

ANÁLISE DE PADRÕES E EXTREMOS DE VAZÃO NA PARTE ALTA DA BACIA DO RIO PARANÁ

Beatriz Mianni Motta¹, Andrea de Oliveira Cardoso¹, Amanda Rodrigues de Souza²

¹ Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do ABC, Santo André, SP, Brasil (beatriz.mianni@aluno.ufabc.edu.br)

² Universidade Federal do ABC, Santo André, SP, Brasil

Resumo: O objetivo desse trabalho foi caracterizar o padrão vazão e seus extremos em quatro postos fluviométricos, em locais de usinas hidrelétricas, pertencentes a parte alta da bacia do Rio Paraná, considerando o histórico observado de 1980 a 2020. Para isso, foram utilizados dados diários de vazões naturais, calculadas as médias mensais das vazões de longo prazo, para a obtenção da sazonalidade. Em complemento, a dispersão dos dados foi analisada do diagrama *box-plot*, que também destacou os eventos raros da série, os demais episódios de vazão foram identificados e classificados a partir do método dos quantis, que permitiu a identificação de casos extremos. Observou-se a semelhança do padrão sazonal de vazão para as estações estudadas e a ocorrência de eventos extremos em todas as estações nos anos de 1983 e 2014. De modo geral, os extremos de vazão abaixo (acima) do normal são mais frequentes a partir (antes) dos anos 2000, havendo persistência de extremos consecutivos de vazão muito baixa no período recente.

Palavras-chave: estudo de séries temporais, variabilidade de vazão, estações fluviométricas.

INTRODUÇÃO

A bacia do Paraná se estende do Sudeste ao Sul do Brasil, sendo incluída na Região Hidrográfica Paraná para fins de gestão dos recursos hídricos. Esta região possui uma área de aproximadamente 879.873 km² (10% do território nacional), abrangendo as unidades hidrográficas de São Paulo, Paraná, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás, Santa Catarina e Distrito Federal, concentrando cerca de um terço da população brasileira e assim, possuindo as maiores demandas por recursos hídricos do país, principalmente para usos em irrigação, industrial e urbano (ANA, 2015). Devido a sua extensão, a bacia do Rio Paraná possui padrões de vazão distintos entre suas regiões, assim como sistemas atmosféricas atuantes diferentes, o que mostra a necessidade de estudos focalizados em diferentes áreas.

Esta bacia apresenta grande importância nacional, inserida na região de maior desenvolvimento econômico do país, que possuem alta demanda

hídrica e energética. A população total da região é de, aproximadamente, 61,3 milhões de habitantes. Caracteriza-se por possuir população predominantemente urbana, representada por 93% do total de seus habitantes (ANA, 2015).

O uso do solo nessa região se transformou ao longo dos anos, que ocasionou em desmatamento e substituição da vegetação nativa. A agropecuária abrange uma área de pouco mais de 80 milhões de hectares, compostas principalmente por pastagens e lavouras (ANA, 2015).

A região possui uma das maiores demandas hídricas do país, igual a 736 m³/s de vazão de retirada, que corresponde a 31% da demanda total do país. Os usos preponderantes são o de irrigação, industrial e urbano. (ANA, 2015). Com o crescimento populacional e o alto desenvolvimento industrial, há uma grande pressão sob os recursos hídricos, visto que as demandas são cada vez maiores.

Segundo Reboita et al. (2010) e Malfatti et al. (2018), a parte do sul da bacia (parte baixa), localizada no

Sul do Brasil, possui precipitação praticamente homogênea ao longo do ano, enquanto na parte central e norte da bacia (parte alta), localizada no Sudeste e no Centro-oeste do Brasil, a precipitação apresenta um ciclo anual definido, com precipitações máximas no verão e mínimas no inverno, afetando diretamente em diferentes padrões de vazão. De acordo com os resultados de Malfatti et al. (2018), a parte alta da bacia se destaca com maiores diferenças entre os limiares extremos durante a estação chuvosa, apresentando uma maior dispersão na vazão. Isto demonstra que a região possui bastante variabilidade temporal na vazão, tornando mais complexo o planejamento de diversas atividades que demandam do uso da água.

A parte alta da bacia passou por diversas mudanças no uso e cobertura do solo nas últimas décadas, devido ao rápido crescimento econômico e populacional. Além disso, as mudanças nos padrões de precipitação e vazão foram observadas em toda a bacia, principalmente após a mudança climática dos anos 1970, como a ocorrência de precipitações e vazões extremas que podem afetar tanto o planejamento do uso do recurso hídrico quanto causar transtornos à população (Rafee, 2020).

