

# Análise multivariada da qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Jauquara – MT

## Multivariate analysis of water quality in the Jauquara hydrographic basin – MT

## Análisis multivariado de la calidad del agua en la cuenca hidrográfica de Jauquara – MT



**Jhon Wittor Araújo Nunes**

Secretaria do Estado de Mato Grosso (SEDUC), Nova Olímpia, Mato Grosso, Brasil

[Jhonwittor@gmail.com](mailto:Jhonwittor@gmail.com)



**Tadeu Miranda de Queiroz**

Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Mutum, Mato Grosso

[tdmqueiroz@unemat.br](mailto:tdmqueiroz@unemat.br)

**Resumo:** O trabalho teve como objetivo analisar os dados da qualidade da água da Bacia Hidrográfica do Rio Jauquara (BHRJ) por meio da estatística multivariada com Análises de Agrupamentos ou Clusters (AA) e Análise Fatorial/Análise de Componente Principal (AF/ACP). Foram adquiridos um banco de dados com 21 pontos amostrais num período de maio de 2016 a julho de 2017, sendo divididos em períodos secos e chuvosos. As variáveis avaliadas são: Potencial Hidrogeniônico (pH), Condutividade Elétrica (CE), Cloreto (Cl<sup>-</sup>), Cálcio (Ca<sup>2+</sup>), Magnésio (Mg<sup>2+</sup>), Potássio (K<sup>+</sup>), Sódio (Na<sup>+</sup>), Dureza (Dur), Bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Fósforo (P), Nitrogênio (N), e Oxigênio Dissolvido (OD). Os resultados de AA revelam três grupos predominantes, e os da ACP três Componentes Principais, na qual o elemento em destaque foram HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Dur e CE tanto no período de seca quanto no de chuva. Concluiu-se que a contaminação dos corpos hídricos, na Bacia do Rio Jauquara é dada por um conjunto de fatores ambientais, sejam essas atividades antrópicas e/ou da dissolução de íons de rochas em corpos hídricos.

**Palavra-chave:** Físico-Química. Recursos Hídricos. Fatores Ambientais.

**Abstract:** The work aimed to analyze the water quality data of the River Jauquara Hydrographic Basin (RJHB) using multivariate statistics with Cluster Analysis (CA) and Factor Analysis / Principal Component Analysis (FA/PCA). A database with 21 sample points was acquired from May 2016 to July 2017, being divided into dry and rainy periods. The variables evaluated are: Hydrogenionic Potential (pH), Electrical Conductivity (EC), Chloride (Cl<sup>-</sup>), Calcium (Ca<sup>2+</sup>), Magnesium (Mg<sup>2+</sup>), Potassium (K<sup>+</sup>), Sodium (Na<sup>+</sup>), Hardness (Dur), Bicarbonate (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Phosphorus (P), Nitrogen (N), and Dissolved Oxygen (OD). The results of CA reveal three predominant groups, and those of PCA, three main components, in which the highlighted element were HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Dur and CE in both dry and rainy periods. It was concluded that the contamination of water accumulations in the Jauquara River Basin is due to a set of environmental factors, whether these activities are anthropic and / or the dissolution of rock ions in water accumulations.

**Keyword:** Physic-Chemistry. Water Resources. Environmental Factors.

**Resumen:** El trabajo dirigido a analizar los datos de calidad del agua de la cuenca del río Jauquara utilizando estadísticas multivariadas con Análisis de Conglomerados o Conglomerados (AA) y Análisis de Factores/Análisis de Componentes Principales (AF/ACP). Se adquirió una base de datos con 21 puntos de muestra desde mayo de 2016 hasta julio de 2017, que se divide en períodos secos y lluviosos. Las variables evaluadas son: potencial hidrogeniónico (pH), conductividad eléctrica (CE), cloruro (Cl<sup>-</sup>), calcio (Ca<sup>2+</sup>), magnesio (Mg<sup>2+</sup>), potasio (K<sup>+</sup>), sodio (Na<sup>+</sup>), dureza (Dur), bicarbonato (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>), Fósforo (P), Nitrógeno (N) y Oxígeno Disuelto (OD). Los resultados de AA revelan tres grupos predominantes, y los de ACP tres componentes principales, en los que el elemento destacado fueron HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Dur y CE tanto en el período seco como en el lluvioso. Se concluyó que la contaminación de los cuerpos de agua en la cuenca del río Jauquara se debe a un conjunto de factores ambientales, ya sea que estas actividades sean antrópicas y/o la disolución de iones de roca en los cuerpos de agua.

**Palabra Clave:** Físico-Química. Recursos hídricos. Factores ambientales.

## Introdução

A água é um dos recursos ambientais considerado mais importante para os seres humanos e para todos que precisam utilizar da mesma (BRAGA, 2005), com destaque os usos na agricultura, para abastecimento humano e para as indústrias (GUILHERME; SILVA, 2000). Essas informações sobre a água são fundamentais para realizar o planejamento e a gestão de bacias hidrográficas para compreender o comportamento hidrológico associado as suas utilizações.

A definição de bacia é uma unidade geoambiental que tem o seu ciclo natural de água regulado, e possui alterações naturais ou antrópicas que ocorrem dentro dos seus limites (VERÍSSIMO et al. 2013). Dessa forma, a bacia de drenagem a ser estudada é do Rio Jauquara que está localizada no interior do estado de Mato Grosso entre os municípios de “Barra do Bugres, Porto Estrela, Nossa Senhora do Livramento e Rosário Oeste” (CASSETARI; QUEIROZ, 2020).

A Bacia Hidrográfica do Rio Jauquara (BHRJ) está entre o conjunto de Bacias Paraguai/Jauquara que foi estudada por Casarin e colaboradores (2008). Neste estudo foi detectado uma lacuna de conhecimento sobre as características físico-químicas, o que torna viável realizar a avaliação e o monitoramento de dados estatísticos multivariados para entender o comportamento das variáveis hidroquímicas, já que esse corpo hídrico abastece assentamentos e comunidades quilombolas.

