

ANÁLISE DA VARIABILIDADE PLUVIAL NA BACIA DO RIO CHOPIM (1978-2016)

Anderson Borges¹; Rafaela Harumi Fujita²

Resumo: A variabilidade pluvial é um aspecto importante para os estudos climáticos, tendo em vista a intensa atividade antrópica ao longo do tempo e as oscilações no regime de chuvas. A bacia do rio Chopim forma um importante afluente do rio Iguaçu, dessa forma, selecionamos oito postos pluviométricos distribuídos ao longo da bacia para caracterizar o regime de chuvas no período de 1978 a 2016. Para realizar as análises de variabilidade e classificação dos anos padrão, utilizamos métodos estatísticos em softwares para gerar gráficos (Excel) e mapas (Qgis). Os gráficos expressam uma oscilação ao longo do período estudado, caracterizando uma influência de fenômenos climáticos de escala global.

Palavras-Chave: Precipitação, Anos padrão, Oscilação.

INTRODUÇÃO

O regime de precipitação e distribuição sofre influência de diversos fatores, como topografia (elevação), distância dos grandes corpos hídricos, direção e caráter das massas de ar predominantes, entre outros (AYOADE, 2010, p.166).

O clima em qualquer parte do globo não apresenta as mesmas condições de ano para ano, haja vista a variabilidade dos elementos climáticos e mecanismos atmosféricos (NIMER, 1979, p.220). O regime de precipitação na bacia do rio Chopim, a qual corresponde a nossa área de estudo, é marcado por uma uniformidade.

Esse fator é caracterizado por condições estáticas e dinâmicas (oscilação entre correntes perturbadas de Sul e correntes perturbadas de Oeste). As chuvas se distribuem ao longo do ano, oscilando entre as estações, com a média anual variando de 1750 a 2000 mm. A distribuição praticamente equitativa das chuvas ao longo do ano dificulta a previsão, tendo em vista, que grande parte das chuvas é originária das correntes perturbadas do anticiclone polar. Esse anticiclone segue o trajeto até o equador via marítima (mais comum no inverno) ou terrestre (mais comum no verão). Desta maneira, o regime de chuvas depende da intensidade e velocidade do anticiclone polar e do índice de umidade absoluta da massa de ar tropical dos períodos que antecedem a chegada da frente (NIMER, 1979, p.212).

Para Ayoade (2010, p. 175), “a precipitação não somente varia quanto á quantidade de um ano, estação ou mês para outro, como pode também mostrar uma tendência de declínio ou ascensão durante um determinado período”.

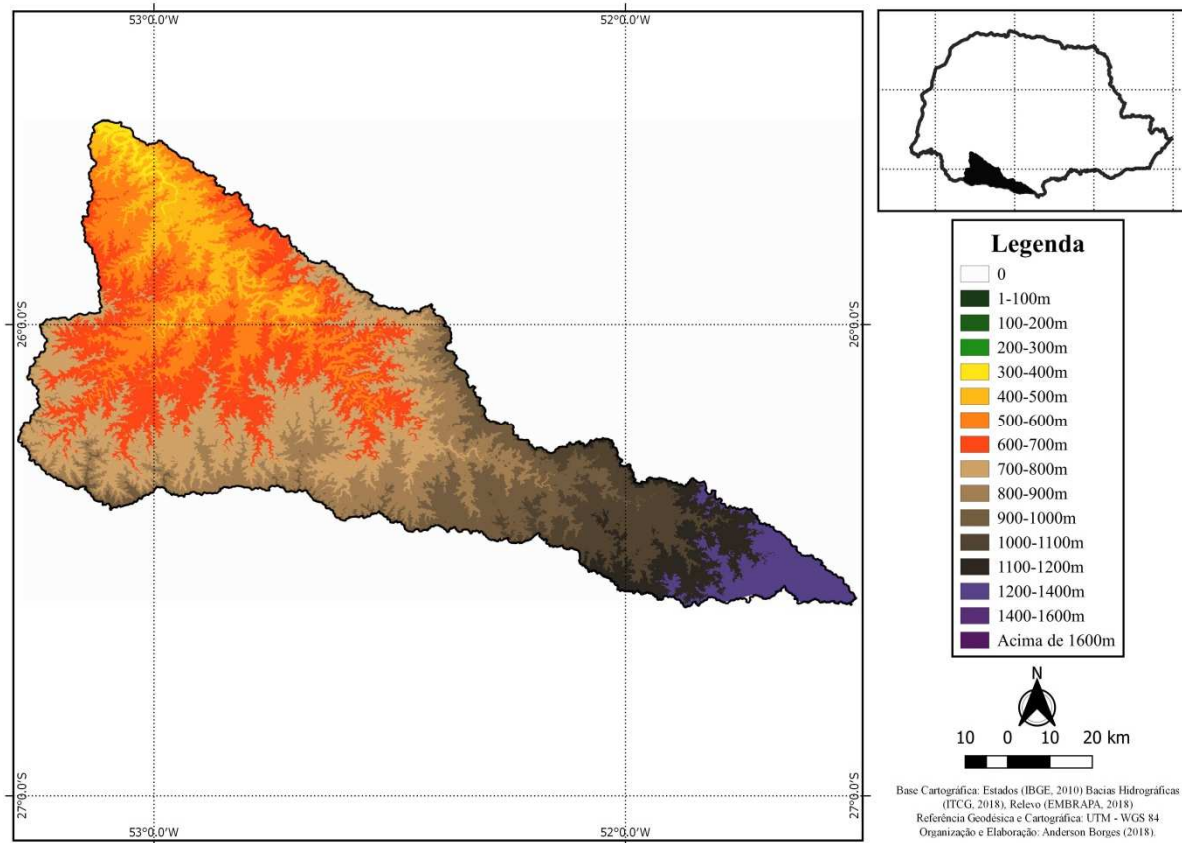
As incidências de períodos chuvosos são marcadas por concentração das chuvas nos meses de novembro, dezembro e janeiro. Isso ocorre devido ao aumento na ocorrência da frente polar, semi-estacionamento dessa frente sobre o Estado do Paraná e ocorrência das correntes perturbadas de oeste

¹ Mestrando em Geografia, UNIOESTE, Email: anderb_8@hotmail.com

² Pós Doutorado em Geografia, UNIOESTE, Email: rfharumi@yahoo.com.br

(chuvas de verão). No que diz respeito a períodos de seca, a bacia do Chopim está localizada no Sudoeste do Paraná, região que não possui estação ou mês seco, portanto, anos de diminuição da precipitação é resultado da menor ocorrência de frentes polares (NIMER, 1979, p.217). O relevo também pode alterar o regime de precipitação, como já foi exposto acima e observado na figura 1:

Figura 1 – Mapa hipsométrico da bacia hidrográfica do Chopim.



De acordo com Maack (1981, p.160) a distribuição das chuvas é influenciada pelas escarpas que delimitam o primeiro, segundo e terceiro planalto e pela atividade antrópica (desmatamento) no Estado do Paraná.

