

**CAPÍTULO 23**  
**ÍNDICE DE CONCENTRAÇÃO DE**  
**PRECIPITAÇÃO NO MUNICÍPIO DE**  
**GARUVA - SC**

DOI: <http://dx.doi.org/10.18616/pgt23>

Fabiane Nunes Gonçalves  
Álvaro José Back  
Thaise Sutil

**SUMÁRIO**



### INTRODUÇÃO

A precipitação é considerada uma das mais importantes variáveis climatológicas e sua escassez ou excesso afeta não só o ambiente, como também a sociedade.

Estudos têm sugerido que uma das consequências do aquecimento global é modificação do ciclo hidrológico (ALLEN; INGRAM, 2002; HUNTINGTON, 2006), sendo a precipitação o ponto-chave desse processo (MARIOTTI et al., 2002; MAUGUET, 2006).

Segundo o relatório do IPCC-2007 (SOLOMON et al., 2007), houve um aumento da precipitação no período de 1900 a 2005 devido ao aquecimento global ao norte de 30° de latitude. Porém, houve uma diminuição da precipitação a partir de 1970 em áreas tropicais e elevação do número de áreas afetadas pela seca nas regiões tropicais e subtropicais (TRENBERTH et al., 2007). Desse modo, faz-se necessário analisar a fundo a variabilidade subregional das precipitações, e isso requer dados espaciais detalhados e, de preferência, com longo período de dados (HUNTINGTON, 2006).

No Brasil, a distribuição da precipitação e sua variabilidade estão associadas à atuação e sazonalidade dos sistemas convectivos de macro<sup>1</sup> e mesoescala<sup>2</sup> e, principalmente, da frente polar atlântica (FPA), o que ocasiona as diferenças nos regimes pluviais, onde a região Norte possui elevadas médias pluviométricas (acima de 2.800 mm) e o sertão nordestino, com valores médios anuais próximos a 1.200 mm e menos de 125 mm, já que as massas de ar chegam com umidade insuficiente para produzir chuvas abundantes, dentre outros fatores. No território Centro-Sul, as médias anuais variam entre 1.500 e 2.000 mm (DANNI-OLIVEIRA; MENDONÇA, 2007). Já no Sul do país, há contrastes nos regimes de precipitação, podendo ocorrer em uma mesma região períodos de chuva

---

1 Caracterizam fenômenos de escala planetária (>200 km).

2 Caracterizam fenômenos de escala local ou regional (20-200 km), responsáveis por boa parte da precipitação na América do Sul.

extrema ou de seca. Isso ocorre, sobretudo, por conta da situação geográfica da região, da transição entre os trópicos, das latitudes médias e do relevo acentuado (TORRES; MACHADO, 2012).

De acordo com Miranda et al. (2002), cenários climáticos projetam o aumento de situações extremas de chuva e de seca, portanto é muito importante estudar e caracterizar tais fenômenos e apurar a sua tendência em termos de frequência e intensidade, contribuindo, dessa forma, para um melhor conhecimento desses efeitos sobre o estado de Santa Catarina (PIRES, 2003).

Apesar de ser uma característica normal e temporária do clima de uma região, decorrente de precipitações abaixo da normal climatológica em certo período, a seca também afeta diversas partes do mundo, com influências sociais, econômicas e ambientais frequentemente agravadas pela ação humana (MACEDO et al., 2010; AZEVEDO; SILVA, 1995). Segundo Sousa Jr. et al. (2010), a região Sul do Brasil tem enfrentado nos últimos dez anos períodos de seca com intensidade e frequência acima do normal, afetando de forma decisiva a sua economia. Dentre os estados frequentemente afetados, está o estado de Santa Catarina e os municípios do extremo oeste catarinense com ocorrências, principalmente, nos meses de janeiro, julho e dezembro (GONÇALVES; MOLLERI, 2007).

Na contramão da maioria dos municípios de Santa Catarina, o município de Garuva é considerado um dos mais chuvosos do estado, chegando ao volume de mais de 3.877 mm de precipitação no ano e apresentando forte variação sazonal (COAN et al., 2015).