Tendo em vista que essa área é importante por possuir características de transição entre os biomas Cerrado-Amazônia-Pantanal, cuja paisagem natural é composta por elevações e baixadas, as quais “fazem parte da Província Serrana, um corredor de serras com cerca de 400 km de comprimento por 40 km de largura, o qual conecta o Cerrado à transição do bioma Amazônico e ao Pantanal” (VALADÃO, 2012, p.19).

As análises multivariadas são importantes procedimentos estatísticos que evidenciam níveis de contaminação em ambientes aquáticos, seja este

de forma natural e/ou antrópica. A antropização dessas áreas geralmente ocorre por produtos químicos que são utilizados na agricultura e mineração (NOORI et al., 2010; PESSOA et al., 2013), além dos que são transportados pela chuva aos corpos hídricos (BRASIL, 2014), e por fim os efluentes domésticos ou os dejetos de animais em céu aberto sem tratamento prévio (FREITAS; BRILHANTE; ALMEIDA, 2001; SAMPAIO, 2003; LIBÂNIO, 2005).

A abordagem desse assunto pode auxiliar nos estudos aplicados a qualidade da água das bacias, que está sendo discutido por alguns autores, por exemplo, Fan et al. (2010) no Rio das Pérolas na China; González et al. (2011) no rio Potrero de los Funes na Argentina; Mao; Mo; Guo, (2013) em regiões mais baixas do rio Xiangjiang, sul da China; Gumbo et al. (2016) no Rio Luvuvhu e na barragem de Nandoni no distrito de Vhembe, África do Sul; Medeiros et al. (2017) no córrego Recanto na cidade De Nova Odessa, São Paulo; entre outros.

As técnicas mais utilizadas são as de Análise de Agrupamento (AA) e Análise Fatorial/Análise de Componente Principal (AF/ACP) com finalidade de realizar interpretações sobre os dados de qualidade da água e de outros problemas ambientais. O foco se dá pela aplicação da ACP devido aos resultados que indica quais tomadas de decisões são viáveis para o gerenciamento dos recursos hídricos e o controle da poluição (FAN et al. 2010; OUYANG, 2005).

Diante aos argumentos expostos, o presente estudo, objetivou-se analisar os dados físico-químicos da qualidade da água por meio de análise estatística multivariada, identificando-os possíveis grupos de variáveis que mais se destacam na Bacia Hidrográfica do Rio Jauquara-MT.

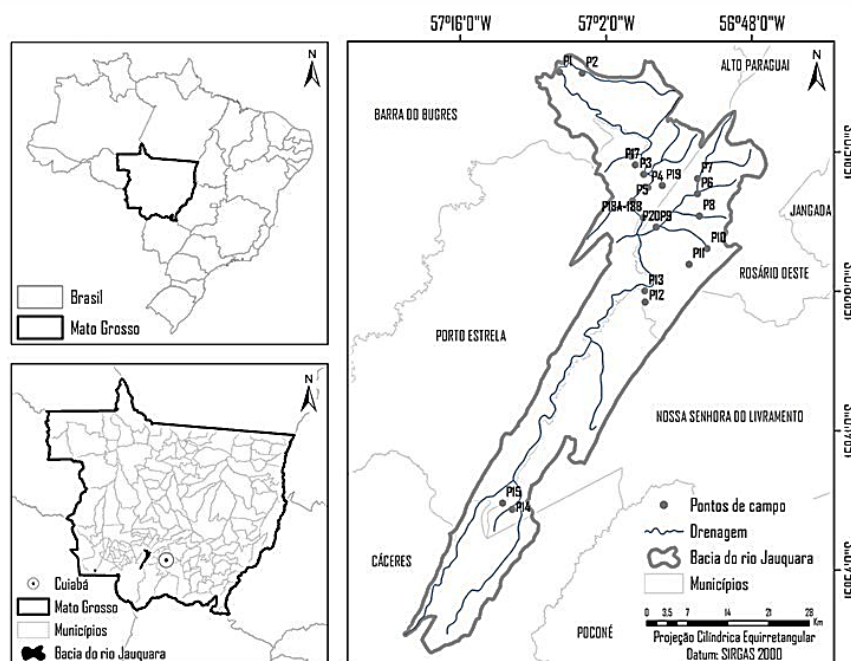
## Material e Métodos

### Área de estudo e coleta de dados

A área de estudo foi a Bacia Hidrográfica do Rio Jauquara (BHRJ), a qual possui uma área territorial de 1.408 km<sup>2</sup> e altitude variando de 150 a

920 metros (Figura 1), localizando-se entre as coordenadas geográficas 15° S e 15°50' S latitude e 57°15' O e 56°45' O de longitude. A BHRJ possui variações de precipitação média anual de 1344,3 mm e temperatura média anual de 25,5°C (CASSETARI; QUEIROZ, 2020). A classificação climática de Köppen divide-se em duas, o primeiro é a savana tropical quente, semi-úmida e temperada (Aw) e o segundo é a altitude tropical quente (Cwa) (SOUZA et al., 2014). Os principais tipos de solos da BHRJ são os cambissolos, os latossolos e as areias quartzosas; a vegetação predominante são o cerrado e os campos de mata (PESSOA, 2013).

**Figura 1:** Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Elaboração dos autores (2019)



Fonte: Elaboração dos autores (2019).

Os 21 pontos amostrais dos dados hidroquímicos da BHRJ descritos no Quadro 1 foram adquiridos no Laboratório de Qualidade de Água (LaQuA) e de Química da Universidade do Estado de Mato Grosso *campus* Barra do Bugres. A coleta das amostras de águas foi feita em frascos plásticos com capacidade de 1 L, durante maio de 2016 a julho de 2017, totalizando quinze

campanhas, sendo oito no período de seca e sete no de chuva. As amostras foram analisadas em triplicadas com uma duração máxima de 24 horas após a realização da coleta (MANTOVANI, et al., 2009; ALMEIDA, 2010).