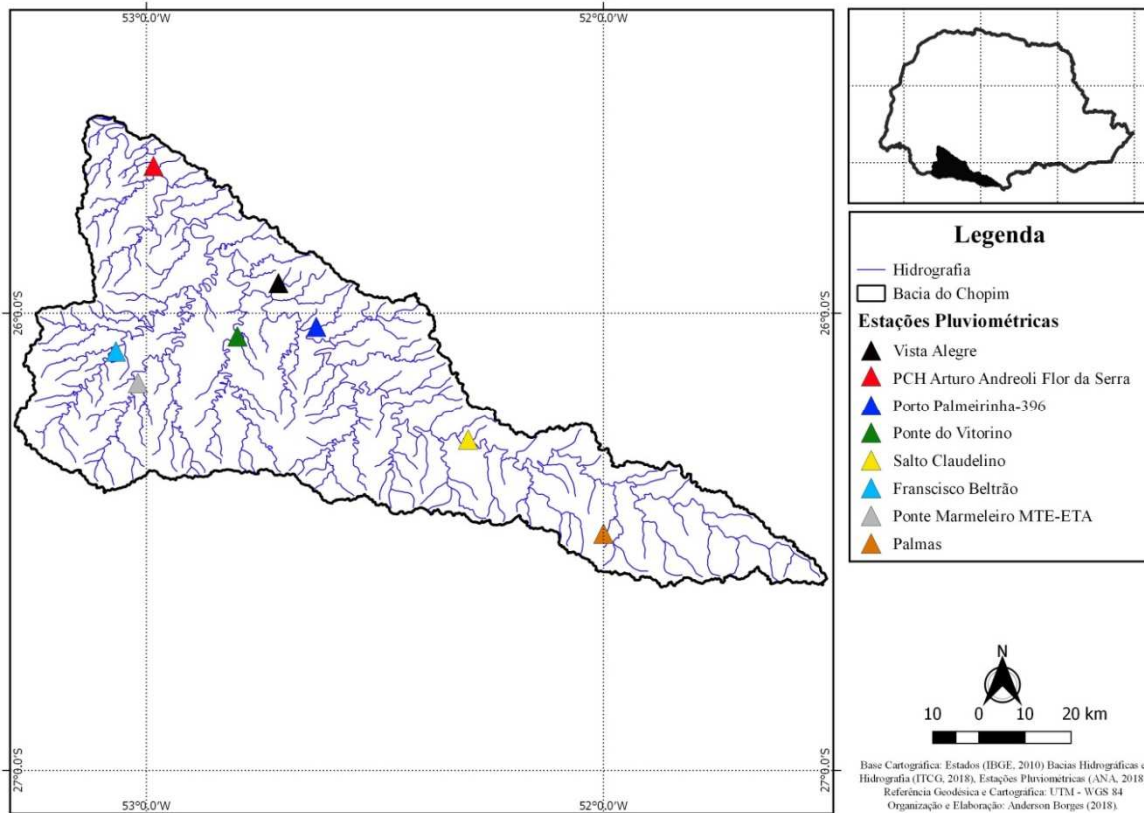
A bacia hidrográfica do rio Chopim se localiza no terceiro planalto Paranaense, na zona de Palmas e Clevelândia, cuja altitude diminui na direção do vale do rio Iguazu (de 1150 para 700 a 300m) (MAACK, 1981, p.419).

O regime pluviométrico sofre influência dos elementos naturais, sejam eles estáticos ou dinâmicos, justificando a importância desse estudo. Por conseguinte, propomos nesse trabalho analisar o regime de chuvas na bacia do rio Chopim. Para isso, ele foi dividido em quatro seções. A primeira consiste na introdução, na qual fazemos breve apresentação dos elementos naturais que influenciam no regime de precipitação. Na segunda parte, expomos os materiais e métodos estatísticos para realizar as análises. Na terceira parte, apresentamos os resultados em forma de gráficos e por fim, a quarta parte é a conclusão.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo se localiza na região sudoeste do Paraná, entre as latitudes 25°00'S e 27°00'S e longitudes 51°00'W e 54°00'W (Figura 2).

Figura 2 – Localização dos postos pluviométricos e da bacia hidrográfica do Chopim.



É denominada Bacia Hidrográfica do Rio Chopim. As estações pluviométricas foram definidas de acordo com o tempo de operação (acima de 30 anos) e posição geográfica.

O recorte espacial compreende as estações pluviométricas Palmas, Ponte Marmeleiro MTE-ETA, Francisco Beltrão, Salto Claudelino, Ponte do Vitorino, Porto Palmeirinha-396, PCH Arturo Andreoli e Vista Alegre. Como recorte temporal, propomos o período de 1978 a 2016, considerando o ano de início de operação das estações até o presente. Contudo, não utilizamos o ano de 2017 devido à inconsistência dos dados.

Sobre as análises, foram realizadas com base em dados anuais de precipitação, que estão disponíveis junto ao Instituto de águas do Paraná (AGUASPARANÁ). Os dados cartográficos foram adquiridos por *download* no site Instituto Brasileiro de Geografia e estatística (IBGE) e Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná (ITCG).

A organização dos dados e os parâmetros estatísticos utilizados no trabalho são baseados em Zavattini; Boin (2013, p.33). A média aritmética foi calculada pela Equação (1):

$$X = \sum_{i=1}^n x_i / n \quad \dots(1)$$

Onde \bar{X} = média aritmética; \sum = somatória dos dados, do primeiro ao enésimo; n = número de ocorrências.

O **Desvio-padrão** foi calculado conforme Equação (2):

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n}} \quad \dots(2)$$

Onde x_i = o valor individual de cada dado; \bar{X} = média aritmética; \sum = somatória dos dados, do primeiro ao enésimo; n = número de ocorrências.

O Coeficiente de variação é uma medida de dispersão relativa, onde o resultado é dado em porcentagem (%), é calculado conforme a Equação (3):

$$CV = (S/\bar{X}) * 100 \quad \dots(3)$$

Para análise dos anos padrão usamos o coeficiente de variação da pluviosidade³ (BARRIOS; HERNANDES, 1992, p.140), que consiste na definição da variação na pluviosidade anual em porcentagem e classificada da seguinte forma ≥ -30 “seco”, -30 a -15 “tendente a seco”, -15 a 15 “normal”, 15 a 30 “tendente a chuvoso” e ≥ 30 “chuvoso”.

Os gráficos foram elaborados no Microsoft EXCELTM, e a confecção dos mapas, no software *QGIS Development Team 2.18.17* (2018).

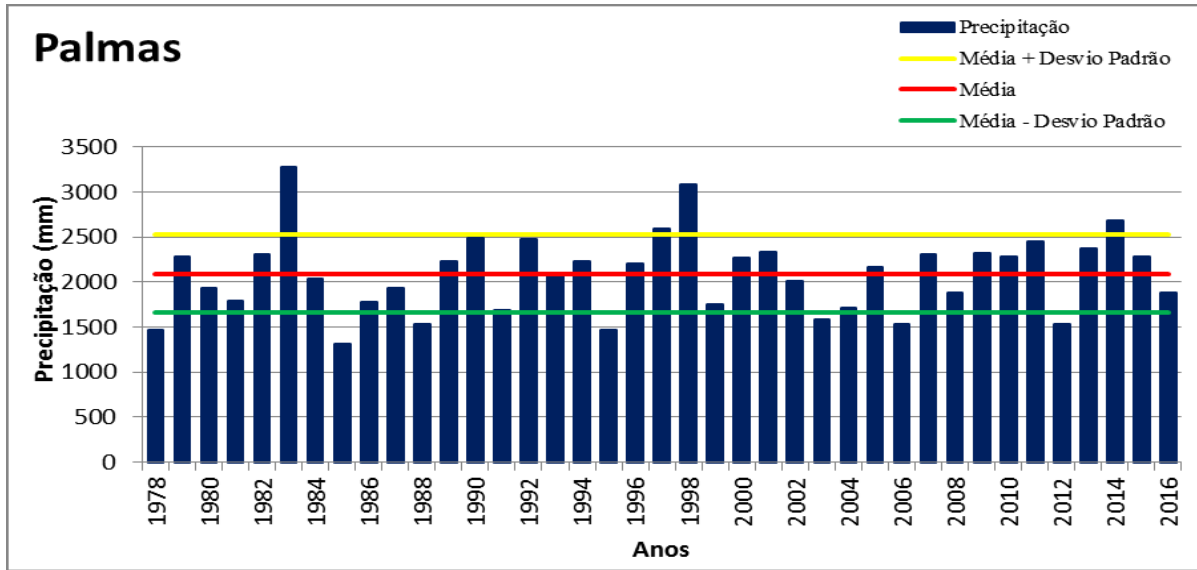
Durante os anos estudados, ocorreram períodos de falhas, por diversos fatores. Para preencher as falhas empregamos o método de ponderação regional descrito por Bertoni e Tucci (2009, p.183). Ele consiste na utilização da média de três postos pluviométricos próximos e com base na média desses postos, é possível preencher as falhas em determinados períodos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variabilidade da precipitação na bacia do rio Chopim oscila durante o período abordado, como expomos nas figuras abaixo. Essas oscilações por vezes, superaram o desvio padrão positivamente ou negativamente, indicando possível influência de eventos climáticos de escala global, como El Niño Oscilação Sul (ENOS). Organizamos as figuras abaixo de acordo com a altitude dos postos pluviométricos, da montante para a jusante.