Diante do exposto, este trabalho objetiva analisar o padrão de vazão, sua variabilidade e identificar eventos extremos na parte alta da Bacia do Rio Paraná.

MATERIAL E MÉTODOS

A Bacia do Rio Paraná compreende as sub-bacias Paranaíba (60), Grande (61), Paraná, Tietê e outros (62) e Paraná, Verde, Peixe e outros (63), Paraná, Paranapanema, Amambai e outros (64) e Paraná, Iguaçu (65), denominações adotadas pela Rede Hidrométrica Nacional (ANA, 2015). No presente trabalho foi estudada a parte alta da bacia, definida a partir das sub-bacias 60, 61, 62 e 63, destacadas na Figura 1.

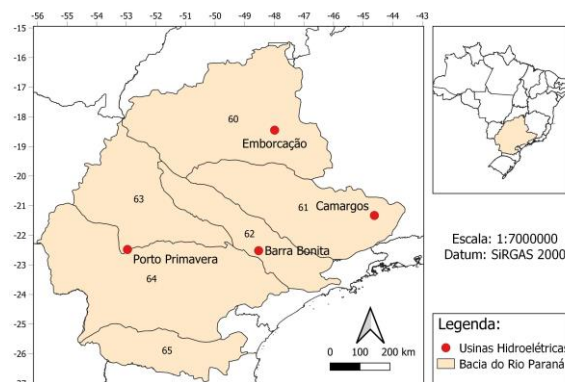


Figura 1. Área de estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para o desenvolvimento do trabalho, foram coletados dados diários de vazões naturais em locais de aproveitamentos hidroelétricos em pontos na parte alta da bacia do Paraná, disponibilizados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). Devido à falta de dados referente ao ano de 2020, os dados diários de vazões naturais desse ano utilizados foram disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA) através do Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR).

Foram selecionados 4 pontos de estudo com registros de vazão, correspondentes a usinas hidrelétricas (UHE), bem distribuídas ao longo da região estudada. São elas: UHE Barra Bonita, construída no rio Tietê, no município de Barra Bonita, em São Paulo; UHE Camargos, construída no Rio Grande, no município de Itutinga, em Minas Gerais, UHE Emborcação, construída no Rio Parnaíba, na divisa dos Estados de Minas Gerais e Goiás; UHE Porto Primavera, localizada no Rio Paraná, na divisa dos Estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. A localização dos pontos de estudo é apresentada na Figura 1. É possível observar que a estação mais à montante é a UHE Emborcação, seguida pela UHE Camargos, pela UHE Barra Bonita e por último a UHE Porto Primavera. O período de estudo foi de 1980 a 2020.

A partir da série diária de vazão foi calculada a média mensal, obtendo a série mensal. Então,

calculou-se as médias mensais nos 41 anos de vazões para, obtendo a sazonalidade desta variável.

Para analisar a dispersão desses dados, sua assimetria e a ocorrência de valores discrepantes, foi gerado para cada mês do ano o diagrama box-plot. Nesse diagrama, são utilizadas diversas informações do conjunto de dados observados. É formada uma caixa, sendo a borda inferior o valor do 1º quartil (Q1) e a borda superior o valor do 3º quartil (Q3), e dentro dele uma linha que representa a mediana. A partir da parte superior da caixa, traça-se uma linha até o limite superior, valor igual a $Q3 + 1,5(Q3-Q1)$; e de forma análoga, traça-se uma linha até o limite inferior, valor igual a $Q1 - 1,5(Q3-Q1)$. Os valores tanto acima ou abaixo destes limites são considerados outliers, que correspondem a eventos raros, ou seja, valores discrepantes ou atípicos (Naghettini & Pinto, 2007).

Outro método também utilizado foi o método dos quantis, descrito por Xavier & Xavier (1987), que permite identificar casos extremos, além de classificar os tipos de episódios. Para o cálculo dos quantis, primeiramente ordena-se a série de dados (P_i) de forma crescente, com i variando de 1 a n observações. Para cada valor, determina-se a ordem quantílica $P_i = i/(N+1)$. Para calcular o quantil $Q(P)$ para cada p_i temos que:

- Se P coincidir com algum P_i já obtido, então: $Q(P) = Q(P_i) = y_i$
- Se P não coincidir haverá um índice i tal que $P_i < P < P_{i+1}$, onde $Q(P)$ será obtido por interpolação, tal que: $Q(P) = y_i + \{[P - P_i] / [P_{i+1} - P_i]\} * [y_{i+1} - y_i]$

