

## XXIII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

### USO DE TÉCNICAS ESTATÍSTICAS MULTIVARIADAS NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DE CORPOS HÍDRICOS DO DISTRITO FEDERAL

*Daphne Heloisa de Freitas Muniz<sup>1</sup>; Eduardo Cyrino Oliveira-Filho<sup>2</sup>; Leandro Pin Rangel<sup>3</sup> &  
Juaci Vitória Malaquias<sup>4</sup>*

**RESUMO** – Neste estudo foi avaliada a qualidade da água de corpos hídricos de nove Unidades Hidrográficas do Distrito Federal, utilizando técnicas estatísticas multivariadas como análise de agrupamento (análise de cluster) e análise das componentes principais (PCA). A análise de cluster agrupou os pontos amostrais em três clusters principais em função das características de qualidade da água, considerando fatores naturais e uso do solo. A PCA foi aplicada a uma matriz de dados composta por 18 pontos de amostragem e concentrações de 28 variáveis da qualidade da água, obtidas em seis campanhas de amostragem, que ocorreram bimestralmente entre fevereiro e dezembro/2018. A PCA apontou que dos 28 parâmetros medidos, 14 foram considerados mais relevantes, com cargas fatoriais acima de 0,75. Os resultados obtidos na análise multivariada poderão subsidiar a escolha de pontos amostrais mais representativos e variáveis mais precisas e economicamente viáveis para compor os programas de monitoramento da qualidade da água no Distrito Federal.

**ABSTRACT**– In this study the water quality of nine water bodies of Federal District Hydrographic Units was evaluated using multivariate statistical techniques such as cluster analysis and principal component analysis (PCA). The cluster analysis grouped the sampling points into three main clusters according to the water quality characteristics, considering natural factors and soil use. The PCA was applied to a data matrix composed of 18 sampling points and concentrations of 28 water quality variables obtained in six sampling campaigns, which occurred bimonthly between February and December/2018. The PCA pointed out that of the 28 measured parameters, 14 were considered more relevant, with factorial loads above 0.75. The results obtained in the multivariate analysis may support the selection of more representative sample points and more accurate and economically viable variables to compose the water quality monitoring programs in the Federal District.

**Palavras-Chave** – GIRH; Cluster; PCA.

#### INTRODUÇÃO

A água desempenha um papel fundamental na economia e na manutenção da saúde da população. No Brasil, em meio a cenários de crise hídrica e os constantes conflitos pelo uso da

1) Embrapa Cerrados, Rodovia BR 020, Km 18, Planaltina-DF, 73310-970, Brazil, 61-3388-9857, E-mail: daphne.muniz@embrapa.br

2) Embrapa Cerrados, Rodovia BR 020, Km 18, Planaltina-DF, 73310-970, Brazil, 61-3388-9894, E-mail: eduardo.cyrino@embrapa.br

3) Embrapa Cerrados, Rodovia BR 020, Km 18, Planaltina-DF, 73310-970, Brazil, 61-3388-9857, E-mail: leandro.rangel5@gmail.com

4) Embrapa Cerrados, Rodovia BR 020, Km 18, Planaltina-DF, 73310-970, Brazil, 61-3388-9958, E-mail: juaci.malaquias@embrapa.br

água, há uma urgente necessidade para o estabelecimento de ferramentas capazes de responderem com agilidade e confiança a perguntas relacionadas ao uso da água.

O Distrito Federal (DF) é a terceira unidade federativa do país com a menor disponibilidade hídrica superficial per capita por ano. Nos últimos anos o DF vem apresentando acentuado crescimento populacional. Em sete anos (2010-2017) a população total do DF cresceu 18,2%, mais que o dobro da média nacional (8,1%). Estima-se que para os próximos anos a região enfrentará sérios problemas relacionados à escassez e poluição da água (IBGE, 2017; Brandão e Paviani, 2018). Diante desse quadro, a gestão integrada do uso, controle e conservação dos recursos hídricos (GIRH) é a alternativa eficiente para evitar e mediar conflitos. Uma das principais ferramentas da gestão é o monitoramento da qualidade da água. Este instrumento fornece conhecimento e informações básicas para avaliar a presença de contaminantes, para entender os sistemas aquáticos, além de fornecer subsídios à políticas públicas (Cavalcante e Marques, 2016).