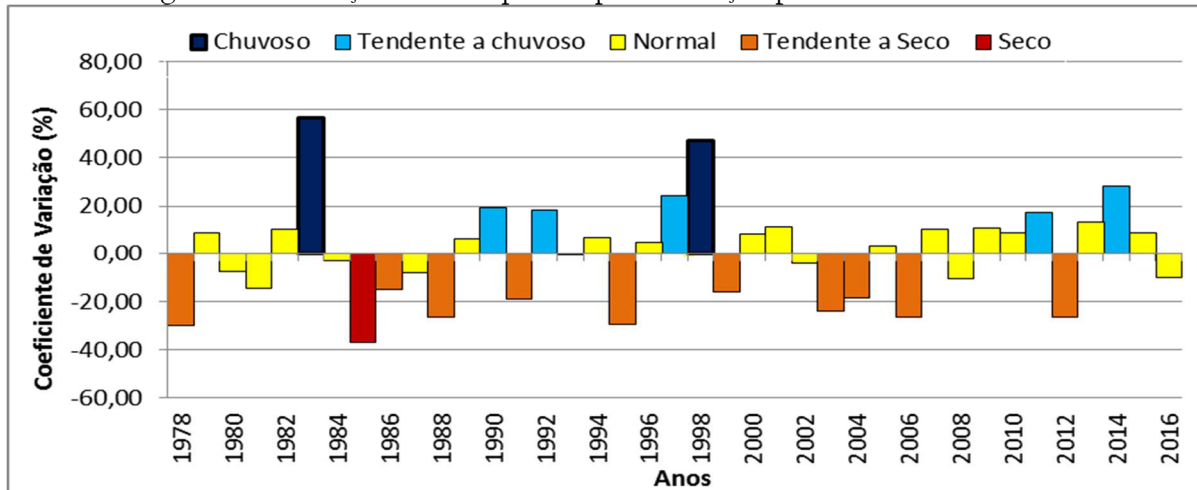
³ Obtido pela equação: $Cva = (da/x) * 100$ Onde: Cva é o coeficiente de variação anual e da o desvio anual (BARRIOS; HERNANDES, 1992).

Figura 3 – Total anual de chuva, média e desvios-padrão para a estação "Palmas".



Fonte: ÁGUASPARANÁ (1978-2016).

Figura 4– Definição de anos-padrão para a estação pluviométrica "Palmas".



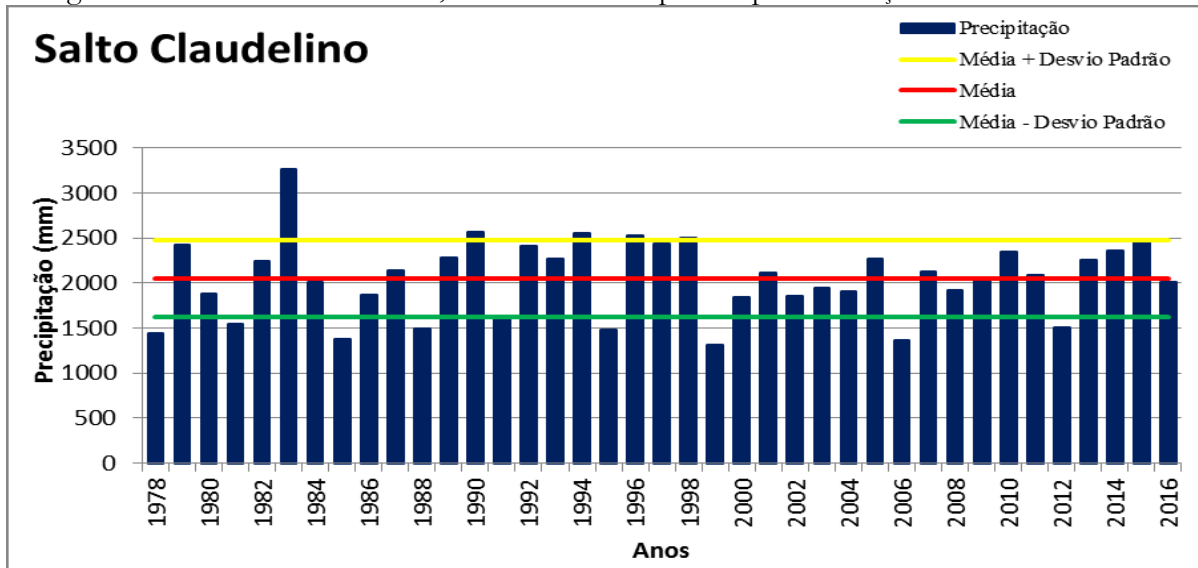
Fonte: ÁGUASPARANÁ (1978-2016).

Na estação de Palmas-PR (Figura 3), o regime pluviométrico apresenta uma média de 2091,8 mm e o desvio padrão de 436,3 mm. Na série ocorre uma variação entre o período de 1978 a 1998, com fases de excesso (1979, 1982, 1983, 1989, 1990, 1992, 1994, 1996, 1997 e 1998) e déficit (1978, 1981, 1985, 1986, 1988, 1991 e 1995) de chuvas. A partir de 1998, as precipitações tendem a ficar próximas (2000, 2002, 2005, 2007, 2009, 2010 e 2015) ou abaixo (1999, 2003, 2004, 2006, 2008, 2012 e 2016) da média do posto pluviométrico. Entre 1999 e 2016, em apenas um momento (2014), as precipitações superaram a “Média+Desvio Padrão”.

Quanto a análise dos anos padrão (Figura 4), destaca-se a oscilação negativa da série, que em dez momentos foram classificadas como “Tendente a Seco” (1978, 1986, 1988, 1991, 1995, 1999, 2003, 2004, 2006 e 2012) e uma vez como “Seco” (1985). Em relação aos anos com precipitação acima da média, dois momentos foram definidos como “Chuvosos” (1983 e 1998) e cinco como “Tendente a

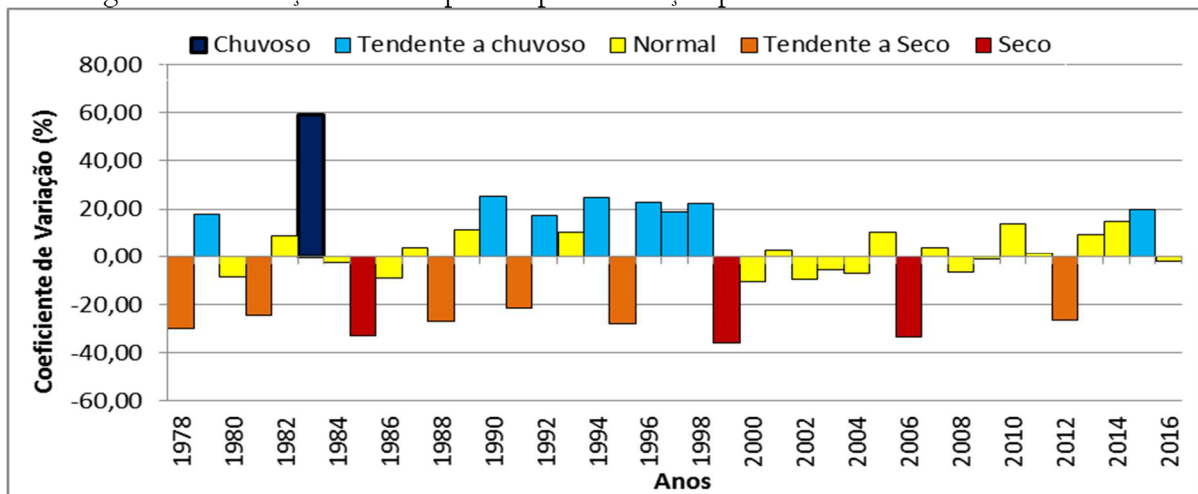
Chuvoso” (1990, 1992, 1997, 2011 e 2014). Os demais anos da série tiveram precipitação muito próxima a média anual.