Existem diversas metodologias para quantificar as anomalias de precipitação. Dentre elas, está o Índice de Concentração de Precipitação (ICP), o qual foi desenvolvido por Oliver (1980) e, posteriormente, modificado por De Luis et al. (1997). Seu uso é recomendado, pois fornece informações sobre variabilidade total de longo prazo na quantidade de precipitação recebido (MICHIELS et al., 1992).

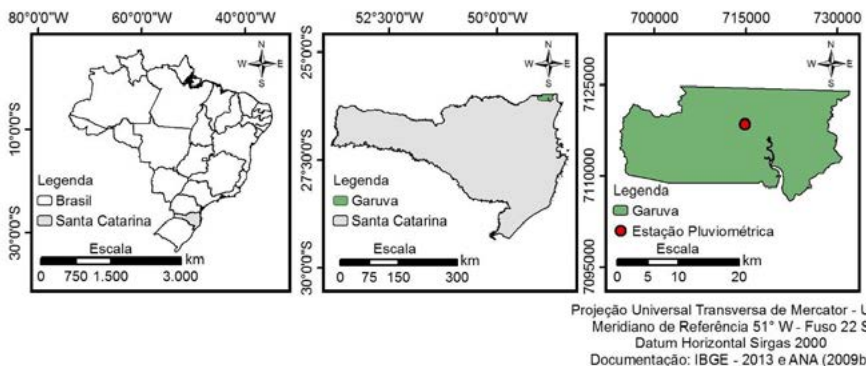
O presente artigo tem como objetivo analisar a variabilidade temporal anual, semestral e estacional do Índice de Concentração de

Precipitação no município de Garuva – SC, num período de 40 anos (1976 a 2015). Também será feita análise em dois subperíodos independentes de 20 anos (1976-1995 e 1996-2015).

## METODOLOGIA

A área de estudo é a região que abrange o município de Garuva (17.134 habitantes e área de 501,97 km<sup>2</sup>), localizado no norte de Santa Catarina (Figura 1). O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é Cfa, ou seja, subtropical (mesotérmico úmido). A precipitação média anual da região é de 1.500 mm, e a evapotranspiração média anual de 900 mm (PANDOLFO et al., 2002).

**Figura 1** – Mapa de localização do município de Garuva – SC



**Fonte:** Elaborada pelos autores, 2017.

Os dados pluviométricos diários foram obtidos da Agência Nacional de Águas (ANA, 2009b)<sup>3</sup>, através do site *HIDROWEB*, e disponibilizados em formato xls, ou seja, planilhas do Microsoft Excel (editor de planilhas do pacote *OpenOffice*). A série hidrológica utilizada corresponde ao período de janeiro de 1976 a dezembro de 2015, totalizando 40 anos.

3 <sup>6</sup>Órgão gestor dos recursos hídricos do estado de Santa Catarina.

Em seguida, foi realizado o preenchimento das falhas. A ocorrência de falhas nas séries históricas deve-se, sobretudo, à ausência do observador, falhas mecânicas de registro, perdas das anotações ou das transcrições dos registros pelos operadores (OLIVEIRA et al., 2010). Existem variados métodos utilizados no preenchimento de falhas de dados meteorológicos. Trabalhos como o de Fill (1987) e Bertoni e Tucci (2007) apresentam diversas metodologias empregadas no preenchimento de falhas, contudo discorrem que nenhuma se presta ao preenchimento de falhas diárias, sendo mais indicadas no preenchimento de falhas mensais ou anuais.

Neste trabalho, foi utilizado o método de ponderação regional (Equação 1), no qual são selecionados pelo menos três postos vizinhos que possuam, no mínimo, 10 anos de dados e que se localizem em uma região climática semelhante ao do posto em estudo.

$$P_x = \frac{1}{3} \left( \frac{M_x}{M_a} P_a + \frac{M_x}{M_b} P_b + \frac{M_x}{M_c} P_c \right)$$

Onde:

$P_x$ : é a variável que guardará os dados corrigidos;

$M_x$ : média aritmética da estação com falha;

$M_a$ ,  $M_b$  e  $M_c$ : média aritmética das estações vizinhas;

$P_a$ ,  $P_b$  e  $P_c$ : é o dado da estação vizinha, ao posto com falha, do mesmo ano utilizado para preencher a falha.