Programas de monitoramento produzem uma enorme quantidade de dados, por longos períodos e em vários pontos de amostragem, que muitas vezes são difíceis de serem analisados e interpretados. Esses dados necessitam ser sintetizados para que possam ser utilizados como instrumento na tomada de decisões na gestão dos recursos hídricos (Mostafaei, 2014). Técnicas estatísticas multivariadas têm sido aplicadas para a avaliação e interpretação desse grande e complexo conjunto de dados. Estudos que envolvem a estatística multivariada em qualidade da água visam principalmente: identificar e analisar as relações entre a qualidade da água, uso e ocupação do solo; obter informações sobre semelhanças e diferenças entre pontos de amostragem; reconhecer variáveis que mais influenciam nesta qualidade (Li *et al.*, 2013; Mostafaei, 2014; Ravikumar e Somashekar, 2017).

A partir da problemática e das afirmações apresentadas, o objetivo do presente trabalho é aplicar a análise estatística multivariada para avaliar a qualidade da água superficial de diversos corpos d'água de Unidades Hidrográficas do Distrito Federal, que se encontram sob diferentes usos do solo.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1. Descrição dos pontos de coleta**

Os pontos de coleta foram definidos considerando-se estudos preliminares, ocupação do solo, bem como o acesso aos pontos. Foram definidos 18 pontos (P1 a P18) localizados em nove unidades hidrográficas (UH) do Distrito Federal. Para cada UH foram selecionados dois pontos amostrais, sendo nove pontos localizados em nascentes de rios e nove pontos em locais com influência antrópica (Figura 1). Na definição dos pontos foi levada em consideração a ocupação das

unidades hidrográficas, sendo essas classificadas como UH Rurais (porcentagem de área agropastoril incluindo pivôs de irrigação), UH Urbanas (porcentagem de área construída) ou UH Naturais (porcentagem de formação natural), conforme Mapeamento da Cobertura da Terra do Distrito Federal, da Companhia de Planejamento do Distrito Federal (CODEPLAN, 2017). A nomenclatura das UHs e a toponímia dos cursos d'água apresentados tem como base o Catálogo Hidrográfico do Distrito Federal (SEMA-DF, 2017). Na Tabela 1 estão descritos os tipos de ocupação, a bacia, a unidade hidrográfica, porcentagem de cobertura da terra, corpo hídrico, número do ponto, coordenadas e descrição dos pontos amostrais.