Figura 5 – Total anual de chuva, média e desvios-padrão para a estação "Salto Claudelino".



Fonte: ÁGUASPARANÁ (1978-2016).

Figura 6 – Definição de anos-padrão para a estação pluviométrica "Salto Claudelino".



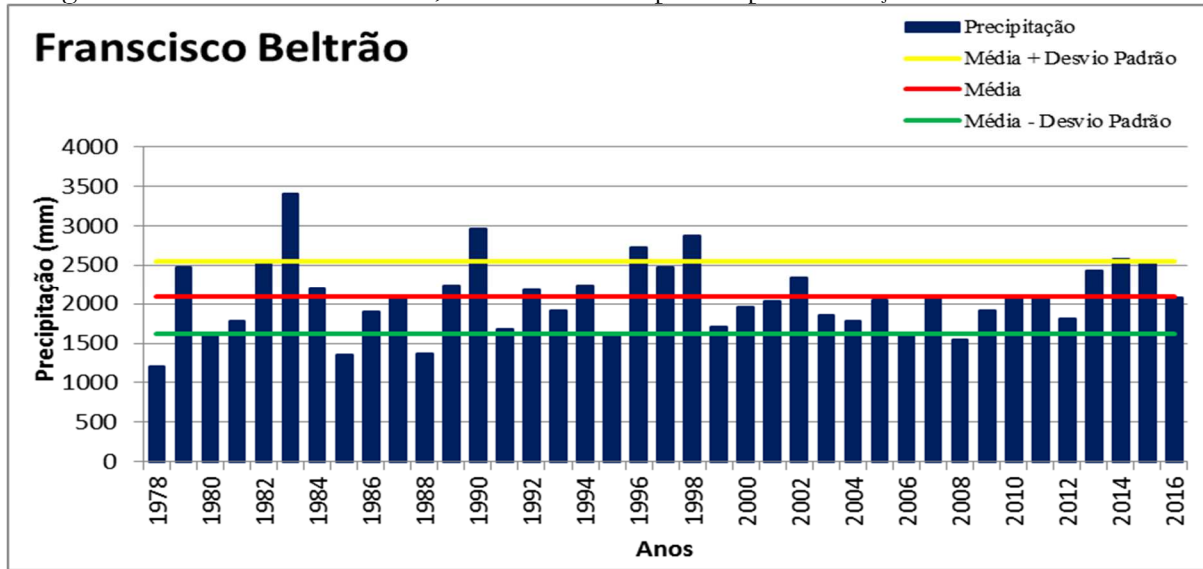
Fonte: ÁGUASPARANÁ (1978-2016).

A estação pluviométrica de Salto Claudelino (Figura 5), localizada em Clevelândia-PR, apresenta média de 2052,4 mm, com desvio padrão de 424,62 mm. Na série se destacam as chuvas acima da média até o ano de 1998, que em nove ocasiões (1979, 1982, 1983, 1990, 1992, 1994, 1996, 1997 e 1998) o acumulado de precipitação superou a média da estação. Nesse mesmo período, em seis anos (1978, 1981, 1985, 1988, 1991 e 1995) a precipitação ficou abaixo da “Média-Desvio Padrão”. Após 1998, as chuvas oscilaram próximas as médias da estação pluviométrica com três períodos (1999, 2006 e 2012) abaixo da “Média-Desvio Padrão”.

Com base nos anos padrão (Figura 6) da estação Salto Claudelino, observam-se oscilações entre períodos de “Tendente a Chuvoso” (1979, 1990, 1992, 1994, 1996, 1997, 1998 e 2015), normais e

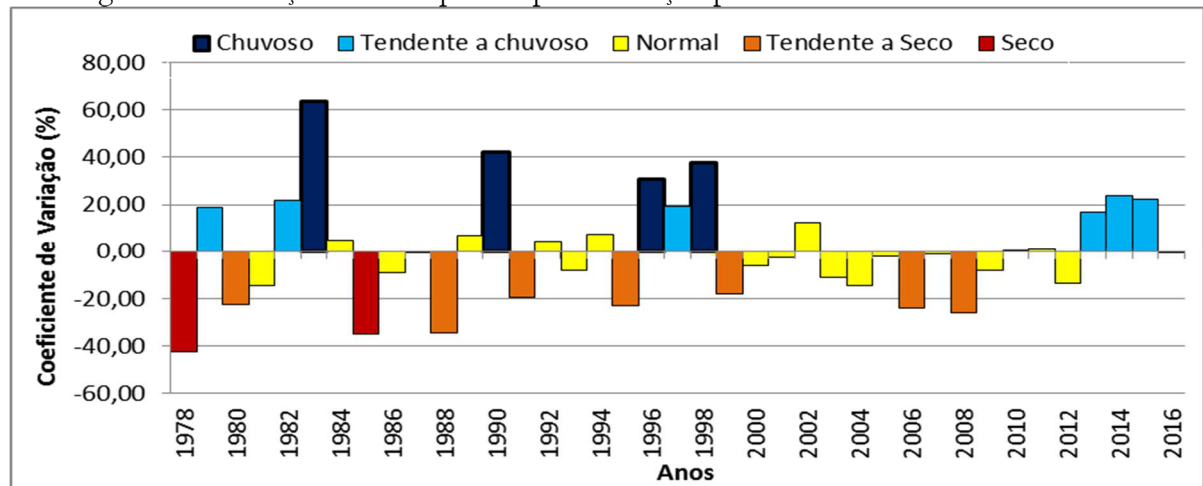
“Tendente a Seco” (1978, 1981, 1988, 1991, 1995 e 2012). Cabe destaque, aos extremos chuvosos (1983) e secos (1985, 1999 e 2006).

Figura 7 – Total anual de chuva, média e desvios-padrão para a estação "Francisco Beltrão".



Fonte: ÁGUASPARANÁ (1978-2016).

Figura 8 – Definição de anos-padrão para a estação pluviométrica "Francisco Beltrão".



