e 1951.	$y = 1,0209x + 22,643$ $R^2 = 0,9795$
Alegrete (INMET) e Passo Mariano Pinto	1975, 1977, 1978, 1979, 1980, 1981, 1983, 1984 e 1985.	1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1976, 1978, 1986, 1987, 1988, 1989, 1990 e 1991.	$y = 0,7578x + 6,4904$ $R^2 = 0,9884$
Alegrete (ANA) e Passo Mariano Pinto	1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1994, 1995, 1998, 1999, 2002, 2003, 2004, 2007 e 2008	1992 e 1993.	$y = 0,8601x + 3,8605$ $R^2 = 0,9799$

Fonte: Sanches (2013).

A Figura 2 apresenta a Curva de Dupla Massa gerada para a verificação da consistência entre os dados da série Alegrete (1928-2009) e as Normais Climatológicas (1931-1960 e 1961-1990) de Uruguaiiana (RS). Observa-se um elevado grau de homogeneidade (99,6%) entre a série histórica obtida para Alegrete com valores preenchidos pelo Método de Regressão Linear, quando analisados com as Normais Climatológicas (1931-1960 e 1961-1990) de Uruguaiiana (RS). O alinhamento dos pontos segundo uma linha reta indica a boa consistência do conjunto de dados, descartando a possibilidade de erros sistemáticos, alteração nas condições de observação e possíveis mudanças nas condições climáticas regionais.

**Figura 2.** Curva de Dupla Massa para análise de consistência entre os dados de Alegrete (RS) e as Normais Climatológicas (1931-1960 e 1961-1990) de Uruguaiiana (RS).

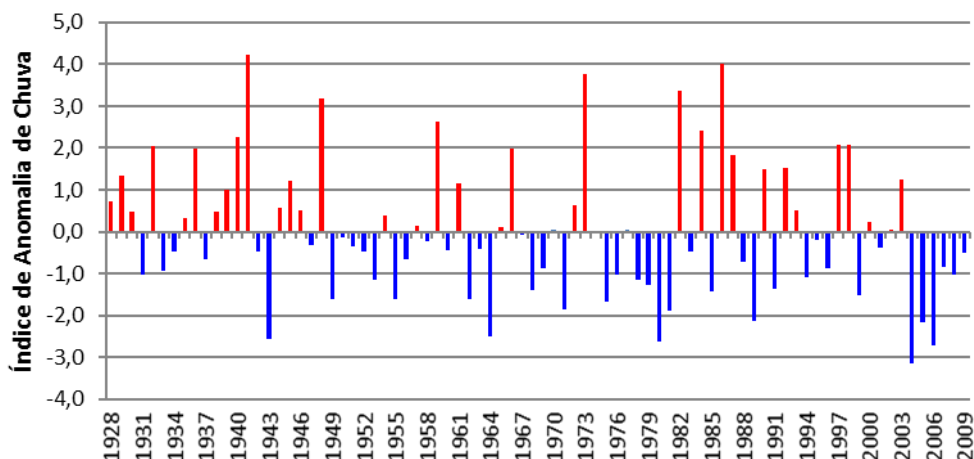


Fonte: Sanches (2013).

Assim, após a preparação dos dados dos postos pluviométricos do município de Alegrete (seleção dos postos, análise de correlação de dados, aplicação de método para o preenchimento de falhas e análise de consistência de dados), obteve-se um conjunto de dados mensais de precipitação para a série Alegrete (1928-2009) a ser analisado.

A etapa seguinte consistiu na aplicação dos dados obtidos pela equação ou formulação do IAC obtendo-se os seguintes resultados (Figura 3).

**Figura 3.** Índice de Anomalia de Chuva (IAC) para a série Alegrete (1928-2009).



Fonte: Sanches (2013)

Observa-se na Figura 3 que após a aplicação do IAC apenas o ano de 1941 foi considerado como "extremamente úmido" (acima de 4,0), coincidente com o efeito do El Niño forte.