**Quadro 1:** Pontos de coletas da Bacia Hidrográfica do Rio Jauquara – MT.

Pontos	Coordenadas geográficas		Localização
	Latitude Sul	Longitude Oeste	
P.1	15° 07' 34.640"	57° 06' 27.126"	Rio Jauquara (Ponte Rodovia MT 246)
P.2	15° 07' 39.736"	57° 04' 16.455"	Córrego MT 246 depois da ponte Jauquara sentido Barra-Jangada
P.3	15° 17' 06.428"	56° 58' 20.614"	Córrego Vaca Morta
P.4	15° 18' 20.568"	56° 57' 57.734"	Ponte Assentamento Com. Morro Redondo
P.5	15° 19' 35.534"	56° 59' 25.758"	Rio Jauquara Comunidade Baxius
P.6	15° 18' 55.593"	56° 53' 11.669"	Córrego Juquarinha – Ponte na Fazenda Buriti
P.7	15° 17' 30.155"	56° 53' 10.642"	Córrego Grande – Ponte na Fazenda Buriti
P.8	15° 20' 59.820"	56° 53' 0.165"	Córrego Lage – Captação Irrigação (Com. Juquara)
P.9	15° 22' 03.087"	56° 57' 10.100"	Rio Juquarinha – Ponte Cabo de Aço (Com. Juquarinha)
P.10	15° 24' 02.549"	56° 52' 15.476"	Córrego Saloba (ponte MT 160)
P.11	15° 25' 30.545"	56° 53' 59.470"	Córrego Jatobá (Ponte MT 160)
P.12	15° 29' 00.938"	56° 58' 12.902"	Ribeirão Água Limpa – (Ponte MT 160)
P.13	15° 27' 58.969"	56° 58' 14.689"	Rio Jauquara – Fazenda do Osvaldão
P.14	15° 48' 20.500"	57° 11' 02.940"	Córrego Coqueiro – Fazenda Coqueiro (Próximo à Nascente)
P.15	15° 47' 45.81"	57° 11' 58.640"	Rio Jauquara – Fazenda Coqueiro (Próximo à Nascente)
P.16	15° 15' 26.317"	56° 59' 33.548"	Mina na escola Vãozinho
P.17	15° 16' 13.315"	56° 59' 10.579"	Mina Comunidade Vãozinho
P.18A	15° 21' 08.875"	56° 58' 23.903"	Mina Com. Gruta Camarinha (Doce)
P.18B			Mina Com. Gruta Camarinha (Salgada)
P.19	15° 18' 09.290"	56° 56' 34.506"	Mina Comunidade Morro Redondo
P.20	15° 22' 01.882"	56° 57' 08.892"	Mina – Comunidade Juquarinha

## Análise de Multivariada e Procedimentos estatísticos

A análise de estatística multivariada dá-se por dois métodos. O primeiro é o método de *Clusters* (ou Análise de Agrupamentos Hierárquicos – HCA), que relacionam as amostras em grupos semelhantes, e o segundo a Análise fatorial/Análise de Componente Principal (ACP), pois permite remover a multicolinearidade entre as variáveis avaliadas, e transformá-las em conjuntos de dados não correlacionadas. Porém, esse procedimento não aceita matrizes que possuem variáveis com zero ou com dados ausentes, pois esse método é muito sensível a outliers (HAIR et al., 2007; GUEDES et al., 2012; HONGLYU, 2015; HONGLYU, 2016).

Os dados foram organizados numa planilha e processados estaticamente no *software* Past, sendo que as variáveis de qualidade da água foram divididas em períodos seco e chuvoso.

Para a realização de análises multivariadas, conforme Landim (2011) é necessário verificar a normalidade da sequência dos dados a serem avaliados, e assim utilizou-se o método Shapiro-Wilk e o teste Chi quadrado ( $X^2$ ) para todas as variáveis, evitando-se a possibilidade de ter uma falsa normalidade. Nesta etapa, verificou-se que todos os pontos de coletas apresentam valores aceitáveis em suas variáveis, o que infere que os dados não possuem anomalia.

## Métodos de Agrupamentos (Cluster)

A análise de Agrupamento ou de *Cluster* serve para identificar similaridades entre casos e variáveis que quando reunidas geram grupos discretos, relativamente homogêneos. A estrutura final dos grupos majoritários e dos sub-grupos formam uma árvore de classificação, conhecida como dendrograma, que é necessário por apresentar uma síntese dos resultados de maneira objetiva (EVERITT, 1993). A estratégia de agrupamento foi por intermédio da técnica de *Ward's* a partir da distância



Euclidiana (MOITA NETO; MOITA, 1998), que serve para medir a similaridade ou dissimilaridade entre os indivíduos (EVERITT, 1993).

## Métodos dos Principais Componentes relacionada a Análise Fatorial (AF/ACP)

A Análise de Componente Principal (ACP) foi realizada através de variáveis físico-químicas que foram divididas em períodos secos e chuvosos, e segundo as instruções de Ouyang, (2005) são categorizados em cinco etapas, à saber:

- (i) Padronizar os valores, conforme a Equação 1, para garantir que eles possuem pesos iguais, assim a média e o desvio de padrão são iguais a zero e um, respectivamente;
- (ii) Calcular a matriz de correlações  $r$  ou matriz de covariância  $\sigma$ ;
- (iii) Determinar os autovetores  $(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$ , e seus correspondentes de autovalores  $(a_1, a_2, \dots, a_p)$ , de acordo com a Equação 2;
- (iv) Descartar os componentes que não tenham variância nos dados; e
- (v) Desenvolver a matriz de cargas fatoriais com aplicação ou não de métodos de rotação de variáveis à matriz, com intuito de diminuir o número de componentes principais (CP).