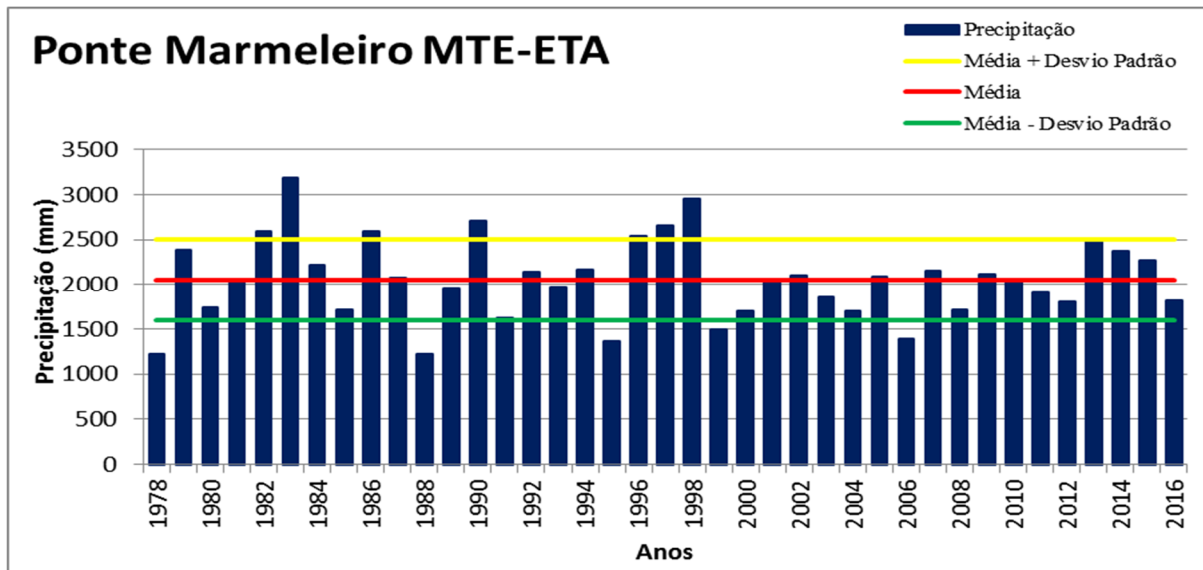
Fonte: ÁGUASPARANÁ (1978-2016).

O regime de chuvas na estação de Francisco Beltrão-PR (Figura 7) tem média de 2083,9 mm e desvio padrão de 468,5 mm. Em relação à precipitação, essa estação acompanha as estações pluviométricas supracitadas que oscilam no período de 1978 a 1998, com períodos chuvosos (1979, 1982, 1983, 1990, 1996, 1997 e 1998) e secos (1978, 1980, 1985, 1988, 1991 e 1995). Depois de 1998 a precipitação tende a ficar próxima da média, com apenas três momentos excedendo o desvio padrão positivamente (2014 e 2015) e negativamente (2008).

Os anos padrão para a estação Francisco Beltrão (Figura 8) ressaltam períodos classificados como “Tendente a Seco” (1980, 1988, 1991, 1995, 1999, 2006 e 2008) ao longo da série. Os anos elencados como “Tendente a Chuvoso” se distribuem (1979, 1982 e 1997) até o ano de 1998 e se concentram (2013,

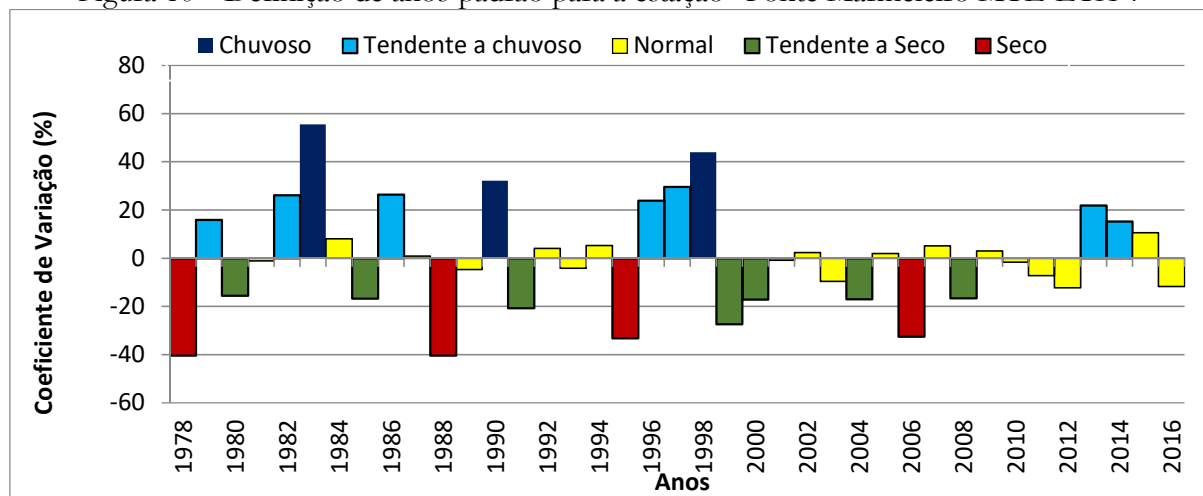
2014 e 2015) após esse ano. Os extremos surgem seis vezes nessa série, anos identificados como “Chuvoso” (1983, 1990, 1996 e 1998) e “Seco” (1978 e 1985).

Figura 9 – Total anual de chuva, média e desvios-padrão para a estação "Ponte Marmeleiro TEM-ETA".



Fonte: ÁGUASPARANÁ (1978-2016).

Figura 10– Definição de anos-padrão para a estação "Ponte Marmeleiro MTE-ETA".

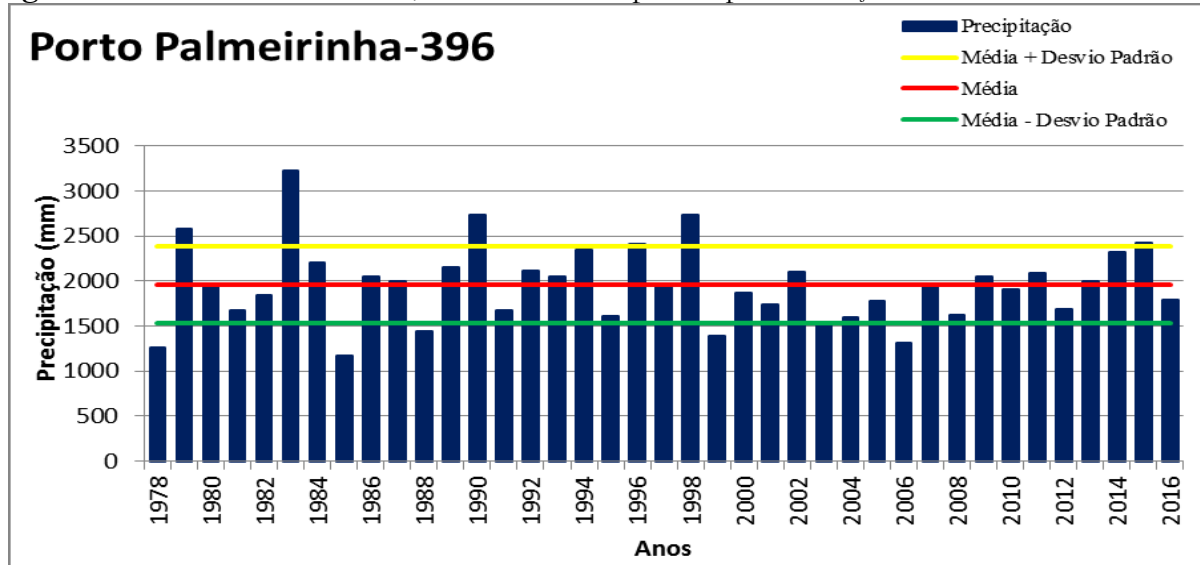


Fonte: ÁGUASPARANÁ (1978-2016).

A estação Ponte do Marmeleiro MTE-ETA (Figura 9) localiza-se em Marmeleiro-PR. Sua média ficou em 2053,2 mm e o desvio padrão 453,7 mm. Nessa Estação pluviométrica fica claro a tendência nas precipitações seguindo o padrão exposto nas demais. Até o ano de 1998 há uma oscilação com tendência a ocorrência de anos chuvosos (1979, 1982, 1983, 1986, 1990, 1996, 1997 e 1998), intercalando com alguns períodos de diminuição das precipitações (1978, 1985, 1988, 1991 e 1995). No decorrer do período (após 1998), o regime de chuvas oscilou próximo a média da estação pluviométrica, com dois momentos (1999 e 2006) de deficit de precipitação, ficando abaixo da “Média-Desvio Padrão” e em dois momentos (2013 e 2014) se aproximou da “Média+Desvio Padrão”.