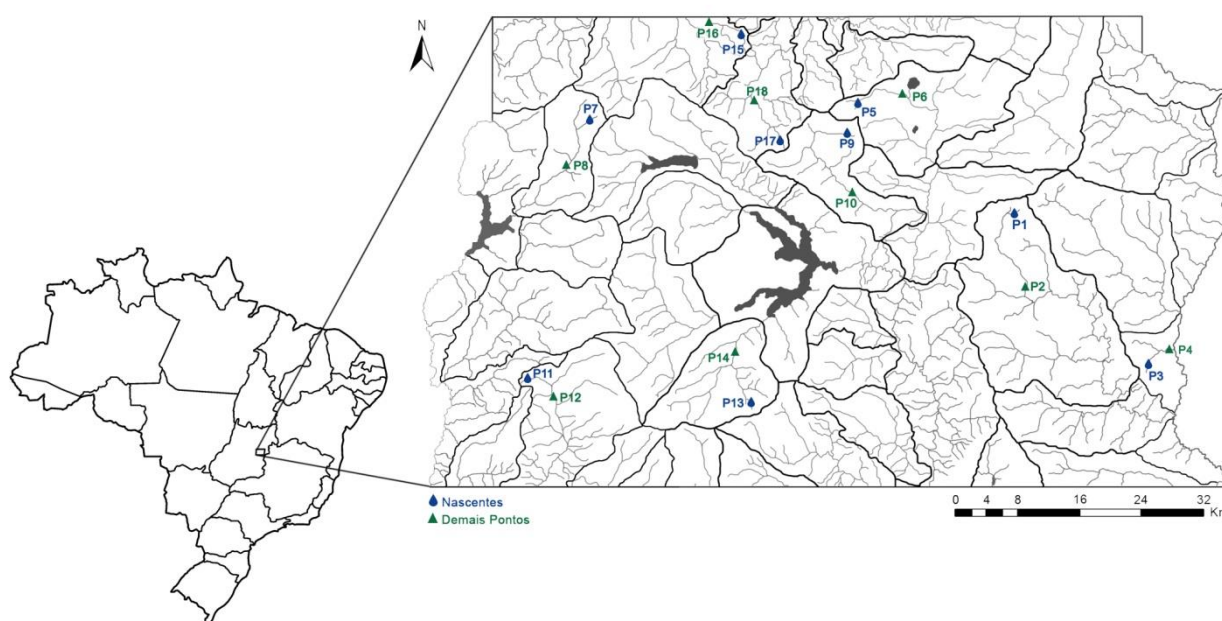


Figura 1 – Localização dos pontos de coleta (mapa hidrográfico do DF).

## 2.2. Coleta, preservação e métodos analíticos

As coletas ocorreram com frequência bimestral entre Fevereiro de 2018 e Dezembro de 2018, totalizando 6 campanhas. Em cada amostra foram realizadas análises de 29 variáveis físicas, químicas e microbiológicas de qualidade da água. Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Química de Água da Embrapa Cerrados, Planaltina-DF. Os procedimentos de coleta, preservação e análises seguiram recomendações do Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos da CETESB/ANA, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (SMEWW), da *International Organization for Standardization* (ISO) e *American Society for Testing and Materials* (ASTM) (Brandão, 2011; APHA, 2012). Um resumo dos métodos e metodologias analíticas pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 1 – Descrição dos pontos de coleta.

Ocupação	Bacia	UH	% AP	% AC	% FN	Rio	Ponto	Coordenada	Descrição
Rural	Preto	UH 35 - Alto Rio Jardim	80,33	1,19	17,6	Várzea do Buracão	P1	15°43'42.5"S 47°33'51.0"W	Nascente do Córrego Várzea do Buracão. Fazenda São Miguel.
						Jardim	P2	15°49'42.0"S 47°33'29.4"W	Montante da confluência do Ribeirão Jardim com o Córrego Taquari.
Rural	Preto	UH 3 - Alto Rio Preto	88,2	-	11,1	Buriti Vermelho	P3	15°55'09.1"S 47°24'40.2"W	Nascente do Córrego Buriti Vermelho. Fazenda Buriti Vermelho.
						Buriti Vermelho	P4	15°53'32.3"S 47°23'33.0"W	Montante da confluência do Córrego Buriti Vermelho com o Córrego Estreito.
Rural	São Bartolomeu	UH 4 - Alto Rio são Bartolomeu	34,8	10,2	52,3	Chapadinha	P5	15°36'42.1"S 47°45'40.7"W	Nascente do Córrego Chapadinha. Fazendinha Bougaenville Pequenos Animais.
						Sarandi	P6	15°35'47.4"S 47°42'02.0"W	Montante da confluência do Córrego Sarandi com o Ribeirão Mestre d'Armas.
Rural	Descoberto	UH 26 - Ribeirão Rodeador	47,6	8,8	30,4	Cabeceira Comprida	P7	15°38'21.5"S 48°05'48.0"W	Nascente do Córrego Cabeceira Comprida. Fazenda Olhos d'Água.
						Rodeador	P8	15°40'23.1"S 48°06'25.6"W	Ponte sobre o Ribeirão Rodeador DF 430.
Urbana	São Bartolomeu	UH 30 - Ribeirão Sobradinho	44,2	40,8	12,1	Sobradinho	P9	15°38'06.2"S 47°46'21.7"W	Nascente do Ribeirão Sobradinho. APP Fonte do Arco-Íris.
						Sobradinho	P10	15°42'48.2"S 47°45'42.2"W	Ponte sobre o Ribeirão Sobradinho DF 440.
Urbana	Corumbá	UH 25 - Rio Ponte Alta	24,32	18,9	56,36	Tamanduá	P11	15°55'18.4"S 48°09'46.4"W	Nascente do Córrego Tamanduá. Embrapa Hortaliças.
						Ponte Alta	P12	15°57'00.0"S 48°07'26.1"W	Núcleo Rural Ponte Alta Embrapa CTZL.
Natural	Paranoá	UH 17 - Ribeirão do Gama	1,9	30,8	66,9	Taquara	P13	15°57'22.8"S 47°53'18.3"W	Nascente do Córrego Taquara Reserva Ecológica do IBGE.
						Taquara	P14	15°54'30.4"S 47°54'45.8"W	Montante da confluência do Córrego Taquara com o Ribeirão do Gama.
Natural	Maranhão	UH 12 - Rio da Palma	4,5	8,4	87,1	Ouro	P15	15°30'39.9"S 47°54'54.1"W	Nascente do Ribeirão do Ouro. Núcleo Rural Córrego do Ouro.
						Ouro	P16	15°30'37.0"S 47°55'56.8"W	Ponte sobre o Ribeirão do Ouro VC 201.
Natural	Maranhão	UH 15 - Ribeirão da Contagem	4,4	5,3	87,9	Covancas	P17	15°40'35.7"S 47°51'27.6"W	Nascente do Córrego Covancas Condomínio Mansões Colorado.
						Contagem	P18	15°35'31.0"S 47°52'21.1"W	Ponte sobre Ribeirão da Contagem DF 205.