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} - \mu_j}{s(x_j)}, \text{ sendo } i = 1, 2, \dots, n \text{ e } j = 1, 2, \dots, p \quad (\text{Equação 1})$$

$$|R - I\lambda| \text{ ou } \det [R - I\lambda] = 0 \quad (\text{Equação 2})$$

Em que:

$x_{ij}$ : é a característica do elemento  $i$ ;

$\mu_j$ : valor médio dos elementos  $v$ ;

$\lambda$ : os auto vetores;  $v$ : níveis de liberdade;

$R$ : determinante da matriz de correlação.

A ACP para Landim, (2011) constitui-se numa simples estrutura de correlações de criar hipóteses a serem testadas, isso foi possível por meio do método Varimax (KAISER, 1958), que se baseia nos pressupostos de



Thurstone (1947) que afirma que a estrutura de fatores parcimoniosos é criada da maneira que cada variável irá se manifestar de forma significativa em um fator (DAMÁSIO, 2012). Nota-se que por meio dela é possível obter informações sem postular casualidades gerando um conjunto de medidas correlacionadas linearmente usando o método estatístico euclidiano para obtenção de testes como o de esfericidade de Bartlett e Kaiser-Meyer-Olkin (KMO).

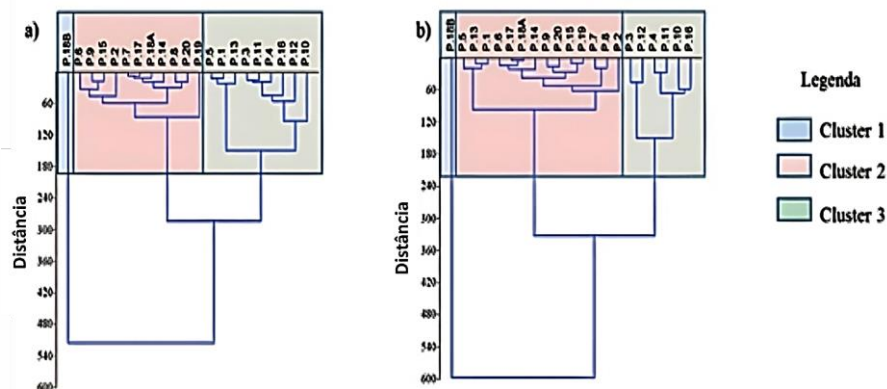
O KMO é bastante utilizado para esse tipo de análise estatística porque ele indica se a amostra está adequada ou não, além de mensurar o nível de adequação da análise fatorial. Pasquali (2001) diz que o valor de KMO varia de zero a um, onde zero indica que a soma das correlações parciais das variáveis está alta quando comparados às mesmas condições em modo total. Dessa forma, a regra de interpretação do KMO é a seguinte: - amostras com valores abaixo de 0,5 ( $<0,5$ ) são inaceitáveis, - índices maiores a 0,5 são aceitáveis como: entre 0,5 e 0,6; entre 0,6 e 0,7; entre 0,7 e 0,8; e maior que 0,9 ( $>0,9$ ), tendo como classificação, mísera, medíocre, intermediária, meritória ou excelente, respectivamente (KAISER, 1958; PASQUALI, 2001).

## Resultados e Discussões

### Análise de Agrupamento (Clusters)

A análise de agrupamento (AA) foi desenvolvida pelo método hierárquico pareamento de grupo, conforme a Figura 2 que apresenta um dendrograma representativo da homogeneidade existente entre os locais de amostras. Um corte na horizontal, delimitando a formação de 3 grupos intra-homogêneos se mostrou mais eficaz tanto para o período de seca quanto para o de chuva.

**Figura 2:** Dendrograma da bacia do Rio Jauquara em duas condições climáticas como: a) seca e b) de chuva.



Fonte: Elaboração dos autores (2019).

O grupo 1 nos períodos de seca e chuva no ponto 18B conhecido popularmente como mina da comunidade da Gruta Camarinha (Salgada) representa fora dos padrões de homogeneidade, pois aparecem isoladamente. O grupo 2 são representados tanto no período de seca quanto no de chuva pelos locais amostrados no córrego Juquarina – Ponte na Fazenda Buriti (P.6), rio Juquarina – Ponte Cabo de Aço (P.9), rio Jauquara – Fazenda Coqueiro (Próximo à Nascente) (P.15), córrego Rodovia depois da ponte Jauquara (P.2), córrego Grande – Ponte na Fazenda Buriti (P.7), mina comunidade Vãozinho (P.17), mina comunidade Gruta Camarinha (Doce) (P.18A), córrego Coqueiro – Fazenda Coqueiro (P.14), córrego Lage – Captação Irrigação (P.8), mina Comunidade Morro Redondo (P.20) e mina – comunidade Juquarina (P.19). Na estação chuvosa são incluídos os pontos rio Jauquara (Casa do Sr. Benedito) (P.5), rio Jauquara – Fazenda do Osvaldão (P.13), rio Jauquara - Ponte Rodovia (P.1),

No grupo 3, os pontos que mais se parearam nas duas condições climáticas foram córrego Vaca Morta (P.3), ribeirão Água Limpa – Fazenda do Osvaldão (P.12), ponte assentamento - próximo ao acesso à comunidade Baxius (P.4), córrego Jatobá - depois da escola (P.11), córrego Saloba – antes da Escola Jatobá (P.10) e a mina na escola Vãozinho (P.16), sendo que em

períodos secos são incluídos o rio Jauquara - Casa do Sr. Benedito (P.5), rio Jauquara - Ponte Rodovia (P.1) e o rio Jauquara – Fazenda do Osvaldão (P.13).

A investigação sobre as bacias hidrográficas deve ser analisada numa perspectiva interdisciplinar, pois segundo Gastaldini; Mendonça (2001) e Fuller (2008) a variabilidade dos atributos das variáveis de qualidade da água são caracterizadas pelas condições naturais do clima, da geomorfologia e geoquímica do local, e por fim, o uso e ocupação do solo. A AA é viável porque classifica a qualidade da água de uma região, pois essa análise permite a elaboração de um plano de estratégias futuras que otimizam as amostragens espaciais e temporais de um ambiente dentro do período monitorado (SHRESTHA; KAZAMA, 2007; ZHANG et al., 2011).