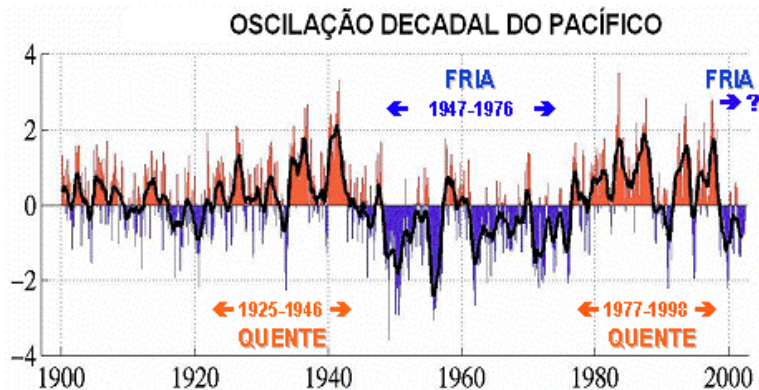
Outros anos classificados como “muito úmido” ( $4,0 > IAC > 2,0$ ) são os anos de 1932 (El Niño fraco), 1940 (El Niño forte), 1948 (ano normal), 1959 (El Niño forte), 1966 (El Niño moderado), 1973 (El Niño forte), 1982 (El Niño forte), 1984 (La Niña fraco), 1986 (El Niño moderado), 1997 (El Niño forte) e 1998 (El Niño forte). Com exceção ao ano de 1948, o qual foi considerado pelo CPTEC/INPE (2012) como “ano normal” e o ano de 1984, considerado como sob um La Niña fraco, todos os anos considerados pelo IAC como “muito úmidos” tiveram uma boa correspondência com a componente positiva do fenômeno ENOS.

Já sob a perspectiva dos considerados “anos secos”, nenhum dos anos da série analisada mostrou-se como “extremamente seco”. No entanto, os anos de 1943 (ano normal), 1964 (La Niña moderado), 1980 (ano normal), 1989 (La Niña forte), 2004 (ano normal), 2005 (ano normal) e 2006 (ano normal) foram classificados pelo IAC como “muito seco” ( $-4,0 < IAC < -2,0$ ).

Nos anos de 2004, 2005 e 2006, o comportamento das precipitações não deveria ser de escassez, visto estarem sob a neutralidade do fenômeno ENOS. O mesmo comportamento foi encontrado no trabalho de Streck *et al.* (2009) que sugere a participação de outro fenômeno: a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP). Tal associação pode ser feita ao se comparar as informações da Figura 3 com as informações observadas na Figura 4, sendo possível encontrar uma forte correspondência dos períodos das fases quente e fria da ODP.

Para Mantua *et al.* (2002) e Molion (2005; 2008) os eventos ODP apresentam duas fases distintas. A fase fria caracterizada pelas anomalias negativas de temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico Tropical e, simultaneamente, anomalias de TSM positivas no Pacífico Extratropical em ambos os hemisférios. Os autores acreditam ainda que sua última fase fria tenha ocorrido no período de 1947-1976 como mostra a Figura 4. Já sua fase quente apresenta uma configuração contrária, com anomalias de TSM positivas no Pacífico Tropical e negativas no Pacífico Extratropical representada pela fase quente posterior que se estendeu de 1977 a 1998.

**Figura 4.** Série temporal do Índice da Oscilação Decadal do Pacífico.



Fonte: Molion (2005).

Comparando as Figuras 3 e 4 é possível observar no primeiro intervalo referente à fase quente (1925-1946) ocorrem picos de eventos negativos (frios). Esses picos negativos podem ser observados nos anos de 1931, 1933, 1934, 1937, 1942 e 1943 na série de dados de Alegrete (Figura 3).

Já na considerada fase fria da ODP (1947-1976) os picos de calor, também, são observados nos anos de 1959, 1961, 1966 e 1973 na série (Figura 3).

Por sua vez, na sua última fase quente (1977-1998) os picos frios, também, são observados nos anos de 1983, 1985, 1988, 1989, 1991, 1994, 1996 e 1999 na série Alegrete.

Ao analisarem o comportamento da temperatura do ar em Santa Maria (RS) durante o século XX, Streck *et al.* (2011) verificaram que houve associação entre a variabilidade interdecadal das temperaturas mínimas e máximas diárias do ar com os ciclos quentes e frios da ODP. Quando comparados aos dados de precipitação encontrados em Streck *et al.* (2009), verificaram que durante a fase fria da ODP (1947-1977) os eventos La Niña em Santa Maria (RS) foram mais intensos e frequentes devido os eventos ODP e ENOS estarem na fase fria,



onde a diminuição das chuvas contribuiu para a redução do vapor d'água na atmosfera, resultando na redução das temperaturas mínimas durante as noites.