UH = Unidade Hidrográfica / % AP = Porcentagem de área agropastoril da UH (inclui pivôs de irrigação) / % AC = Porcentagem de área construída da UH / % FN = Porcentagem de formação natural da UH.

Tabela 2 – Variáveis de qualidade da água analisadas.

Variável	Sigla	Unidade	Método	Metodologia
Alcalinidade total	AT	mg/L	Titulométrico	APHA, 2012, 2320 B
Amônio	NH <sub>4</sub>	mg/L	Cromatografia iônica	ISO 14911:1998
Bicarbonato	HCO <sub>3</sub>	mg/L	Cálculo alcalinidade	APHA, 2012, 2320 B
Brometo	Br	mg/L	Cromatografia iônica	APHA, 2012, 4110 B
Cálcio	Ca	mg/L	Cromatografia iônica	ISO 14911:1998
Cloreto	Cl	mg/L	Cromatografia iônica	APHA, 2012, 4110 B
Carbono orgânico total	COT	mg/L	Combustão	APHA, 2012, 5310 B
Coliformes totais	COLT	NMP	Substrato enzimático	APHA, 2012, 9223 B
Condutividade elétrica	CE	µS/cm	Eletrométrico	APHA, 2012, 2510 B
Cor aparente	COR	PCU	Espectrofotométrico	APHA, 2012, 2120 C
Demanda bioquímica de oxigênio	DBO	mg/L	Incubação 5 dias	APHA, 2012, 5210 B
Dureza total	DT	mg/L	Titulométrico EDTA Na	ABNT NBR 12621:1992
<i>Escherichia coli</i>	ECOLI	NMP	Substrato enzimático	APHA, 2012, 9223 B
Fluoreto	F	mg/L	Cromatografia iônica	APHA, 2012, 4110 B
Fosfato	PO <sub>4</sub>	mg/L	Cromatografia iônica	APHA, 2012, 4110 B
Fósforo total	PT	mg/L	Ácido Ascórbico	APHA, 2012, 4500P E
Magnésio	Mg	mg/L	Cromatografia iônica	ISO 14911:1998
Nitrato	NO <sub>3</sub>	mg/L	Cromatografia iônica	APHA, 2012, 4110 B
Nitrito	NO <sub>2</sub>	mg/L	Cromatografia iônica	APHA, 2012, 4110 B
Nitrogênio total	NT	mg/L	Combustão	ASTM D8083 - 2016
Oxigênio dissolvido	OD	mg/L	Eletrométrico	ISO 17289:2014
pH	pH	-	Eletrométrico	APHA, 2012, 4500H <sup>+</sup> B
Potássio	K	mg/L	Cromatografia iônica	ISO 14911:1998
Resíduo total	RT	mg/L	Gravimétrico	ABNT NBR 10664:1989
Sódio	Na	mg/L	Cromatografia iônica	ISO 14911:1998
Sólidos totais dissolvidos	STD	mg/L	Eletrométrico	APHA, 2012, 2510 A
Sulfato	SO <sub>4</sub>	mg/L	Cromatografia iônica	APHA, 2012, 4110 B
Temperatura	TEMP	°C	Eletrométrico	APHA, 2012, 2550
Turbidez	TURB	UNT	Turbidimétrico	APHA, 2012, 2130 B