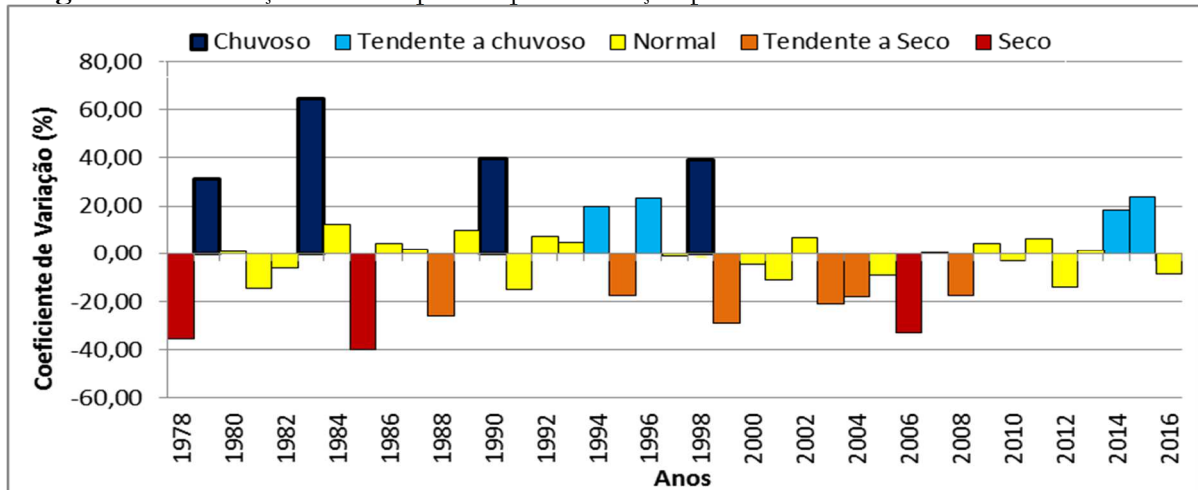
Na análise dos anos padrão (Figura 10) se destaca os períodos denominados “Seco” (1978, 1988, 1995 e 2006) e “Tendente a Seco” (1980, 1985, 1991, 1999, 2000, 2004, 2006, 2008) que até 1998 oscilava com anos chuvosos (1983, 1990 e 1998) e “Tendente a Chuvosos” (1979, 1982, 1986, 1996 e 1997). Porém, após 1998 as chuvas tendem a ficar próximas ou abaixo da média, exceto nos anos de 2013 e 2014.

Figura 11 – Total anual de chuva, média e desvios-padrão para a estação "Porto Palmeirinha-396".



Fonte: ÁGUASPARANÁ (1978-2016).

Figura 12– Definição de anos-padrão para a estação pluviométrica "Porto Palmeirinha-396".

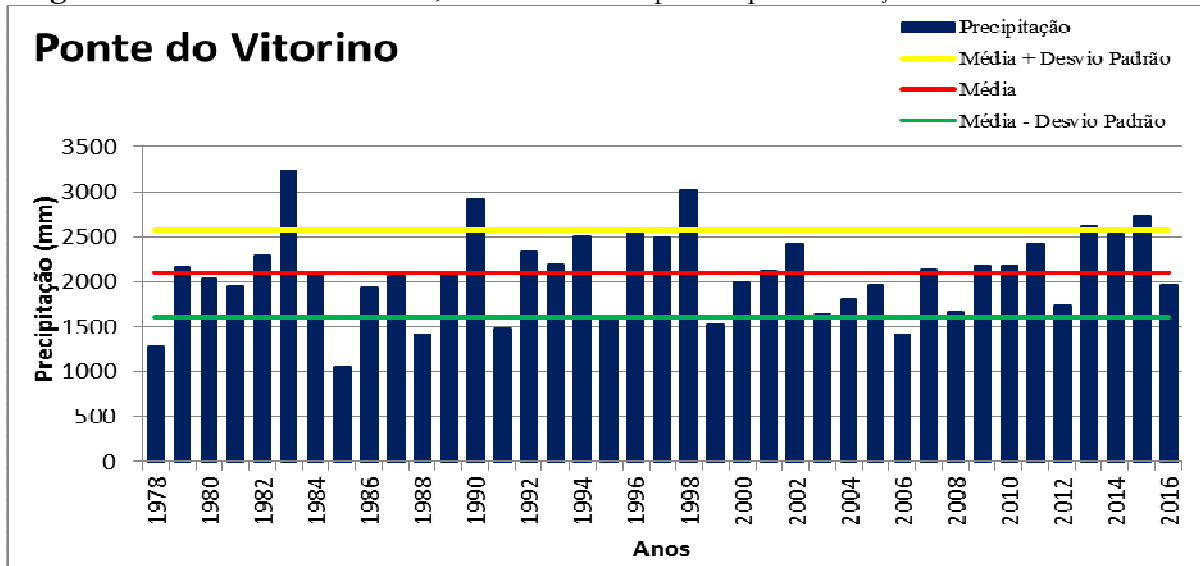


Fonte: ÁGUASPARANÁ (1978-2016).

A estação pluviométrica de Porto Palmeirinha (Figura 11) se localiza em Coronel Vivida-PR e apresenta média de 1959,9 mm e desvio padrão de 431,7 mm. Seguindo a constante divisão no regime pluviométrico exposta nas demais análises, até 1998, há uma variação entre anos chuvosos, que superam a “Média+Desvio Padrão” (1979, 1983, 1990, 1996 e 1998) e anos com diminuição nas precipitações, classificados como “Média-Desvio Padrão” (1978, 1985 e 1988). Após 1998, as chuvas passam a ficar mais próximas ou abaixo da média. Com excesso de chuvas apenas nos anos de 2014 e 2015.

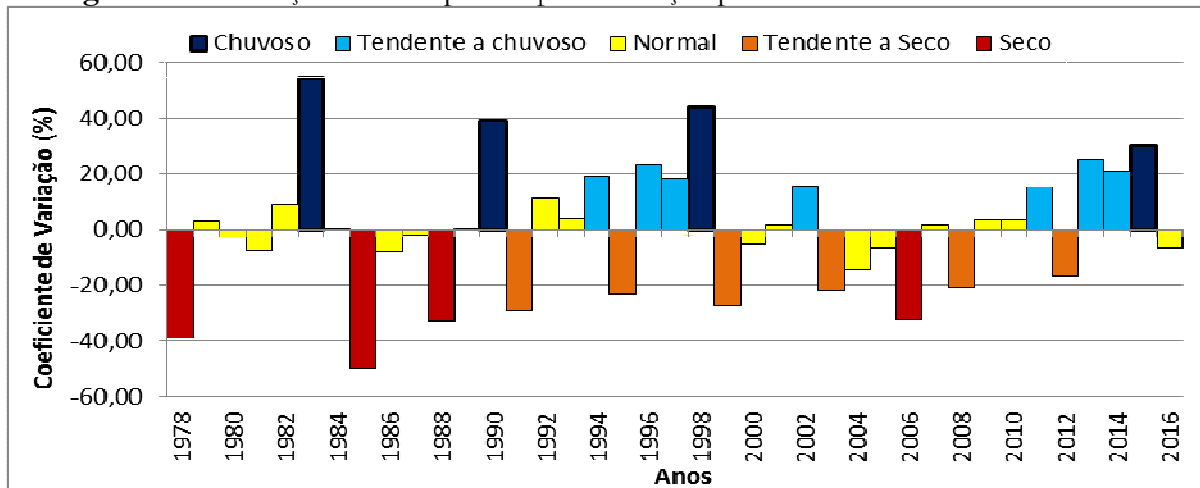
Na Figura 12 são definidos os anos padrão para a estação Porto Palmeirinha, na qual se acentuam os anos classificados como “Seco” (1978, 1985 e 2006) e “Tendente a Seco” (1988, 1995, 2003, 2004 e 2008) os quais oscilam com anos apontados como “Chuvoso” (1979, 1983, 1990 e 1998) e “Tendente a Chuvoso” (1994, 1996, 2014 e 2015). Contudo, a oscilação entre esses períodos diminui após 1998, predominando anos caracterizados como normal ou tendente a seco.