### Análise de Componentes Principais

A BHRJ teve resultados satisfatórios do índice de KMO classificando-o como aceitável de forma medíocre com valores de 0,681 no período de seca e de 0,600 em épocas chuvosas, demonstrando que os dados amostrais de qualidade de água podem ser estudados para análise multivariada conforme estabelecidos nos trabalhos de Mao; Mo; Guo, (2013); Gumbo et al. (2016) e Medeiros et al. (2017). O teste de esfericidade de Bartlett foram significativos ( $p < 0,001$ ), o grau de liberdade foi de 66 para ambos períodos. O critério de Kaiser obteve autovalor acima de um, conforme os autores Kaiser, (1974) e HAIR et al., (2007) os dois componentes principais (CP) devem possuir valores próximos de 60% da variância acumulada, pois refletem a aceitabilidade da variância original.

A ACP resultou sobre as cargas fatoriais, comunalidades e variância percentual e acumulada das variáveis físico-químicas de qualidade de água analisados em duas condições climáticas, após a rotação pelo método varimax, conforme a Tabela 1. A ACP revelou a existência de três componentes principais (CP), sendo que a variância acumulada explicada foi de 82,177 na seca e 84,348 em épocas chuvosas.

**Tabela 1:** Cargas fatoriais com rotação Varimax das variáveis para os componentes principais encontrados.

Variáveis	Carga fatorial						Comunalidade	
	Seca			Chuva			Seca	Chuva
	P1	P2	P3	P1	P2	P3		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	<b>0,980</b>	0,065	-0,056	<b>0,963</b>	-0,240	-0,028	0,968	0,986
Cl <sup>-</sup>	0,191	<b>0,822</b>	-0,041	0,313	<b>-0,615</b>	0,081	0,730	0,851
Na <sup>+</sup>	-0,324	0,088	-0,135	-0,123	<b>0,798</b>	0,612	0,407	0,703
Ca <sup>2+</sup>	<b>0,949</b>	-0,159	0,441	<b>0,918</b>	-0,271	-0,811	0,930	0,922
Mg <sup>2+</sup>	<b>0,897</b>	0,292	0,052	<b>0,850</b>	-0,061	-0,071	0,915	0,831
Dur	<b>0,977</b>	0,142	-0,159	<b>0,971</b>	-0,181	0,323	0,976	0,982
N	-0,086	-0,458	<b>0,881</b>	-0,316	<b>0,873</b>	-0,132	0,747	0,877
P	0,129	0,000	<b>0,727</b>	-0,195	<b>0,689</b>	-0,124	0,792	0,531
K <sup>+</sup>	0,106	<b>0,876</b>	0,542	0,150	-0,032	0,226	0,796	0,801
pH	0,346	<b>-0,702</b>	0,134	0,346	-0,702	<b>0,882</b>	0,806	0,806
OD	-0,115	<b>-0,900</b>	0,045	-0,261	-0,510	<b>-0,670</b>	0,825	0,777
CE	<b>0,979</b>	0,108	-0,019	<b>0,968</b>	-0,206	-0,007	0,971	0,979
% Var. <sup>a</sup>	42,387	26,843	12,947	47,353	19,923	17,071	-	-
% Ac. <sup>b</sup>	42,387	69,231	82,177	47,353	67,276	84,348	-	-

Legenda: <sup>a</sup> % da variância. <sup>b</sup> % acumulativo.

Fonte: Elaboração dos autores (2019).

No período de seca e chuva destacam no primeiro componente as variáveis de HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, dureza e condutividade elétrica, apresentando um peso na carga fatorial superior a 0,8. Elas representam uma contribuição para explicação da variância total do conjunto amostral de aproximadamente 42 e 47%, respectivamente. No segundo componente predominaram no período de seca as variáveis de Cl<sup>-</sup>, K<sup>+</sup>, pH e OD e na chuvosa destacaram os Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, N, P, pH e OD, as variâncias foram de 27 e 20%, respectivamente. No terceiro componente destacaram-se os elementos de N e P em época de seca, e as variáveis de pH e OD. A comunalidade explica o quanto cada variável participa da análise, assim no período de seca e chuva apresentaram valores mínimos nas variáveis de Na<sup>+</sup> e P, e máximos nas de Dureza e HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, respectivos.

Valores semelhantes a este trabalho foram descritos por Andrade et al. (2007), os quais estudaram águas superficiais na bacia do Alto Acaraú – Ceará, identificando em dois componentes principais valores que explicaram respectivamente 46,44 e 25,12% da variância total dos dados,

concentrando em duas dimensões 71,56% das informações antes dissolvidas em dezesseis dimensões. Enquanto, Palácio (2004), em análises do rio Trussu, no Ceará, demonstrou um modelo formado por dois componentes que explicam 83,43% da variância total.

A BHRJ durante os anos de 2001 a 2014 teve um quadro diagnosticável como pouco degradável, na qual, durante esses anos o uso da terra mais expressivo foi a pastagem, em seguida a agricultura, e conseqüentemente esse aumento fez com que reduzisse a área de vegetação natural (RIBEIRO, et al., 2017). Além disso, a bacia possui alguns pontos amostrais que sofrem a presença de processos naturais, seja este influenciado pelo clima, geologia, vegetação, tipos de solos e regime hidrológico (PESSOA et al., 2013).