O Índice de Concentração de Precipitação é calculado para estações chuvosas e secas, em escalas anuais e sazonais. Quanto maior o seu valor, maior a concentração da precipitação. No entanto, algumas alterações nos seus valores podem ser complexas e estar relacionadas às características globais e sinóticas da atmosfera e com fatores locais que afetam as tendências da precipitação (LUIS et al., 2011).

Esse índice é expresso pela Equação 2:

$$ICP = 100 * \frac{\sum_{i=1}^{12} P_i^2}{(\sum_{i=1}^{12} P_i)^2}$$

onde, é a precipitação mensal no mês  $i$ .

O índice também pode ser calculado em escala sazonal (Equação 3) para os meses correspondentes às estações do verão, outono, primavera e inverno (LUIS et al., 2011):

$$ICP_{\text{sazonal}} = \frac{\sum_{i=1}^8 P_i^2}{(\sum_{i=1}^8 P_i)^2} * 25$$

Para uma escala suprasazonal, no período úmido, que compreende os meses de outubro a março e seco, de abril a setembro (LUIS et al., 2011), utiliza-se a seguinte fórmula (Equação 4):

$$ICP_{\text{suprasazonal}} = \frac{\sum_{i=1}^6 P_i^2}{(\sum_{i=1}^6 P_i)^2} * 50$$

Conforme equações do ICP sazonal e suprasazonal, o menor valor do ICP é de 8,3, indicando perfeita uniformidade na distribuição da precipitação, assim como valores próximos de 16,7 indicam que a precipitação total foi concentrada no meio do período e valores de ICP acima de 25, que a precipitação total ocorreu em 1/3 do período, o que significa que o total anual da precipitação ocorre em quatro meses. Desse modo, a precipitação suprasazonal ocorre em dois meses e a sazonal, em um mês (LUIS et al., 2011).

Segundo Oliver (1980), os valores de ICP abaixo de 10 sugerem distribuição regular da precipitação mensal e acima irregular, sendo: valores entre 11-15, baixa, 16-20, média e acima de 20, alta irregularidade.

Há outra classificação definida por Michielsat al. (1992), conforme Tabela 1.

**Tabela 1** – Classificação do Índice de Concentração da Chuva

ICP	Concentração sazonal
<10	Uniforme
entre 11 e 15	Moderadamente sazonal
entre 16 e 20	Sazonal
>20	Fortemente sazonal

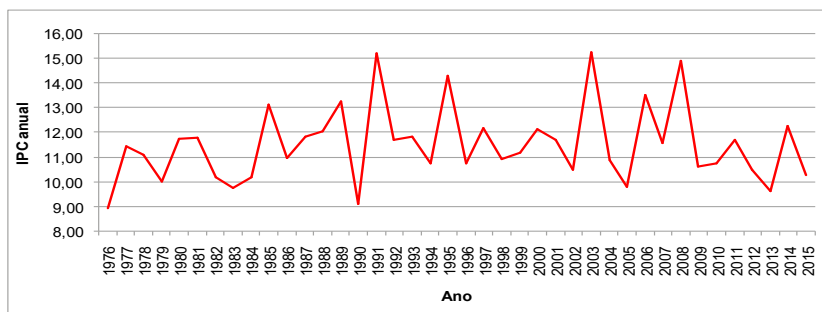
Fonte: Durães, 2013.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O ICP anual variou entre 8,94 no ano de 1976 e 15,25 no ano de 2003, conforme Gráfico 1. Dos 40 anos estudados, 18 deles apresentaram concentração sazonal de precipitação uniforme (anos 1976, 1979, 1982, 1983, 1984, 1986, 1990, 1994, 1996, 1998, 2002, 2004, 2005, 2009, 2010, 2012, 2013 e 2015), representando 45%. Os outros 55% da série apresentaram concentração moderadamente sazonal, o que significa uma baixa irregularidade de distribuição da precipitação.