Figura 13– Total anual de chuva, média e desvios-padrão para a estação "Ponte do Vitorino".



Fonte: ÁGUASPARANÁ (1978-2016)

Figura 14– Definição de anos-padrão para a estação pluviométrica "Ponte do Vitorino".

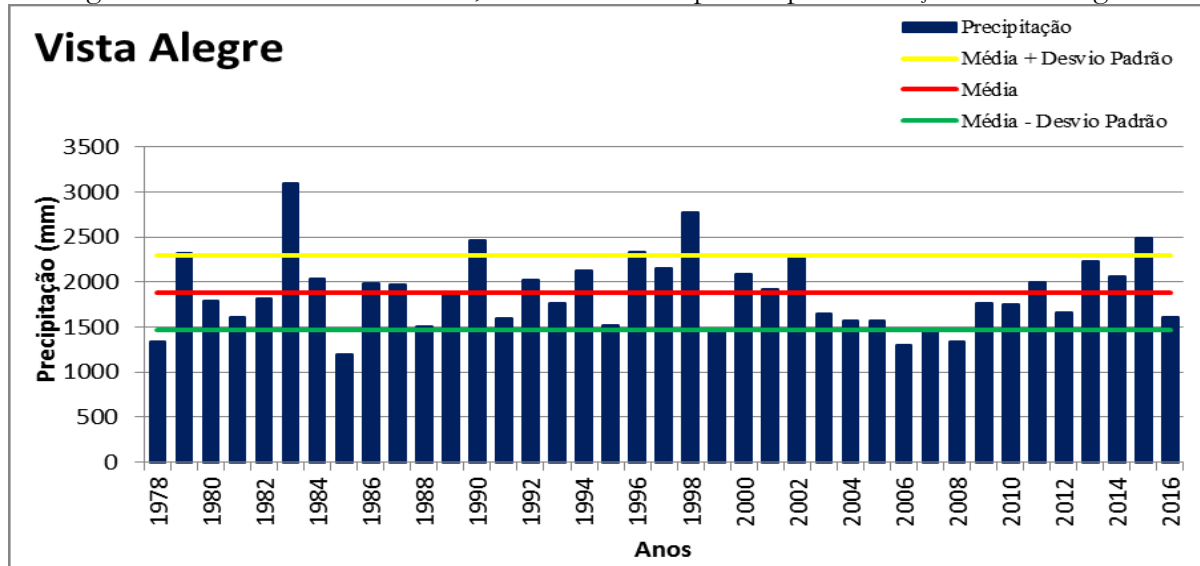


Fonte: ÁGUASPARANÁ (1978-2016).

O posto pluviométrico Ponte do Vitorino (Figura 13) localizado em Bom Sucesso do Sul-PR apresenta média de 2098,6 mm e desvio padrão de 484,3 mm. É marcado por cinco momentos (1983, 1990, 1998, 2013 e 2015), onde a precipitação supera a “Média+Desvio Padrão” em seis momentos (1978, 1985, 1988, 1990, 1999 e 2006), em que precipitação fica abaixo da “Média-Desvio Padrão”. Os demais anos variam dentro dos limites do desvio padrão.

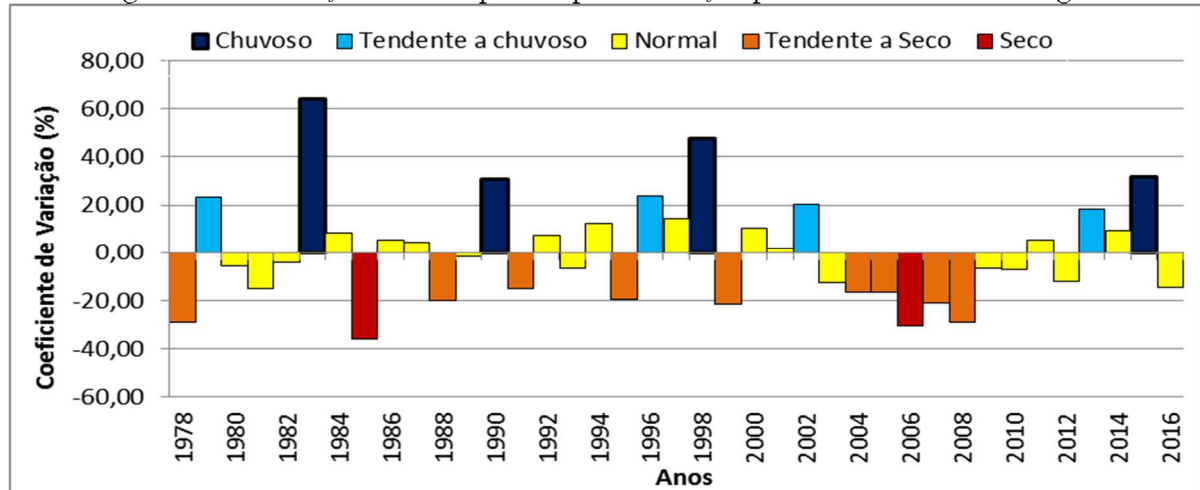
A classificação dos anos padrão (Figura 14) frisa uma alternância entre anos definidos como “Chuvoso” (1983, 1990, 1998 e 2015), “Tendente a Chuvoso” (1994, 1996, 1997, 2002, 2011, 2013 e 2014), “Tendente a Seco” (1991, 1995, 1999, 2003, 2008 e 2012) e “Seco” (1978, 1985, 1988 e 2006). Essa variabilidade segue durante o período estudado.

Figura 15 – Total anual de chuva, média e desvios-padrão para a estação "Vista Alegre".



Fonte: ÁGUASPARANÁ (1978-2016).

Figura 16– Definição de anos-padrão para a estação pluviométrica "Vista Alegre".

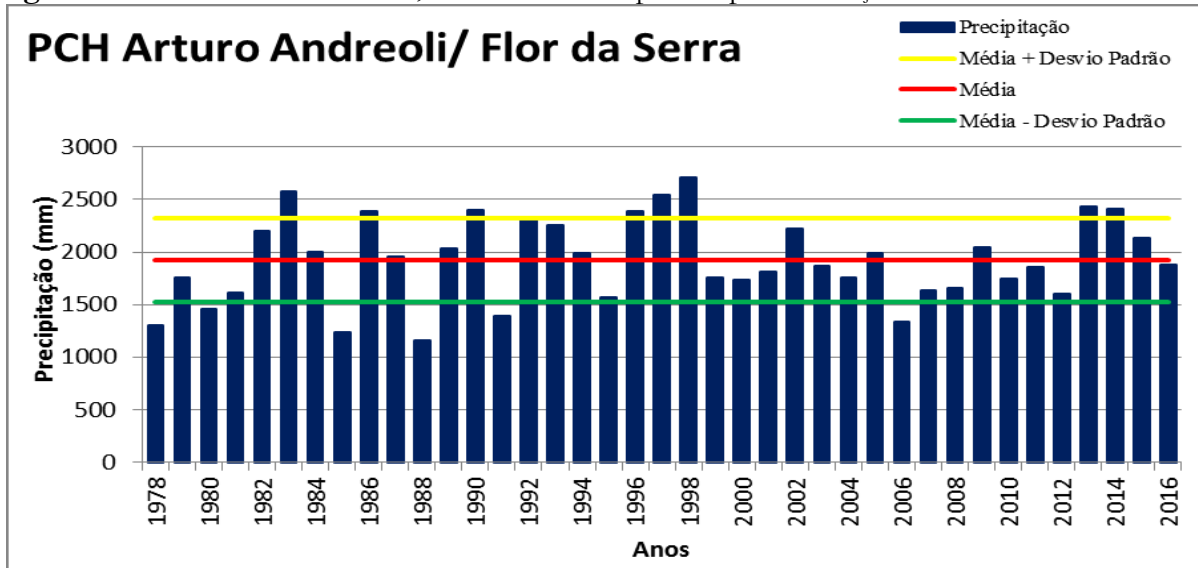


Fonte: ÁGUASPARANÁ (1978-2016).