Conforme o critério de Xavier & Xavier (1987) aplicado para precipitação, os quantis são classificados como muito seco, se $P_i \leq 0,15$; seco, se $0,15 < P_i \leq 0,35$; normal, se $0,35 < P_i \leq 0,65$; chuvoso, se $0,65 < P_i \leq 0,85$ e muito chuvoso, se $P_i > 0,85$. Neste estudo, considerou-se os mesmos critérios, mas para a variável vazão mensal,

correspondendo a: vazão muito baixa, se $Q_i \leq 0,15$; baixa se $0,15 < Q_i \leq 0,35$; normal, se $0,35 < Q_i \leq 0,65$; alta, se $0,65 < Q_i \leq 0,85$ e muito alta se $Q_i > 0,85$.

A maior parte da análise dos dados foi realizada através da linguagem de programação R, que permite a visualização dos dados através de diferentes tipos de gráficos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os padrões sazonais de vazão média mensal, para o período de 1980-2020 para as quatro estações fluviométricas, juntamente com os limiares quantílicos, estão apresentados nas Figuras 2 a 5.

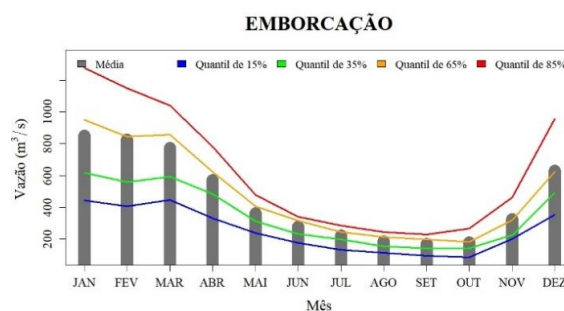


Figura 2. Padrão sazonal e limiares quantílicos da estação Emborcação.

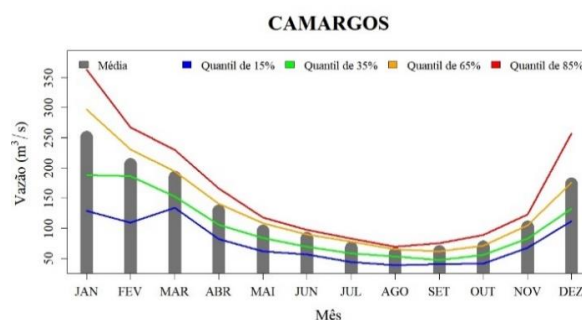


Figura 3. Padrão sazonal e limiares quantílicos da estação Camargos.

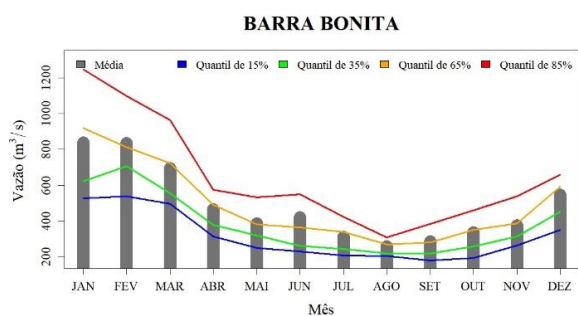


Figura 4. Padrão sazonal e limiares quantílicos da estação Barra Bonita.

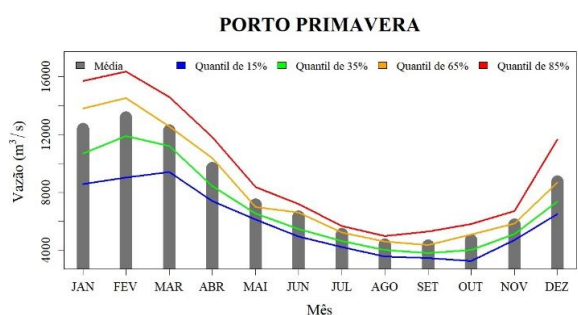


Figura 5. Padrão sazonal e limiares quantílicos da estação Porto Primavera.

Em relação ao padrão de vazão média mensal para as 4 estações, verifica-se que todas elas possuem um padrão sazonal parecido (barras cinza), com menores vazões nos meses de julho a outubro, e maiores vazões nos meses de dezembro a março. Entretanto, é possível observar a diferença de amplitude entre as vazões mínimas e máximas nas estações Camargos, localizada na parte mais alta da bacia, e a Porto Primavera, que se localiza mais a jusante, parte central. O resultado observado condiz com o apresentado por Malfatti et al. (2018), na qual a região mais ao norte da bacia apresenta uma amplitude de sazonalidade maior do que as regiões centrais e ao sul da bacia.