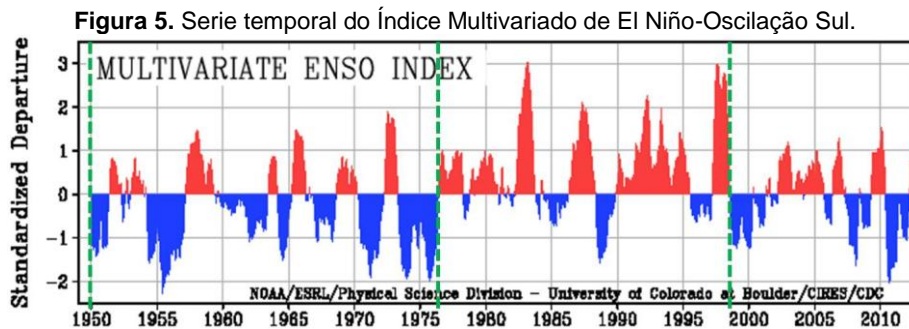
Por outro lado, quando a ODP estava na fase quente (1977-1998), os eventos El Niño foram mais intensos e frequentes, contribuindo, no Rio Grande do Sul, para ocorrência de chuvas acima da normal no período e, conseqüentemente maior teor de vapor d'água na atmosfera, causando menor abaixamento da temperatura noturna.

Sob outro ponto de vista, o trabalho de Pampuch e Ferraz (2012) procurou analisar a relação do modo de variabilidade denominado "Modo Sul" com a ocorrência de eventos extremos (secos e chuvosos) no Rio Grande do Sul entre os anos de 1982 e 2006. Na análise decadal as autoras verificaram um aumento na quantidade desses eventos no decorrer do período analisado, sobretudo na década de 2000, levando-as a acreditar que estivessem associados mais a participação do "Modo Sul" do que a ODP.

Enfim, no último período do gráfico da ODP (Figura 4) surge uma questão a partir do ano de 1999. Estaríamos entrando numa nova fase fria do fenômeno? Para Molion (2005) e Streck *et al.* (2009; 2011) o período ainda é muito curto para se caracterizar uma nova ODP. Entretanto, há uma forte expectativa de que uma nova fase fria da ODP esteja se configurando para os próximos anos, sobretudo em função das Temperaturas da Superfície do Mar (TSM) observadas no Oceano Pacífico nos últimos anos.

A Figura 5 reproduz a variação do Índice Multivariado de ENOS (IME) com o tempo do ano de 1950 até o presente. No caso, os números positivos representam a participação do fenômeno El Niño, enquanto que os números negativos correspondem à participação do fenômeno La Niña.

Novamente, observa-se que a partir do final dos anos da década de 1990 a atividade do fenômeno La Niña tem se mostrado mais significativa que a do fenômeno El Niño, indicando uma possível tendência de predomínio daquele fenômeno para os próximos anos.



Fonte: Adaptada de Wolter e Timlin (1998).

Em seu trabalho, Molion (2005) sugere que essa fase (predomínio do La Niña) possa permanecer até aproximadamente o ano de 2025, com conseqüente aumento da frequência de eventos La Niña e possível redução dos eventos El Niño.

Os trabalhos de Streck *et al.* (2009 e 2011) também apontam para a ocorrência de uma possível fase negativa da ODP nas próximas duas décadas, uma vez que nos primeiros 10 anos (1999-2009) confirmou-se a tendência de redução média de -0,45 °C no primeiro semestre do ano por década nas temperaturas mínimas e, de aumento nas temperaturas máximas absolutas de 1,85 °C por década no segundo semestre.