Valores de ICP acima de 15 ocorreram nos anos de 1991 e 2003. Nesses anos, houve a atuação de evento do fenômeno El Niño de intensidade moderada sobre o país. Esse fenômeno é caracterizado pelo aquecimento anormal das águas superficiais nas partes central e leste do oceano Pacífico, nos arredores da América do Sul, mais precisamente na costa do Peru. Esse fenômeno é uma das principais fontes de variabilidade interanual de precipitação no Brasil (GRIMM, 2009).

**Gráfico 1** – ICP médio anual para o município de Garuva – SC no período de 1976 a 2015

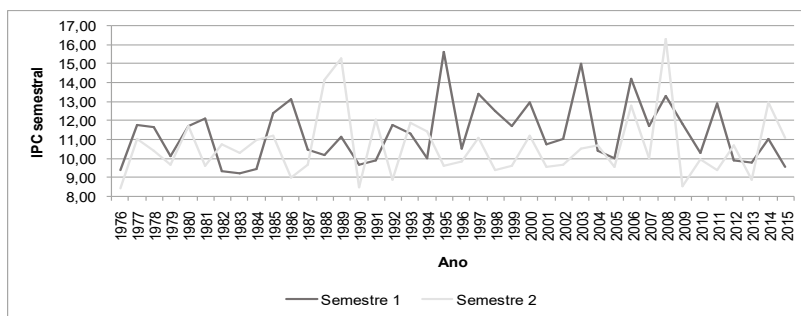


Fonte: Elaborado pelos autores, 2017.

O ICP do primeiro semestre (janeiro a junho) variou entre 9,24 no ano de 1983 e 15,64 no ano de 1995, conforme Gráfico 2. Da série estudada, 45% dos anos apresentaram concentração uniforme de precip-

itação no primeiro semestre. O restante dos anos é caracterizado como moderadamente sazonal. No que se refere ao ICP do segundo semestre (julho a dezembro), 65% da série apresentaram concentração uniforme, 32,5% dos anos apresentaram IPC moderadamente sazonal para o segundo semestre e apenas o ano de 2008 foi caracterizado como sazonal.

**Gráfico 2** – ICP médio semestral para o município de Garuva – SC no período de 1976 a 2015



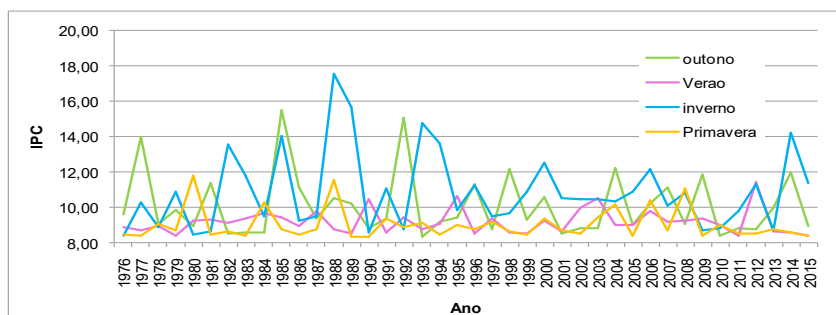
**Fonte:** Elaborado pelo autores, 2017.

Os valores de ICP para cada estação do ano no período de 1976 a 2015 estão representados no Gráfico 3. Conforme observado, na estação do verão (janeiro, fevereiro e março), o ICP variou entre 8,37 no ano de 1979 e 11,43 no ano de 2012, sendo que 97,5% dos anos foram considerados de uniforme distribuição da precipitação, enquanto que, no ano de 2012, o verão foi classificado como moderadamente sazonal, apesar de nesse ano o fenômeno La Niña de baixa intensidade estar sob influência no país, o que faz com que ocorrências de frentes frias cheguem ao Centro-Sul do Brasil com mais rapidez e intensidade, resultando na redução de chuvas. No outono (abril, maio e junho), o ICP variou entre 8,34 no ano de 1993 e 15,51 em 1985. Em 72,5% dos anos, a concentração foi uniforme, e no restante, 27,5%, moderadamente sazonal. Já a estação do inverno (julho, agosto e setembro) foi a que apresentou valores mais altos desse índice, os quais variaram entre 8,42 em 1976 e 17,54 em 1988. Um total de 65% dos anos apresentou inverno com concentração uniforme de