Considerando à estação Vista Alegre (Figura 15), localizada em Coronel Vivida-PR, têm-se a menor média entres os pontos estudados, 1884,7 mm e desvio padrão de 413,4mm. Nessa série, a precipitação anual ficou fora dos limites do desvio padrão em 10 momentos, quatro vezes abaixo “Média-Desvio Padrão” (1978, 1985, 2006 e 2008) e seis vezes acima “Média+Desvio Padrão” (1979, 1983, 1990, 1996, 1998 e 2015).

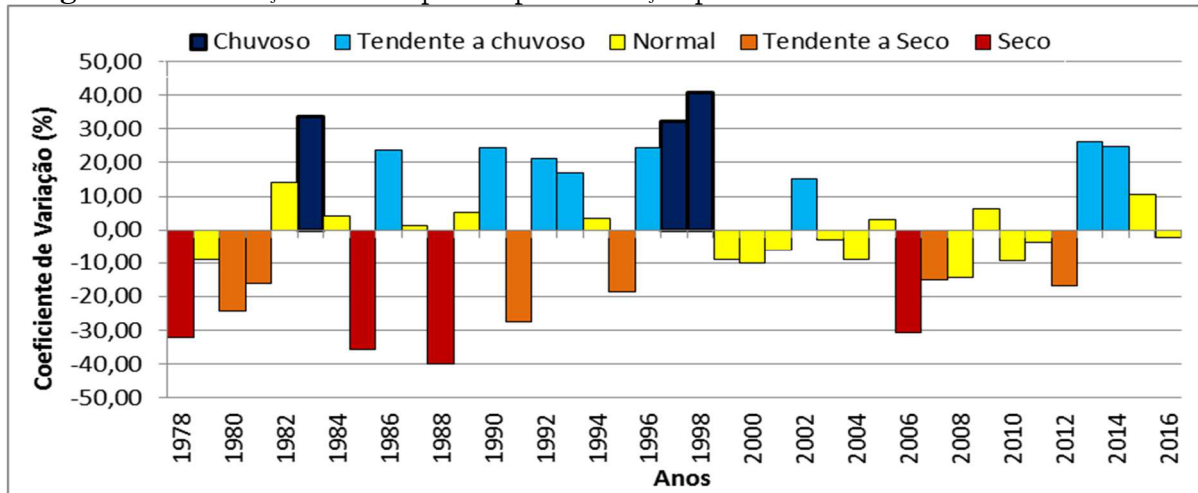
Já a Figura 16, aborda quatro anos definidos como “Chuvoso” (1983, 1990, 1998 e 2015), quatro anos como “Tendente a Chuvoso” (1979, 1996, 2002 e 2013), nove anos como “Tendente a Seco” (1978, 1988, 1991, 1995, 1999, 2004, 2005, 2007 e 2008) e dois anos como “Seco” (1985 e 2006). Vale ressaltar o período de 2004 a 2008, foram cinco anos com precipitações abaixo da média.

Figura 17 – Total anual de chuva, média e desvios-padrão para a estação "PCH Arturo Andreoli".



Fonte: ÁGUASPARANÁ (1978-2016).

Figura 18– Definição de anos-padrão para a estação pluviométrica "PCH Arturo Andreoli".



Fonte: ÁGUASPARANÁ (1978-2016).

Na estação pluviométrica mais a jusante da bacia, a PCH Arturo Andreoli (Figura 17) localizada em Saudades do Iguazu-PR verifica-se uma média de 1926 mm e desvio padrão de 399,1 mm. A variação na precipitação acompanha as tendências das outras estações, com variação até o ano de 1998 e, após esse período com uma frequência maior de anos com precipitação abaixo ou próxima da média. Cabe destaque aos oito anos (1983, 1986, 1990, 1996, 1997, 1998, 2013 e 2014) com precipitação acima da “Média+Desvio Padrão” e seis anos (1978, 1980, 1985, 1988, 1991 e 2006) com chuvas abaixo da “Média-Desvio Padrão”.

A definição dos anos padrão (Figura 18) aponta três anos como “Chuvoso” (1983, 1997 e 1998), oito anos como “Tendente a Chuvoso” (1986, 1990, 1992, 1993, 1996, 2002, 2013 e 2014), seis anos como “Tendente a Seco” (1980, 1981, 1991, 1995, 2007 e 2012) e quatro anos como “Seco” (1978, 1985, 1988 e 2006).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O regime de chuvas oscilou muito no período de 1978 á 2016, essa variação ficou expressa em todas as estações estudadas. Os resultados seguem uma tendência, até o ano de 1998 as precipitações apresentam uma oscilação entre anos chuvosos e secos, contudo, com maior ocorrência de precipitação acima da média. Após 1998 as precipitações tendem a permanecer na média ou abaixo da média.

A análise dos anos padrão caracterizou as oscilações abordadas nos gráficos (totais anuais e médias). Cabe ressaltar o aumento da precipitação no ano de 1983, que em todas as estações pluviométricas oscilou acima de 50% da média.

Os resultados dessa pesquisa provavelmente sofrem influência de fenômenos de escala global, como El Niño. Esses eventos afetam o regime de chuvas de maneira direta, contudo, tais análises serão expostas em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

- ANA. Agencia Nacional de Águas.** Disponível em: <www3.ana.gov.br/> Acesso em: 28 Ago. 2018.
- AYOADE, J. O. Introdução à climatologia para os trópicos. 13 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.
- BERTONI, Juan C.; TUCCI, Carlos E. M.. PRECIPITAÇÃO. In: TUCCI, Carlos E. M. (Org.). **HIDROLOGIA: ciência e aplicação.** 4. ed. Porto Alegre: UFRGS/abrh, 2009. p. 177-243.
- BARRIOS, N.A.Z.; HERNÁNDES, M.C.M. Aplicação de técnicas para escolha de anos-padrão, como base de estudo dinâmico das chuvas no extremo oeste paulista. Caderno Prudentino de Geografia, v.14, 1992, p.119-157.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 28 Ago. 2018.
- ITCG. Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná. Disponível em: <www.itcg.pr.gov.br/>. Acesso em: 28 Ago. 2018.
- MAACK, Reinhard. **GEOGRAFIA FÍSICA DO ESTADO DO PARANÁ.** 2. ed. Rio de Janeiro: Livraria José Olympio Editora, 1981. 450 p.
- NIMER, Edmon. **CLIMATOLOGIA DO BRASIL.** Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 422 p.
- ZAVATTINI, João Afonso; BOIN, Marcos Norberto. **Climatologia Geográfica: Teoria e Prática de Pesquisa.** Campinas: Alínea, 2013. 151 p.
- AGUASPARANÁ. Instituto das águas do Paraná. Disponível em: <www.aguasparana.pr.gov.br/>. Acesso em: 28 Ago. 2018.