### 2.3. Análise Multivariada

A análise multivariada do conjunto de dados de qualidade da água foi realizada por meio da análise de cluster e das componentes principais. A análise de agrupamentos (análise de cluster) tem sido utilizada em vários estudos para determinar se as amostras podem ser agrupadas de acordo com suas características hidroquímicas e de acordo com o uso do solo (Tiri *et al.*, 2017). No presente estudo a análise de cluster foi realizada pelo método de *Ward* e a distância euclidiana como mensuração da similaridade.

A Análise de Componentes Principais (PCA) visa reduzir o tamanho de uma matriz com um grande número de variáveis, mantendo, tanto quanto possível, a variabilidade presente no conjunto de dados (Mostafaei, 2014). Neste estudo a PCA foi utilizada para escolha de variáveis mais representativas para programas de monitoramento da qualidade da água no DF. Todos os tratamentos estatísticos dos dados foram realizados com o auxílio do software R versão 3.5.1.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 3.1. Análise Multivariada - Cluster

A análise de cluster foi realizada para identificar semelhanças e diferenças entre os pontos amostrais (nascentes e pontos impactados) e entre uso e ocupação do solo (rural, urbana e natural). O resultado da análise de cluster é exibido na forma de um dendrograma (Figura 2), em que quanto menor a distância relativa, maior a similaridade entre as amostras.

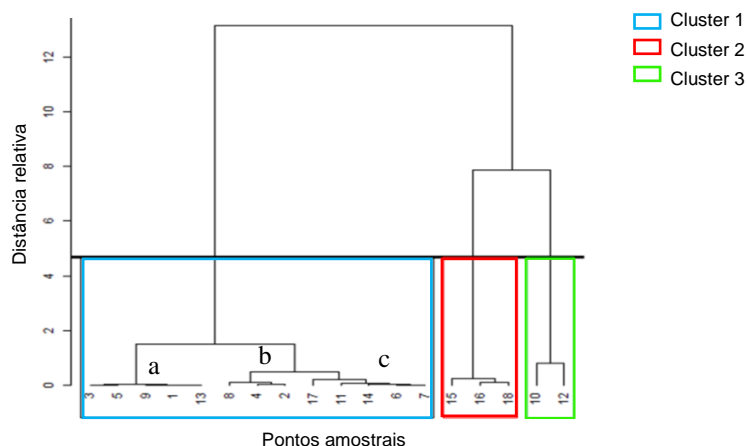


Figura 2 – Dendrograma da análise de cluster dos pontos amostrais.

No primeiro agrupamento do Cluster 1(a) estão os pontos considerados mais preservados, incluindo nascentes de Unidades Hidrográficas (UHs) com ocupação rural, urbana e natural. As nascentes do Rio Jardim (P1) e Buriti Vermelho (P3) pertencem à bacia do Rio Preto, região com forte atividade agrícola do DF. Apesar da intensa atividade na região, as amostras desses pontos possuem características semelhantes, como baixa concentração de íons (Parron *et al.*, 2010; Muniz *et al.*, 2011). As nascentes do Córrego Chapadinha (P5) e Ribeirão Sobradinho (P9) pertencem à Bacia do Rio São Bartolomeu, a primeira inserida em UH área rural e a segunda em UH urbana. Apesar de inserida em área urbana, a nascente do Ribeirão Sobradinho encontra-se em Área de Preservação Permanente. A nascente do Córrego Taquara (P13), por sua vez, pertence à Bacia do Ribeirão do Gama e está inserida na Reserva Ecológica do IBGE. Os Pontos P2, P4 e P8 compõem o segundo grupo do Cluster 1(b). Os três pontos de amostragem pertencem à UHs com influência antrópica rural. Os demais pontos do primeiro Cluster 1(c) (P6, P7, P11, P14 e P17) possuem similaridades apesar de ser composto por nascente inserida em UH rural (Córrego Cabeceira Comprida), urbana (Córrego Tamanduá) e natural (Córrego Covancas); e pontos com influência antrópica em UH rural (Córrego Sarandi) e natural (Córrego Taquara).