Os resultados da Figura 3 parecem corresponder às proposições feitas por Molion (2005) e por Streck *et al.* (2009 e 2011), pois os anos de 1999, 2001, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008 e 2009 da série Alegrete apontaram para a ocorrência da fase negativa da ODP, com um pico positivo no ano de 2003.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do IAC ao conjunto de dados de Alegrete (1928-2009) permitiu observar que os valores positivos apresentam uma forte correspondência com os anos sob ação da fase

positiva do fenômeno ENOS. No entanto, ao se comparar os resultados negativos obtidos pelo IAC com a participação dos eventos La Niña, não se verificou a mesma correspondência, pois o IAC classificou como “muito seco” anos que foram considerados “anos normais” pelo CPTEC/INPE.

Por sua vez, quando o conjunto de valores obtidos pelo IAC foi comparado com as fases quentes e a fase fria da ODP no século XX encontrou-se uma forte correspondência entre os eventos, inclusive considerando a ocorrência de seus eventos externos tanto positivos como negativos. Nesse caso, observa-se que, ao menos em relação aos dados de Alegrete (1928-2009), o comportamento das precipitações anuais apresentou uma boa correspondência as fases quentes e frias da ODP.

Sendo assim, observa-se que para as precipitações anuais em Alegrete, os anos considerados chuvosos correspondem aos anos sob efeito da fase positiva do fenômeno ENOS (El Niño). Já para os anos secos, anos que estariam sob efeito da fase negativa do ENOS (La Niña), a correspondência não foi tão boa.

Entretanto, a sequência de valores negativos obtidos entre os anos de 2004 a 2009 por meio da aplicação do IAC, parece indicar uma possível tendência a uma nova fase negativa da ODP. O fundamento dessa proposta baseia-se nos índices de IAC obtidos para a série Alegrete (1928-2009), os quais apresentam comportamento correspondente as fases frias e quentes do Oceano Pacífico.

Sendo assim, de acordo com os as informações encontradas através da aplicação do IAC aos dados de Alegrete (1928-2009), acredita-se que a ODP esteve modulando as precipitações anuais na região sudoeste do Rio Grande do Sul no decorrer do século XX.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPERGS (Edital 04/2012 – PQ Gaúcho), ao Dr. José Marengo e a FAPESP (2008/58161-1) e ao CNPQ (MCTI/CNPQ – Universal nº 14/2012) pelo auxílio no desenvolvimento da pesquisa.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. E.; MORAES NETO, J. M.; SOUSA F. A. S. Análise climática da bacia do rio Paraíba – Índice de Anomalia de Chuva (IAC). **Revista de Engenharia Ambiental**, v.6, n.3, p.508-523, 2009. Disponível em: <<http://189.20.243.4/ojs/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=344&layout=abstract>>. Acesso em: 15 de junho de 2012.

\_\_\_\_\_; MORAES NETO, J.M.; SOUSA, F.A.S. Classificação da precipitação anual e da quadra chuvosa da bacia do rio Paraíba utilizando Índices de Anomalia de Chuva (IAC). **Revista Ambiente & Água – an Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v.4, n.3, 2009a. Disponível em: <[http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/300/pdf\\_231](http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/300/pdf_231)>. Acesso em: 15 de junho de 2012.

\_\_\_\_\_; SILVA, D.F.; MORAES NETO, J.M.; SOUSA, F.A.S. Análise da variabilidade espaço-temporal da precipitação na bacia do rio Paraíba usando IAC. **Revista de Geografia**, Recife: UFPE, v.24, n.1, jan/abr. 2007. Disponível em <<http://www.ufpe.br/revistageografia/index.php/revista/article/viewFile/96/53>>. Acesso em 15 de junho de 2012.

AZEVEDO, P.V.; SILVA, V.P.R. Índice de seca para a microrregião do agreste da Borborema, no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 9, n. 1, p. 66-72, 1994. Disponível em: <[http://www.rbmet.org.br/port/revista/revista\\_artigo.php?id\\_artigo=431](http://www.rbmet.org.br/port/revista/revista_artigo.php?id_artigo=431)>. Acesso em 15 de junho de 2012.

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 Brasileira 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: 10 de janeiro de 2014.

EWALD, K.H. Alterações do volume de precipitação no município de Marechal Cândido Rondon no período de 1965 a 2008. XVI Encontro Nacional de Geógrafos, **Anais...** Porto Alegre: 2010. Disponível em <<http://www.agb.org.br/xvieng/anais/edp.php?orderBy=inscricoes.nome>> acesso em 15 de junho de 2012.