Corroborando com a informação, a região da BHRJ possui jazidas de rochas calcárias, e a dissolução desses materiais podem aumentar os valores das variáveis de sais minerais e de condutividade elétrica, isso caracteriza o tipo de água salobra (PESSOA et al., 2013). As variáveis químicas exigem métodos de avaliação analíticos que detectam a presença de substâncias dissolvidas, pois são essenciais para a economia e questões sanitárias (BRAGA, 2005). Já as físicas são associadas a quantidade de partículas contidas na água, e possuem pouca relevância sanitária (RICHTER; NETO, 2007). A relação entre as concentrações de isótopos e íons em ambientes naturais de águas superficiais possui interferências de acordo com o tipo de rocha que se encontram no local avaliado (CUSTÓDIO; LLAMAS, 1976; STALLARD; EDMOND 1983; FAURE, 1986).

Outra visão sistêmica é a contribuição que as atividades agropécuaras podem inferir aos parâmetros físico-químicos da água. Por exemplo, nas águas das chuvas e de origem da irrigação que estimulam o processo de drenagem, lixiviação e escoamento superficiais aos corpos hídricos (GARCIA; HOLLEMBERG, 2007). Assim, esses produtos fortalecem o crescimento de algas que influenciam na variável física, intitulado como 'oxigênio dissolvido' (NETTO; SILVA; RODRIGUES, 2012). Toledo e Nicolella (2002) afirmam que

áreas agrícola e resíduos urbanos contribuem para aumento de cargas de fósforo e amônia o que reduz as concentrações de oxigênio dissolvido, esse evento correlaciona com o aumento da variável de condutividade elétrica. Por isso, a relação negativa do OD na BHRJ.

As ações antrópicas são uma realidade observada em diversas bacias hidrográficas, assim pode ser uma forte tendência de contaminação para BHRJ, já que essas atividades crescem num ritmo desordenado por meio do desmatamento e de extrativismo, ocupações urbanas generalizadas, práticas agrícolas perniciosas, lançamento de efluentes domésticos e industriais nos corpos d'água, dentre outros (BORGES et al., 2003). Perante ao exposto, a complexidade dos assuntos ambientais prejudica a compreensão dos fenômenos avaliados a partir das interações entre os atores ambientais e sociais, sendo importante ressaltar que cada local possui sua peculiaridade, por isso devem ser representados por meio da cartografia para melhor argumentar os projetos de gestão ambiental (SEBUSIANI; BETTINE, 2011).

Além disso, a ausência das matas ciliares impedem que haja o escoamento direto aos curso d'água dos resíduos de agrotóxicos oriundos das áreas de agricultura, o aumento da temperatura e minimização do oxigênio dissolvido na água, a mundaça ou desaparecimento de nascentes, aumenta a possibilidade de assoreamento porque aumenta a velocidade da água e provoca erosão (BRASIL, 2002). Corroborando com o exposto, a literatura apresentam programas de conservação, manejo e recuperação de bacias hidrográficas ocorrem em médio e longo prazos, porém a intervenção ocorre apenas quando encerram o depósitos de efluentes contaminantes nos rios (ROSARIO, 2014).

Dessa forma, tanto a ACP quanto a AA são importantes metodologias porque facilitam a interpretação dos conjuntos de dados monitorados de qualidade da água, assim possibilitando melhores tomadas de decisões por saber qual variável hidroquímica está em excesso nas águas avaliadas (BOUZA-DEAÑO et al. 2008; KAZI et al. 2009; FAN et al. 2010; OUYANG, 2005;

SHRESTHA; KAZAMA, 2007). A aplicação dessas técnicas são eficazes na gestão de recursos hídricos, no controle da poluição e na identificação de possíveis fatores que devido às atividades antropogênicas e naturais que influenciam nas bacias hidrográficas (SHRESTHA/ KAZAMA, 2007; FAN et al. 2010).

## Considerações finais

O emprego da Análise de Agrupamento (AA) revelou a existência de três grupos distintos. No entanto, o primeiro grupo consistiu exclusivamente do ponto 18B tanto durante o período de seca quanto durante o período de chuva. Isso indica que esse ponto possui características únicas em comparação com os demais pontos estudados.

Por outro lado, a Análise Fatorial/Análise do Componente Principal (AF/ACP) revelou a presença de três Componentes Principais, cujos valores acumulados de variância foram superiores a 80%. Esses Componentes Principais explicam a maior parte da variabilidade observada nos dados analisados.

No CP1, algumas variáveis se destacaram tanto durante o período de seca quanto durante o período de chuva. Essas variáveis incluem  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , Dureza e Condutividade Elétrica. Esses resultados sugerem que essas variáveis desempenham um papel importante na caracterização e diferenciação dos padrões de água nos dois períodos analisados. Essas descobertas fornecem insights significativos sobre a composição da água durante os períodos de seca e chuva, permitindo uma melhor compreensão das características e variações do sistema estudado.

Em suma, é essencial considerar que as reflexões sobre as variáveis físico-químicas não devem ser avaliadas de forma isolada no ambiente. A contaminação dos corpos hídricos é resultado de uma combinação complexa de fatores ambientais, como chuvas que transportam íons para os rios através do escoamento superficial e o uso humano na gestão de



efluentes líquidos e sólidos, que podem ser depositados nos rios. Portanto, uma abordagem interdisciplinar e holística é necessária para compreender a dinâmica e os impactos desses fatores na qualidade da água.

## Referências

ALMEIDA, O. A de. **Qualidade da Água de Irrigação**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010 227. p.

ANDRADE, E. M.de; et al. Fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará, Brasil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.6, p. 1791-1797, 2007.

APHA – American Public Health Association; American Water Works Association – AWWA; Water Environment Federation – WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 21 st Ed. Washington, DC, 2005.

BORGES, M. J.; GALBIATTI, J. A.; BELLINGIERI, P. A. Qualidade hídrica do córrego Jaboticabal sob a ação de interceptores de esgoto, em diferentes épocas do ano. **Revista Engenharia Agrícola**, v.23, n.3, p.521-531, 2003.