As figuras 2 a 5 também apresentam os valores dos quantis de 15%, 35%, 65% e 85% para cada mês. É possível observar a não-similaridade dos quantis extremos entre as estações. As estações mais à

montante, Emborcação e Camargos (Fig. 2 e 3), apresentam padrões sazonais parecidos em relação aos quantis de 85%, altos valores em janeiro, diminuição do valor até os meses de agosto e setembro, e aumento significativo a partir de outubro; e também em relação ao quantil de 15%, apresentando os maiores valores nos meses de janeiro e março. A estação Barra Bonita possui os limiares quantílicos de 85% diferentes das demais estações (Fig. 4), com valores maiores nos meses de verão, queda entre março e abril, seguindo-se estável até junho, diminuindo novamente em agosto, e aumentando a partir de setembro. A estação mais à jusante, Porto Primavera, apresenta um padrão sazonal de limiares quantílicos de 85% parecido com as estações Emborcação e Camargos, diferenciando-os pelo maior valor de quantil no mês de fevereiro; e um padrão sazonal dos quantis de 15% parecido com a estação Barra Bonita, apresentando valores maiores nos meses de verão, e menor valor no mês de outubro.

A variabilidade interanual dos tipos de eventos ocorridos, classificados através dos limiares quantílicos, estão apresentados nas Figuras 7, 9, 11 e 13. Os boxplots das vazões médias mensais de cada estação para o período são apresentados nas Figuras 6, 8, 10 e 12, e as Tabelas 1 a 4 contêm os valores dos outliers e o ano de sua ocorrência. Estes resultados serão discutidos conjuntamente, para cada posto.

Para a Emborcação, estação mais à montante, localizada na sub-bacia Paranaíba (60) (Fig. 6), os meses com menores vazões, de maio a outubro, são os que possuem mais simetria dos dados, de acordo com o boxplot. Os meses de novembro a abril possuem assimetria positiva, ou seja, mais observações abaixo da média do que acima dela. Os meses com maiores vazões, que se concentram no verão, apresentam maiores dispersões dos dados. Existem 25 outliers para essa estação (Tab. 1), com

destaque para os meses de fevereiro e dezembro, que possuem 4 e 5 outliers, respectivamente, e ausência no mês de agosto. Destaca-se o ano de 1982, com outliers nos meses de março, maio, junho e julho, e principalmente o ano de 1983, com outlier bastante significativo no mês de fevereiro, com vazão acima de 2300 m³/s, e outliers nos meses de abril a dezembro, exceto agosto. O ano de 1992 apresentou outliers nos meses de fevereiro, outubro, novembro e dezembro.

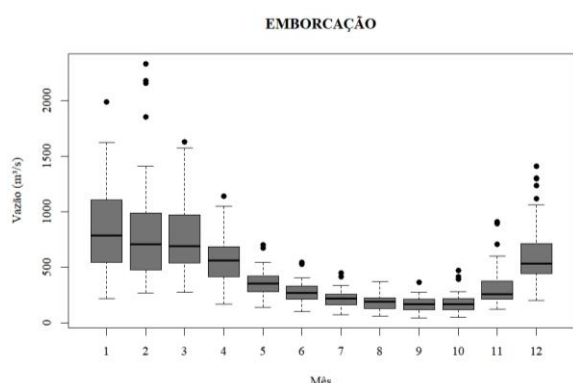


Figura 6. Boxplot da vazão mensal para a estação UHE Emborcação.

Tabela 1. Distribuição mensal dos outliers de vazão, em negrito, e os anos de ocorrência, em parênteses, para a estação UHE Emborcação.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
1991	2329	1629	1141	701	545
(2007)	(1983)	(1982)	(1983)	(1983)	(1983)
	2177			674	529
	(1992)			(1982)	(1982)
	2154				
	(2007)				
	1852				
	(1980)				
Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
449		366	476	909	1410
(1983)		(1983)	(1983)	(1992)	(1989)
418			416	891	1302
(1982)			(2006)	(1981)	(2005)
			395	708	1297
			(1992)	(1983)	(1983)
					1234
					(2006)
					1120
					(1992)

Para complementar a caracterização de casos de vazões extremas também foi utilizado o método dos quantis, analisou-se o gráfico interanual de eventos mensais (Fig. 7). No eixo x, está o período estudado, com um intervalo de 2 anos e no eixo y os meses do ano, assim é possível observar a classificação da vazão para cada mês do ano seguindo a divisão proposta por Xavier & Xavier (1987), sendo que o laranja escuro indica vazões muito baixas, o laranja claro, vazões baixas; o branco, vazões normais; o azul claro, vazões altas; e o azul escuro, vazões muito altas. A partir desta figura é possível observar que diversos anos apresentaram eventos de vazão muito baixa ou muito alta em pelo menos algum mês.