precipitação, 32,5% foram classificados como moderadamente sazonais e apenas o ano de 1988 foi classificado como sazonal no inverno. Nesse ano, houve atuação do fenômeno El Niño de intensidade moderada. Na primavera, o ICP variou entre 8,36 no ano de 1989 e 1990 e 11,78 em 1980. Da série estudada, 92,5% foram classificados como uniformemente sazonais. Já os anos de 1980 (El Niño leve), 1988 (El Niño moderado) e 2008 (La Niña moderada) foram classificados como moderadamente sazonais.

**Gráfico 3** – ICP médio sazonal para o município de Garuva – SC no período de 1976 a 2015



**Fonte:** Elaborado pelos autores, 2017.

Nos primeiros 20 anos, o IPC foi maior no inverno e verão. Na segunda metade da série, as estações apresentaram valores mais próximos, com alguns picos no inverno (Gráfico 3).

Coan et al. (2015), em estudo realizado no estado de Santa Catarina, concluíram que os meses de janeiro, fevereiro e março apresentam maior volume de precipitação. Já durante o outono e inverno, o volume é menor. Além disso, a região norte do estado, onde está inserido o município de Garuva, apresenta probabilidade de ocorrência de até 5 dias consecutivos de chuva igual a 87%, com 13% de probabilidade de o fenômeno ser superado. Já a probabilidade de ocorrência de 7 dias consecutivos de chuva no verão é de 89%, com probabilidade de 11%

do evento se superado. Nas demais épocas do ano, a probabilidade é de 96%. No caso das secas, a probabilidade de ocorrência de 10 dias secos consecutivos nos 6 meses que compõem o outono e inverno altera para 80%. Os outros 20% correspondem à probabilidade de ocorrência de mais de 10 dias secos consecutivos no mesmo período. Os valores de ICP anual, semestral e sazonal para os subperíodos A (1976-1995) e B (1996-2015) encontram-se na Tabela 2. Com exceção da primavera, em que a classificação passou de moderadamente sazonal no subperíodo A para uniformemente sazonal no subperíodo B, todos os outros parâmetros se mantiveram na mesma classificação em ambos os períodos.

**Tabela 2** – ICP médio anual, semestral e sazonal para os subperíodos a (1976-1995) e B (1996-2015)

Período	ICP						
	Anual	Sem. 1	Sem. 2	Verão	Outono	Primavera	Inverno
A (1976-1995)	11,46	11,02	10,73	9,21	10,28	11,15	9,06
B (1996-2015)	11,55	11,65	10,59	9,18	9,94	10,63	9,00

Fonte: Elaborada pelos autores, 2017.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O município de Garuva apresentou para a série estudada uma concentração uniforme de precipitação, apesar de alguns períodos considerados moderadamente sazonais e alguns outros raros períodos classificados como sazonais.

É difícil dizer se há correlação entre o ICP e as mudanças climáticas em Santa Catarina, pois os maiores valores desse índice ocorreram na primeira metade do período estudado. Também não há como afirmar que os fenômenos El Niño e La Niña influenciam a concentração da precipitação, visto que períodos com concentração moderada de precipitação estavam sob atuação do evento La Niña, o qual reduz o volume de precipitação.



### REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Inventário das estações pluviométricas**. 2 ed. Brasília: ANA; SGH, 2009b.

ALLEN, M. R.; INGRAM, W. J. Constraintson future changes in climate and thehydrological cycle. **Nature**, Lodon, v.419, p. 224–232, 2002.