BOUZA-DEAÑO, R.; TERNERO-RODRÍGUEZ, M.; FERNÁNDEZ-ESPINOSA, A. J. Trend study and assessment of surface water quality in the Ebro River (Spain). **J Hydrol**, Oregon State University - USA, v. 361, p. 227-239, 2008.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável**. ed. 2, São Paulo: Pearson Prentice Hall, p. 318, 2005.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA. **Resolução nº 302, de 20 de março de 2002**. (Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno). Ministério do Meio Ambiente, p. 4, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde. Fundação Nacional de Saúde. **Manual de controle da qualidade da água para técnicos que trabalham em ETAS**. Brasília: FUNASA, 2014.

CASARIN, R.; NEVES, S. M. A. S.; NEVES, R. J. Uso da terra e qualidade da água da bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara-MT. **Rev. Geogr. Acadêmica**, Universidade Federal de Roraima (Campus Paricarana) – Roraima, v.2, n.1 (vi.2008) p.33-42, 2008.

CASSETTARI, G. A.; QUEIROZ, T. M. de. Balanço Hídrico e Classificação Climática na Bacia do Rio Jauquara, Região de Transição entre o Cerrado e Amazônia Brasileira. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, p. 70 – 88, 2020.

CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M.R. **Hidrologia subterrânea**. Barcelona: Omega, p. 50,1976.

DAMÁSIO, Bruno Figueiredo. Uso da análise fatorial exploratória em psicologia. **Avaliação psicológica**, v.11, ed.2, p. 213-228, 2012.

EVERITT, B.S. **Cluster analysis**. Heinemann Educational Books, London: Academic Press, ed. 3, p.170, 1993.

FAN, X.; CUI, B.; ZHAO, H.; ZHANG, Z.; ZHANG, H. Assessment of river water quality in Pearl River Delta using multivariate statistical techniques. **Procedia Environmental Sciences**, v. 2, p.1220-1234, 2010.

FAURE, G. **Principles of Isotope Geology**. New York, John Wiley & Sons. 1986. 589 p.

FREITAS, M.; BRILHANTE, O.M.; ALMEIDA, L.M. Importância da análise de água para a saúde pública em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro: enfoque para coliformes fecais, nitrato e alumínio. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 17, n. 3, p. 651-660, 2001.

FULLER, B. B. **Caracterização espaço-temporal dos recursos hídricos superficiais da sub-bacia do ribeirão do Ouro**. 2008. 144 p. Dissertação (Dissertação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) - Centro Universitário de Araraquara – UNIARA, Araraquara, SP, 2008.

GARCIA, A. F.; HOLLEMBERG. M. C. Determinação voltamétrica do herbicida glifosato em águas naturais utilizando eletrodo de cobre. **Química Nova**, v. 30, p. 1592-1596, 2007.

GASTALDINI, M.C.C.; MENDONÇA, A.S.F. Conceitos para a avaliação da qualidade da água. In: PAIVA, J.B.D.; PAIVA, E.M.C.D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH. cap. 15, p.428-51. 2001.

GONZÁLEZ, O.; ALMEIDA, C.; QUINTAR, S.; MALLEA, M.; GONZÁLEZ, P. Application of multivariate statistical techniques to evaluate organic pollution on a river in Argentina. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté, v. 6, n. 3, p. 27-42, 2011.

GUEDES, H. A. S.; SILVA, D. D.; ELESBON, A. A. A.; RIBEIRO, C. B. M.; MATOS, A. T.; SOARES, J.H.P. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água do Rio Pomba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p.558-63, 2012.

GUILHERME, E.F.M.; SILVA, J.A.M.; OTTO, S.S. *Pseudomonas aeruginosa* como indicador descontaminação hídrica. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 14, n. 76, p. 43 46, 2000.

GUMBO, J. R.; DZAGA, R. A.; NETHENGWE, N. S. Impact on water quality of Nandoni water reservoir downstream of municipal sewage plants in Vhembe District, South Africa. **Sustainability**, v. 8, n. 7, p. 597, 2016.

HAIR, J. J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; Black, W. C. **Análise multivariada de dados**. ed. 5, Porto Alegre: Bookman, 2007. 593 p.

HONGYU, K. **Comparação do GGE-biplot ponderado e AMMI-ponderado com outros modelos de interação genótipo × ambiente**. 2015. 155p. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agrônômica) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; OLIVEIRA JUNIOR, G. J. de. Análise de Componentes Principais: Resumo Teórico, Aplicação e Interpretação. **E&S Engineering and Science**, vol. 5, ed. 1, p. 83-90, 2016.

KAISER, Henry F. The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis. **Psychometrika**, v. 23, ed. 3, p.187-200, 1958.

KAZI, T. G.; ARAIN, M. B.; JAMALI, M. K.; JALBANI, N.; AFRIDI, H. I.; SARFRAZ, R. A.; et al. Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: A case study. **Ecotox Environ Safe**, vol. 72, p. 301-309, 2009.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos multivariados**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas, SP: Editora Átomo, 2005.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3ª Edição. Viçosa: Editora UFV, 2009. 355 p.

MAO, L.; MO, D.; GUO, Y. Multivariate analysis of heavy metals in surface sediments from lower reaches of the Xiangjiang River, southern China. **Environment Earth Science**, v. 69, n. 3, p. 765-71, 2013.

MEDEIROS, G. A.; TRESMONDI, A. C. C. L.; QUEIROZ, B. P. V.; FENGLER, F. H.; ROSA, A. H.; FIALHO, J. M.; LOPES, R. S.; NEGRO, C. V.; SANTOS, L. F.; RIBEIRO, A. I. Water quality, pollutant loads, and multivariate analysis of the effects of sewage discharges into urban streams of Southeast Brazil. **Energy, Ecology and Environment**, v. 2, n. 4, p. 259-76, 2017.

MOITA NETO, J. M.; MOITA, G. C. Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados. Teresina: **Química Nova**, v. 21, p. 467- 469, 1998.

NETTO, F. M. D. L.; SILVA, J. F.; RODRIGUES, S. C. **Evolução da qualidade da água e uso do solo no período de julho de 2009 a junho de 2010 no Córrego Terra Branca Uberlândia - MG**. Horizonte Científico, Uberlândia, 2012.