Para a estação Emborcação observa-se uma grande quantidade de eventos de vazão muito baixa no período de 2014 a 2019 (principalmente em 2017, com 11 eventos), assim como no ano de 2001, com 8 eventos em ambas as estações. Além disso, 1996 e 1999 também são destaques, com 8 eventos em cada. Em relação aos eventos de vazão muito alta, os anos de 1982 e 1983 são os grandes destaques, além do ano de 1992 com 8 eventos. Outro ano a ser destacado é o de 2006, no qual ocorreu 2 eventos outliers (Tab. 1) e 7 eventos de vazão muito alta.

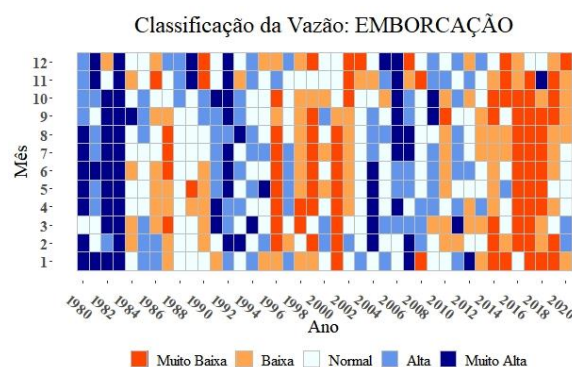


Figura 7. Classificação de eventos mensais de vazão por ano, para a UHE Emborcação para o período de 1980-2020.

Na estação de Camargos (Fig. 8), localizada na sub-bacia do Grande (61), os meses de janeiro e maio a setembro, período com menores vazões possuem uma

assimetria negativa, ou seja, observa-se mais dados/casos acima da média. Nos meses de novembro e dezembro, a assimetria é positiva e nos meses de fevereiro, março, abril e outubro a distribuição dos dados é mais simétrica. Os outliers totalizam em 18, não possuindo dados discrepantes em dezembro e janeiro, apesar da grande dispersão de dados nesses meses. No ano de 1983 ocorreu outliers positivos de fevereiro a novembro e em 1982, um ano antes, também ocorreram outliers significantes nos meses de março e abril. Além disso, em 2014 ocorreu um outlier negativo, ou seja, um volume de vazão muito inferior ao normal.

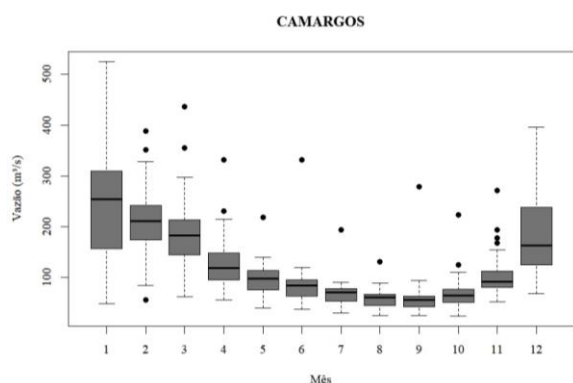


Figura 8. Boxplot da vazão mensal para a estação Camargos.

Tabela 2. Distribuição mensal dos outliers de vazão, em negrito, e os anos de ocorrência, em parênteses, para a estação Camargos.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
	389	436	332	218	332
	(1983)	(1983)	(1983)	(1983)	(1983)
	351	356	231		
	(1985)	(1982)	(1982)		
	57				
	(2014)				
Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
194	131	279	223	271	
(1983)	(1983)	(1983)	(1983)	(1983)	
			125	194	
			(2009)	(1996)	
				179	
				(2010)	
				169	
				(1981)	

Para a estação Camargos (Fig. 9) é possível observar a presença de um alto número de eventos de vazões muito baixas no período de 2014 a 2019. No ano de 2014 todos os meses apresentam vazões muito baixas, e em 2017 e 2019 apenas um mês não apresentou; em 2015 e 2018, oito meses apresentaram vazões muito baixas; em 2016, 6 meses tiveram esses eventos. Isto demonstra que essa parte da bacia tem sofrido com estiagens prologadas nos anos mais recentes. Em relação aos extremos de vazões muito altas, como discutido anteriormente, o ano de 1983 apresentou esses eventos em todos os meses. Outros anos também apresentam vazões muito altas, como 1992 com 7 eventos, 2009 com 6 eventos, e 1980, 1992 e 2012 com 5 eventos.