No Cluster 2 estão agrupados os pontos P15 e P16 (ambos no Córrego do Ouro) e P18 (ponto com influência antrópica no Ribeirão da Contagem). Os pontos pertencentes ao cluster estão inseridos na bacia do Rio Maranhão e possuem características hidrogeológicas semelhantes, não havendo diferenciação entre a nascente e o ponto com influência antrópica no Córrego do Ouro.



Nessa região ocorrem as maiores concentrações de minerais e jazidas do DF (Lima *et al.*, 2006), evidenciados nos altos teores de íons (Na, K, Ca, Mg, HCO<sub>3</sub>), DT e AT encontrados neste estudo.

Já o Cluster 3 corresponde aos pontos P10 (ponto com influência antrópica do Ribeirão Sobradinho) e P12 (ponto com influência antrópica do Rio Ponte Alta). Os dois pontos estão inseridos em UHs com ocupação urbana e ambos recebem efluentes das Estações de Tratamento de Esgotos - ETE Sobradinho (P10) e ETE Recanto das Emas e ETE Gama (P12) (Muniz *et al.*, 2011). Esses pontos apresentaram baixos valores de OD, altos valores de NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, PT, NT, DBO e *E. coli*, em todos os meses.

### 3.3. Análise Multivariada - PCA

A PCA foi aplicada à matriz de dados completa, com análise de todos os pontos em todos os meses, incluindo as 28 variáveis (com exceção de Brometo, que apresentou valores abaixo do limite de detecção em todos os meses), com o intuito de avaliar a relação entre as variáveis analisadas.

Tabela 3 – Cargas das componentes principais, porcentagens de variação e porcentagem total explicada.

Variável	PC1	PC2	Variável	PC1	PC2
TEMP	-0.119	0.122	NT	<b>0.766</b>	-0.618
pH	<b>0.786</b>	0.397	COT	0.745	0.660
CE	<b>0.932</b>	0.340	HCO <sub>3</sub>	0.685	0.723
STD	<b>0.935</b>	0.342	F	0.606	0.314
OD	0.011	0.207	Cl	<b>0.846</b>	-0.509
DBO	<b>0.768</b>	-0.518	NO <sub>2</sub>	0.748	-0.602
DT	0.643	<b>0.759</b>	NO <sub>3</sub>	<b>0.772</b>	-0.565
AT	0.685	0.723	PO <sub>4</sub>	0.727	-0.621
TURB	0.382	-0.169	SO <sub>4</sub>	0.706	-0.549
RT	<b>0.954</b>	0.231	Na	<b>0.790</b>	-0.434
COLT	0.477	0.130	NH <sub>4</sub>	0.736	-0.626
ECOLI	<b>0.758</b>	-0.447	K	<b>0.770</b>	0.589
COR	0.472	-0.151	Ca	0.719	0.653
PT	<b>0.758</b>	-0.621	Mg	0.518	<b>0.810</b>
<b>% de variação</b>	PC1	51,66%	PC2	27,14%	
<b>% total explicada</b>	78,8%				