GRIMM, A.M.; FERRAZ, S.E.T.; GOMES, J. Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **Journal of Climate**, v.11, p. 2863 – 2880, 1998. Disponível em <<http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0442%281998%29011%3C2863%3APAISBA%3E2.0.CO%3B2>>. Acesso em 02 de setembro de 2012.

\_\_\_\_\_; BARROS, V.R.; DOYLE, M.E. Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña Events. **Journal of Climate**, v.13, p. 35 – 58, 2000. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0442%282000%29013%3C0035%3ACVISSA%3E2.0.CO%3B2>>. Acesso em 02 de setembro de 2012.

MARCUZZO, F.F.N.; MELO, D.C.R.; ROCHA, H.M. Distribuição espaço-temporal e sazonalidade das chuvas no Estado do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH)**, v.16, n.4 p. 157-167, 2011. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br/novo/detalha.php?id=649&t=Distribui%E7%E3o+Espa%E7o-Temporal+e+Sazonalidade+das+Chuvas+no+Estado+do+Mato+Grosso>>. Acesso em: 15 de junho de 2012.

MANTUA, N.J.; HARE, S.R. The Pacific Decadal Oscillation. **Journal of Oceanography**, v. 58, p. 35 - 44, 2002. Disponível em <[http://download.springer.com/static/pdf/990/art%253A10.1023%252FA%253A1015820616384.pdf?auth66=1354999242\\_1ee29bb1c2a38bc4a56eb76ce9aad021&ext=.pdf](http://download.springer.com/static/pdf/990/art%253A10.1023%252FA%253A1015820616384.pdf?auth66=1354999242_1ee29bb1c2a38bc4a56eb76ce9aad021&ext=.pdf)>. Acesso em 23 de agosto de 2012.

MARENCO, J. A. **Mudanças climáticas e seus efeitos sobre a Biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o Território Brasileiro ao longo do Século XX**. Série Biodiversidade, n. 26, MMA, 2007. Disponível em <[http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/\\_arquivos/14\\_2\\_bio\\_Parte%201.pdf](http://www.mma.gov.br/estruturas/chm/_arquivos/14_2_bio_Parte%201.pdf)>. Acesso em 12 de maio de 2011.

MENDONÇA, F. Aquecimento global e suas manifestações regionais e locais: alguns indicadores da Região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 2, p. 71–86. 2006. Disponível em <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/revistaabclima/article/viewFile/25388/17013>>. Acesso em 15 de janeiro de 2011.

MOLION, L.C.B. Aquecimento Global, El Niños, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal doo Pacífico. **Revista Climanalise**, ano 3, n.1, 2005. Disponível em <[http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista/pdf/Artigo\\_Aquecimento\\_0805.pdf](http://www6.cptec.inpe.br/revclima/revista/pdf/Artigo_Aquecimento_0805.pdf)>. Acesso em 10 de janeiro de 2012.

\_\_\_\_\_. Aquecimento Global: uma visão crítica. **Revista Brasileira de Climatologia**. Agosto, 2008. Disponível em <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/revistaabclima/article/viewFile/25404/17024>>. Acesso em 10 de janeiro de 2012.

PAMPUCH, L.A.; FERRAZ, S.E.T. Investigação do modo sul em dados de precipitação no período de 1982 a 2006 no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.27, n.1, 107-116, 2012. Disponível em <[http://www.rbmet.org.br/port/revista/revista\\_artigo.php?id\\_artigo=1091](http://www.rbmet.org.br/port/revista/revista_artigo.php?id_artigo=1091)>. Acesso em 05 de dezembro de 2012.

SANCHES, F. O. **Os Areais do sudoeste do Rio Grande do Sul: estudo sobre as chuvas no século XX e um possível cenário para o século XXI**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2013. 188p.

SILVA, D.F.; SOUSA, F.A.S.; KAYANO, M.T. Uso e IAC e ondeletas para análise da influência das multi-escalas temporais na precipitação da bacia do rio Mundaú. **Revista de Engenharia Ambiental**, v.6, n.1, p.180-195, 2009. Disponível em <<http://189.20.243.4/ojs/engenhariaambiental/viewarticle.php?id=182&layout=abstract>>. Acesso em 15 de junho de 2012.