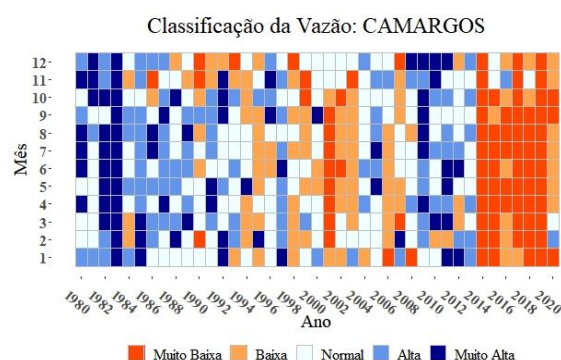


Figura 9. Classificação de eventos mensais de vazão por ano, para a UHE Camargos para o período de 1980-2020.

Para a estação de UHE Barra Bonita (Fig. 10), localizada na sub-bacia Paraná, Tietê e outros (62), é possível observar que a maior parte dos meses possui assimetria positiva, com exceção dos meses de maio e outubro, que são bem simétricos. Nos meses do verão concentram maior dispersão dos dados, como os meses de dezembro, janeiro e fevereiro, meses com vazões mais elevadas e maiores variabilidades. Os valores discrepantes (outliers) totalizam em 24, estando presente em todos os meses, com exceção de janeiro; a tabela 1 apresenta a distribuição mensal desses outliers. O destaque vai para o mês de junho,

com 4 outliers, e com um dado de vazão muito elevada, acima de 2400 m³/s. No período de dez/1982 a nov/1983 todos os meses, com exceção de janeiro, possuem um outlier referente a esse período. Alguns outros anos também podem ser destacados, como 1995 com um dado bastante discrepante em fevereiro, 1987 com outliers em maio e junho, 1991 com outliers em março e abril e 2009 com outliers em setembro e dezembro.

Em relação aos casos de vazão muito baixa, destaca-se o ano de 2014 com 11 meses de vazões muito baixas, o ano de 1981 com 7 eventos e o ano de 2020 com 6 eventos, outros anos também se destacam com 5 eventos, como 1986, 2003 e 2018. Em relação as vazões muito altas, o maior destaque é o ano de 1983, com todos os meses com eventos extremos, como descrito anteriormente através do método do bloxplot. Outros anos com outliers também apresentaram destaque através dos quantis, como 1987 e 1991, que apresentam, respectivamente, 4 e 5 eventos extremos. Outro aspecto observado é que as categorias de vazão abaixo (acima) do normal são mais frequentes a partir (antes) dos anos 2000, havendo persistência de extremos consecutivos de vazão muito baixa na última década. Este comportamento é comum para todos os postos analisados.

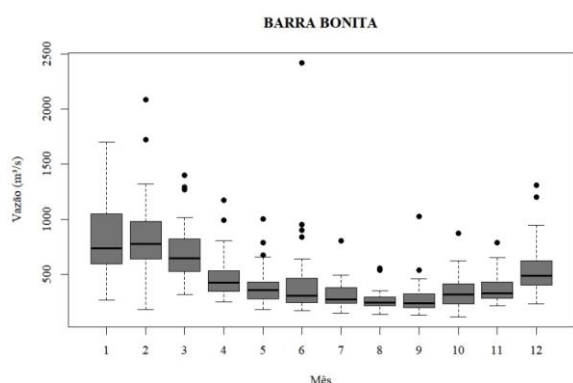


Figura 10. Boxplot da vazão mensal para a estação Barra Bonita.

Tabela 3. Distribuição mensal dos outliers de vazão, em negrito, e os anos de ocorrência, em parênteses, para a estação Barra Bonita.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
	2085	1398	1175	1004	2420
	(1995)	(1991)	(1991)	(1983)	(1983)
	1725	1292	992	785	947
	(1983)	(1983)	(1983)	(1987)	(2016)
		1269		673	902
		(1996)		(2017)	(1987)
					836
					(2012)
Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
804	552	1023	873	785	1311
(1983)	(1983)	(1983)	(1983)	(1983)	(2009)
	535	537			1201
	(1989)	(1993)			(1982)
		535			
		(2009)			