AZEVEDO, P. V.; SILVA, V. P. R. Índice de seca de Bhalme e Mooley: uma adaptação regional. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8., 1995, Belo Horizonte. **Anais**. Belo Horizonte: SBM, 1995. p. 696- 699.

COAN, B. D. P; BACK, Á. J.; BONETTI, A. V. Precipitação mensal e anual provável no Estado de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba: v. 15, p. 122-142, 2015.

DANNI-OLIVEIRA, I. M. MENDONÇA, F. **Climatologia noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

GONÇALVES, E. F.; MOLLERI, G. S. F. **Estiagem**. Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina. Florianópolis: Sea, 2007. p. 101-104.

GRIMM, A. M. Clima da região sul do Brasil. In: CAVALCANTI, Iracema F. A. (Org.). **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 259-275.

HUNTINGTON, T. G.: Evidence for intensification of the global watercycle: Review and synthesis. **Journal of Hydrology**, v.319, p. 83-95, 2006.

LUIS, M.; GONZÁLEZ-HIDALGO, J. C.; RAVENTÓS, J.; SÁNCHEZ, J. R.; CORTINA; J. Distribución espacial de laconcentración y agresividad



de lluvia en el territorio de la Comunidad Valenciana. **Cuaternario y Geomorfología**, v. 11, n. 3-4, p. 33-44, 1997.

LUIS, M. de et al. Precipitation concentration changes in Spain 1946–2005. **Natural Hazards and Earth System Science**, v. 11, n. 5, p. 1259-1265, 2011.

MACEDO, M. J. H.; GUEDES, R. V. S.; SOUSA, F. A. S.; DANTAS, F. R. C. Análise do índice padronizado de precipitação para o estado da Paraíba, Brasil. **Ambi-Água**, Taubaté, v. 5, n. 1, p. 204-2014, 2010.

MARIOTTI, A., STRUGLIA M. V., ZENG N., LAU K. M. The Hydrological cycle in the Mediterranean Region and Implications for the Water Budget of the Mediterranean Sea. **American Meteorological Society Journal** v.15, p. 1674-1690, 2002.

MAUGUET, S. A. Intra-top multi-decadal terrestrial precipitation regimes at the end of the 20th century. **Climate Change**, v.78, p. 317-340, 2006.

MICHIELS, P.; GABRIELS, D.; HARTMANN; R. Using the seasonal and temporal precipitation concentration index for characterizing monthly rainfall distribution in Spain. **Catena**, v.19, p. 43-58, 1992.

MIRANDA, P; COELHO, F. E. S.; TOMÉ, A. R.; VALENTE, M. A.. 20th Century Portuguese Climate and Climate Scenarios. In: SANTOS, F. D.; FORBES, K; MOITA, R. **Climate Change in Portugal scenarios, Impacts and Adaptation Measures (SIAM)**. Lisboa: Siam Project, 2002. p. 27-83.

OLIVER, J. E. Monthly precipitation distribution: A comparative index. **The Professional Geographer**. v. 32, p. 300-309, ago. 1980.

PANDOLFO, C.; BRAGA, H. J.; SILVA JÚNIOR, V P.; MASSIGNAN, A. M.; PEREIRA, E. S.; THOMÉ, V. M .R; VALCI, F. V. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-ROM.

PIRES, V. **Frequência e intensidade de fenômenos meteorológicos extremos associados à precipitação**. Dissertação (Mestrado em Ciências e Engenharia da Terra) – Universidade de Lisboa. Lisboa, 2003.

SOLOMON, S. et al. Technical Summary. In: **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, UK, 2007.

SOUSA JUNIOR, M. A.; SAUSEN, T. M.; PARDI LACRUZ, M. S. **Monitoramento de estiagem na região sul do Brasil utilizando dados EVI/MODIS no período de dezembro de 2000 a junho de 2009**. INPE-16682-TDI/1627, São José dos Campos, SP, 2010.

TORRES, F. T. P.; MACHADO, P. J. O. **Introdução à climatologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

TRENBERTH, K. E. et al. Observations: surface and atmospheric climate change. In: **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 2007.