NOORI, R.; SABAHI, M. S.; KARBASSI, A. R.; BAGHVAND, A.; TAATI ZADEH, H. Multivariate statistical analysis of surface water quality based on correlations and variations in the data set. **Desalination**, v.260, p.129-136, 2010.

OUYANG, Y. Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. **Water Research**, v. 39, p. 2621–2635, 2005.

PALÁCIO, H.A. de Q. **Índice de qualidade das águas na parte baixa da bacia hidrográfica do rio Trussu, Ceará**. 96f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2004.

PASQUALI, L. **Análise fatorial para pesquisadores**. Laboratório de Pesquisa em Avaliação e Medida (LabPAM) - Instituto de Psicologia. Brasília: Universidade de Brasília, 2001.

PESSOA, S.P.M.; GALVANIN, E.A.S.; KREITLOW, J.P.; NEVES, S.M.A.S.; NUNES, J.R.S.; ZAGO, B. W. Análise espaço-temporal da cobertura vegetal e uso da terra na Interbacia do rio Paraguai Médio-MT, Brasil. **Revista Árvore**, v. 37, p. 119-128, 2013.

RIBEIRO, H. V.; GALVANIN, E. A. DOS S.; PAIVA, M. Análise das pressões antrópicas na bacia Paraguai/Jauquara-Mato Grosso. **Ciência e Natura**, v. 39, n. 2, p. 378-389, 2017.

RICHTER, C. A. e NETO, J. M. A. **Tratamento de água: tecnologia atualizada**. 1ªed (1991). São Paulo: Blucher, 2007.

ROSARIO, L. G. D. Diagnostico Ambiental da influencias das práticas agrícolas na Microbacia do Coquera, Mogi das Cruzes, SP. **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**, São Paulo, p. 51, 2014.

SAMPAIO, A. C. S. **Metais pesados na água e sedimentos dos rios da Bacia do Alto Paraguai**. Campo Grande/MS, Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais – UFMS, Dissertação de Mestrado, p. 76, 2003.

SEBUSIANI, H. R. V.; BETTINE, S. D. C. Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, Taubaté, v. 7, n. 1, p. 256-285, 2011.

SHRESTHA, S.; KAZAMA, F. Assessment of surface water quality using multivariate statistical techniques: a case study of the Fuji river basin, Japan. **Environ Modell Softw**, vol. 22, p. 464-475, 2007.

SOUZA, J. R. de; et al. A qualidade da água e os seus usos múltiplos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **Revista Eletrônica do Prodepa**, Fortaleza - CE, v. 08, n. 01, p.26-45, 2014.

STALLARD, R.F.; EDMOND, J.M. Geochemistry of the Amazon. 2. The influence of geology and weathering environment on the dissolved load. **Journal of Geophysical Research**, v. 88, p. 9671-9688, 1983.

THURSTONE, Louis Leon. **Multiple factor analysis**. 1947.

VALADÃO, R.M. As aves da Estação Ecológica Serra das Araras, Mato Grosso, Brasil. **Biota Neotrópica**, v.12, n.3, 2012.

VERÍSSIMO, F. A. R.; FERREIRA, M. I. P.. Aplicação do Índice de Qualidade da Água (IQA) para caracterização do baixo curso do Rio São João. **Boletim do Observatório Ambiental Alberto Ribeiro Lamego**, Campos dos Goytacazes, v.7 n.2, p.181-197, 2013.

ZHANG, Y.X.; SUN, S.; OLSEN, S.C.; DUBEY, M.K.; HE, J.H. CCSM3 simulated regional effects of anthropogenic aerosols for two contrasting scenarios: Rising Asian emissions and global reduction of aerosols. **Int. J. Climatol.**, 31, 95-114, 2011. doi:10.1002/joc.2060.

## Agradecimentos

Agradecemos ao Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistema de Produção Agrícola (PPGASP/UNEMAT) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) - código de financiamento 001, pela bolsa de mestrado concedida.

## Publisher

Universidade Federal de Goiás. Instituto de Estudos Socioambientais. Programa de Pós-graduação em Geografia. Publicação no Portal de Periódicos UFG.

As ideias expressadas neste artigo são de responsabilidade de seus autores, não representando, necessariamente, a opinião dos editores ou da universidade.

## Declaração de Contribuição Individual

Todos os autores ofereceram substanciais contribuições científicas e intelectuais ao estudo. As tarefas de concepção e design do estudo, preparação e redação do manuscrito, bem como, revisão crítica foram desenvolvidas em grupo. O primeiro autor ficou especialmente responsável pelo processamento, análise e interpretação do banco de dados para o desenvolvimento teórico-conceitual. O segundo autor ficou responsável pela orientação de todas as etapas do trabalho, sendo responsável pelas correções e considerações sobre a produção dos dados. Declaramos ainda ciência das Diretrizes Gerais do BGG.

**Jhon Witter Araújo Nunes**, Mestrando em Programa de Pós-Graduação Interdisciplinar em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola - PPGASP/UNEMAT. Graduado em Engenharia de Produção Agroindustrial - (UNEMAT/2017) e Técnico em Álcool e Açúcar (SENAI/2014).

**Tadeu Miranda de Queiroz**, Possui Graduação em Engenharia Agrícola (UFLA - 2002), Mestrado em Engenharia Agrícola (UFLA - 2004) e Doutorado em Agronomia (ESALQ/USP - 2007). Professor Adjunto da Faculdade de Ciências Sociais, Aplicadas e Agrárias - UNEMAT. Atua como docente Permanente do Programa de Mestrado Acadêmico Interdisciplinar em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola (PPGASP) e do Mestrado Profissional em Rede Nacional na área de Gestão e Regulação de Recursos Hídricos (ProfÁgua).

Data de recebimento: 25 de setembro de 2023

Aceite: 20 de novembro de 2023

Publicação: 20 de dezembro de 2023