SILVA, D.F.S.; SOUSA, A.B.; MAIA, L.M.; RUFINO, L.L. Efeitos da associação de eventos de ENOS e ODP sobre o Estado do Ceará. **Revista de Geografia**, v.29, n.2, 2012. Disponível em <<http://www.revista.ufpe.br/revistageografia/index.php/revista/article/view/508/431>>. Acesso em 06 de dezembro de 2012.

SILVA JUNIOR, J.L.C.; SILVA, R.A.; MACIEL, G.F.; SILVA, G.F.G.; SANTOS, J.C. Avaliação do Índice de Anomalia de Chuva (IAC) como indicador climático de variabilidade pluviométrica na microrregião de Gurupi-TO. In: IV Simpósio Internacional de Climatologia, **Anais...** João Pessoa, 2011. Disponível em: <<http://sic2011.com/sic/arq/37981254607953798125460.pdf>>. Acesso em 10 de janeiro de 2012.

STRECK, N.A.; BURIOL, G.A.; HELDWEIN, A.B.; GABRIEL, L.F.; PAULA, G.M. Associação da variabilidade da precipitação pluvial em Santa Maria com a Oscilação Decadal do Pacífico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.12, p.1553-1561, dez. 2009. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v44n12/v44n12a01.pdf>>. Acesso em 24 de fevereiro de 2012.

\_\_\_\_\_; GABRIEL, L.F.; BURIOL, G.A.; HELDWEIN, A.B.; PAULA, F.M. Variabilidade interdecadal na série de temperatura do ar em Santa Maria, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.8, p.781-790, ago. 2011. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v46n8/01.pdf>>. Acesso em 24 de fevereiro de 2012.

SUERTEGARAY, D.M.A. **A Trajetória da Natureza: um estudo geomorfológico sobre os areais de Quaraí - RS**. Tese (Doutorado em Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987. 243 p.

\_\_\_\_\_; GUASSELLI, L. A.; VERDUM, R. (orgs); BASSO, L. A.; MEDEIROS, R. M. V.; MARTINS, R.; ROSSATO, M. S.; BELLANCA, E. T.; BERTÊ, A. M. de A. **Atlas da Arenização Sudoeste do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Coordenação e Planejamento e Secretaria da Ciência e Tecnologia Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2001. 84p. Disponível em <<http://www.ufrgs.br/areais.pampa/atlas.htm>>. Acesso em 10 de maio de 2011.

SUERTEGARAY, D.M.A.; PIRES DA SILVA, L.A.; GUASSELLI, L.A. (org). **Arenização: natureza socializada**. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura/Imprensa Livre, 2012.

TUCCI, C.E.M.(Org.) **Hidrologia: ciência de aplicação**. 4.ed., 1ª reimp. – Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009.

VERDUM, R. **Approche géographique des “déserts” dans les communes de São Francisco de Assis et Manuel Viana, État du Rio Grande do Sul, Brésil**. Tese de Doutorado, UFR de Géographie et Aménagement, Université de Toulouse Le Mirail, Toulouse, 1997. 211p.

\_\_\_\_\_. Tratados internacionais e implicações locais: a desertificação. **GEOgraphia**, ano 6, n. 11, 2004a. Disponível em: <<http://www.uff.br/geographia/ojs/index.php/geographia/article/view/144/139>>. Acesso em: 10 de maio de 2011.

\_\_\_\_\_. Depressão periférica e planalto. Potencial ecológico e utilização social da natureza. In: VERDUM, R.; BASSO, L. A.; SUERTEGARAY, D. M. A. (orgs). **Rio Grande do Sul: paisagens e territórios em transformação**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004b.

\_\_\_\_\_. Descoberta permanente: das areias aos areais. In: SUERTEGARAY, D.M.A.; PIRES DA SILVA, L. A.; GUASSELLI, L.A. **Arenização: natureza socializada**. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura/Imprensa Livre, 2012.

WOLTER, K.; TIMLIN, M. S. Measuring the strength of ENSO events - how does 1997/98 rank? *Weather*, v. 53, p. 315-324, 1998. Disponível em: <<http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/index.html>>. Acesso em: 10 de maio de 2011.