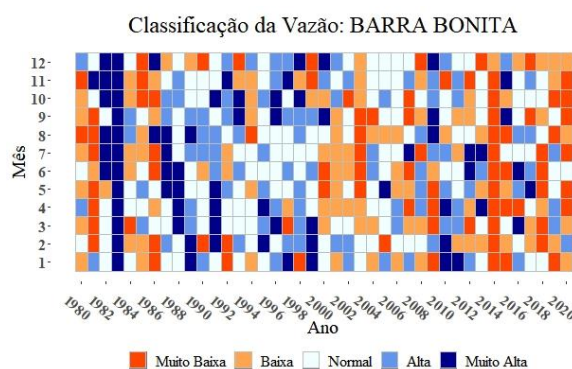


Figura 11. Classificação de eventos mensais de vazão por ano, para a UHE Barra Bonita para o período de 1980-2020.

Na estação de Porto Primavera, localizada na sub-bacia Paraná, Verde, Peixe e outros (63), observa-se que os meses de janeiro, março, maio, setembro e dezembro possuem assimetria positiva, o mês de outubro possui assimetria negativa, e os demais meses são mais simétricos (Fig. 12). Os meses com mais vazão, dezembro a abril, possuem maior dispersão dos dados, principalmente janeiro e abril. A estação possui 23 outliers, distribuída em todos os meses, com exceção de janeiro. Assim como nas demais estações, o ano de 1982 possui destaque, com outliers nos meses de março, junho, julho, agosto e novembro; e o ano de 1983, com outliers de fevereiro a dezembro. Além disso, assim como na estação de

UHE Camargos, ocorreu apenas um outlier de baixa vazão, em fevereiro de 2014.

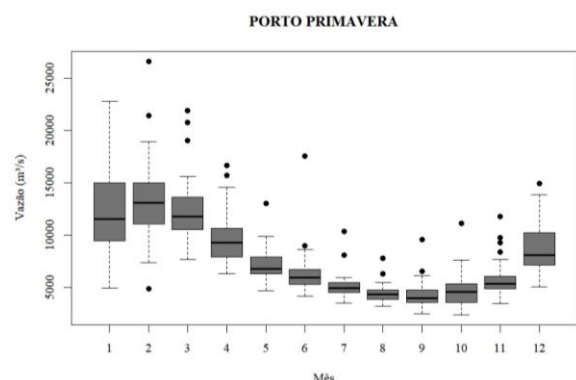


Figura 12. Boxplot da vazão mensal para a estação Porto Primavera.

Tabela 4. Distribuição mensal dos outliers de vazão, em negrito, e os anos de ocorrência, em parênteses, para a estação Porto Primavera.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
	26596	21903	16647	13015	17548
	(1983)	(2011)	(1983)	(1983)	(1983)
	21445	20786	15719		8984
	(2007)	(1983)	(1991)		(1982)
	4868	19052			
	(2014)	(1982)			
Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
10374	7802	9601	11155	11775	14959
(1983)	(1983)	(1983)	(1983)	(1983)	(1983)
8069	6328	6523		9787	
(1982)	(1982)	(2009)		(1981)	
				9273	
				(1992)	
				8415	
				(1982)	

Assim como as demais estações, a UHE Porto Primavera também apresentou diversos eventos de vazão muito baixa no ano de 2014 (11 eventos no ano), com queda no número de eventos nos anos de 2015 e 2016 (5 e 2 eventos, respectivamente) e aumento no ano de 2017, chegando a 7 eventos, mantendo-se assim pelos anos de 2018 e 2019, e aumentando novamente no ano de 2020, com 10 eventos de vazão muito baixa. No entanto, nota-se que a maior parte dos meses a partir de 2012 tendem a ser de vazões abaixo do normal, persistindo períodos críticos de estiagem. Em relação as vazões

muito altas, assim como as demais discussões apresentadas, o ano de 1982 e 1983 são grandes destaques. Outros anos também podem ser citados com um número significativo de eventos de vazão muito alta, como 1992, 2009 e 2011, com 5 eventos cada.

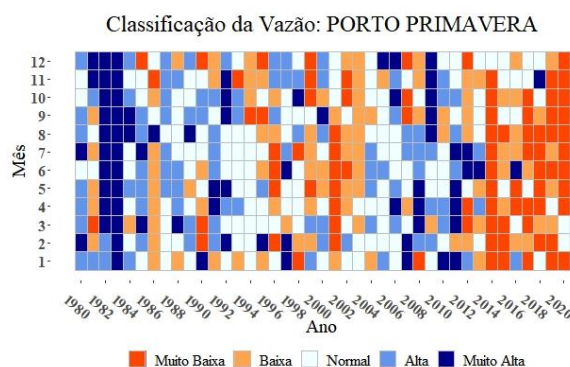


Figura 13. Classificação de eventos mensais de a vazão por ano, para a UHE Porto Primavera para o período de 1980-2020.

Após a análise, observa-se a ocorrência de eventos extremos de vazão em certos períodos em todas as estações, sendo possível relacionar com eventos climáticos que aconteceram. Em relação a vazões muito altas, destaca-se os anos de 1982/1983, em que ocorreu um dos eventos mais fortes de El Niño já registrados. Segundo Camiloni & Barros (2000), as anomalias da temperatura da superfície do mar (TSM) registradas na região Niño-1+2 e Niño-3 são significativamente relacionadas com as anomalias de vazão registradas na parte alta da Bacia do Rio Paraná.

Em relação a vazões muito baixas, destaca-se o ano de 2014; segundo Coelho et al. (2016) as condições de atividade convectiva anômalas na região tropical ao norte da Austrália, resultou em um sistema anômalo de alta pressão sobre o oceano Atlântico que por fim desfavoreceu a formação de eventos de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), sendo esse um dos principais mecanismos de precipitação sobre a região sudeste do Brasil, afetando assim

diretamente na seca registrada na Bacia do Rio Paraná.

CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos, foi possível observar o padrão sazonal entre as estações estudadas da parte alta da Bacia do Rio Paraná, com menores vazões nos meses de julho a outubro, e maiores vazões nos meses de dezembro a março, e a diferença entre a amplitude de sazonalidade da estação mais ao norte da bacia com as localizadas mais ao centro e ao sul, característica também observada no estudo de Malfatti et al. (2018).

Em relação a eventos extremos de vazão, verifica-se a relação entre a ocorrência de eventos climáticos e extremos de vazão, como por exemplo, em 1983, na qual a ocorrência do El Niño afetou diretamente nas anomalias de vazão da Bacia do Rio Paraná, gerando um impacto enorme tanto econômico, social, como biológico (Camiloni & Barros, 2000); ou ainda em 2014, onde verificou-se longos períodos de seca que impactaram diretamente no abastecimento de água da região sudeste do Brasil (Coelho et al., 2016).

De modo geral, nos pontos estudados, os extremos de vazão abaixo (acima) do normal são mais frequentes a partir (antes) dos anos 2000, havendo persistência de extremos consecutivos de vazão muito baixa no período recente, o que pode ser indício de uma tendência negativa, associada a extremos de vazão.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio à pesquisa, através da bolsa de iniciação tecnológica do primeiro autor e de mestrado do terceiro autor. À UFABC pelo apoio técnico.

REFERÊNCIAS

ANA. Agência Nacional de Águas (Brasil). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões

hidrográficas brasileiras – Edição Especial. Brasília: ANA, 2015.

CAMILLONI, I. & BARROS, V. (2000). The Paraná River Response to El Niño 1982–83 and 1997–98 Events. *J. Hydrometeorol.* 1, 412–430.

COELHO, C. A. S.; CARDOSO, D. H. F.; FIRPO, M. A. F. A seca de 2013 a 2015 na região sudeste do Brasil. *Climanálise –Edição Especial de 30 anos*, p. 55-61, 2016.

MALFATTI, M. G. L.; CARDOSO, A. O.; HAMBURGER, D. S. Identificação de regiões pluviométricas homogêneas na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná. *GEOCIÊNCIAS (SÃO PAULO. ONLINE)*, v. 37, p. 409-421, 2018.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. Hidrologia estatística. Belo Horizonte: CPRM. 2007.

RAFEE, S.A.A. Land Use and Cover or Precipitation? Changes on Hydrological Response of the Upper Paraná River Basin. Lund: Department of Water Resources Engineering, Lund Institute of Technology, Lund University, 2020. 101 p.

REBOITA, M.S., M.S., GAN, M.A., DA ROCHA, R.P., AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. *Rev. Bras. de Meteorol.* 25, 185-204, 2010.

XAVIER, T.M.B. S. & XAVIER, A.F.S. Classificação e monitoração de períodos secos ou chuvosos e cálculo e índices pluviométricos para região Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia/Caderno de Recursos Hídricos*, v. 5, n. 2, p. 7-3, 1987.

XAVIER, A. C. F. Avaliação da frequência de eventos extremos de inundação nas principais sub-bacias do rio Paraná. 2017. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2017.