Na primeira componente (PC1) as variáveis pH, condutividade elétrica (CE), sólidos totais dissolvidos (STD), demanda bioquímica de oxigênio (DBO), resíduo total (RT), *Escherichia coli* (ECOLI), fósforo total (PT), nitrogênio total (NT), cloreto (Cl), nitrato (NO<sub>3</sub>), sódio (Na) e potássio (K), apresentaram peso superior a 0,75, indicando que essas variáveis são as mais significativas na definição da qualidade da água dos corpos hídricos analisados. Variáveis com cargas superiores a 0,75 são as que contribuem apropriadamente para a variação dos dados (Gvozdić *et al.*, 2012). Na segunda componente (PC2), as variáveis dureza total (DT) e magnésio (Mg) obtiveram cargas maiores que 0,75. O comportamento das variáveis mostrou que, para a primeira e segunda componentes, foram significantes as variáveis relacionadas à qualidade química (pH, CE, STD, PT, NT, DT, Cl, NO<sub>3</sub>, Na, K, Mg e DBO), física (RT) e microbiológica (ECOLI) da água superficial.

A mensuração do pH é uma das ferramentas mais importantes e frequentes utilizadas na análise da água, influenciando diretamente e indiretamente qualidade da água. Está presente no Índice de Qualidade da Água (IQA) adotado no Brasil (ANA, 2019).

Fósforo (PT) e nitrogênio (NT) são nutrientes limitantes da produtividade de um corpo d'água (Piveli e Kato, 2005). Descargas de fósforo e nitrogênio provenientes de efluentes ou fertilizantes desencadeiam processos de eutrofização, daí a importância dos dois nutrientes na avaliação da qualidade da água. Em águas naturais as formas de nitrogênio de maior interesse são em ordem decrescente de estado de oxidação: nitrato, nitrito, amônia e nitrogênio orgânico, sendo que  $\text{NO}_3$  é a forma mais comum encontrada e sua quantificação pode ser substituída por métodos mais simplificados, como método *Kedjalh* (NT) (Parron *et al.*, 2011).

Resíduo total (RT) diz respeito à matéria que permanece após a evaporação, secagem ou calcinação da amostra de água durante um determinado tempo e temperatura. Apesar de ser um parâmetro que compõe o IQA, essa análise é recomendada para águas fortemente poluídas e esgotos (Piveli e Kato, 2005; ANA, 2019). Parâmetros indiretos como a turbidez (TURB) ou cor (COR) devem ser preferivelmente usados, uma vez que a análise gravimétrica apresenta baixa precisão para níveis reduzidos de resíduos (caso das amostras naturais), além do tempo necessário para a execução (Piveli e Kato, 2005). Entretanto, na ausência de equipamentos para leitura de turbidez ou cor, a análise gravimétrica (RT) pode ser empregada, desde que seja realizada de acordo com os métodos de análise de água reconhecidos (APHA, 2012).

A COND é a medida da capacidade da solução de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro depende dos tipos e das concentrações de íons presentes na água, essencialmente Na, K e Cl e está diretamente relacionada aos STD (Parron *et al.*, 2011). É uma variável comum na avaliação da qualidade da água e devido à facilidade na obtenção da medida (por método eletrométrico *in situ*) pode substituir as variáveis STD, Na, K e Cl.

A dureza total (DT) é a propriedade decorrente da presença de metais alcalino-terrosos, principalmente cálcio e magnésio, que são os principais encontrados em águas naturais (APHA, 2012). Portanto, em um programa de monitoramento da qualidade da água no DF, a DT pode substituir a quantificação de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), parâmetros importantes e que refletem o solo típico do cerrado brasileiro (Furley e Ratter, 1988). A DT pode ser facilmente realizada por meio de titulação em laboratório, não sendo necessária, para tal finalidade, a utilização de instrumentação analítica.

A DBO é um bioensaio que indica o consumo de oxigênio por organismos vivos (principalmente bactérias) enquanto utilizam a matéria orgânica presente na água, em condições similares às que ocorrem na natureza (Parron *et al.*, 2011). A *Escherichia coli* (ECOLI) é uma



bactéria do grupo coliforme, amplamente utilizada como parâmetro microbiológico em estudos de qualidade da água para diversos fins, como abastecimento, recreação e irrigação, sendo comumente reportada como umas das principais responsáveis por doenças de veiculação hídrica (WHO, 2011). A leitura da DBO requer incubação de 5 dias, enquanto que a leitura de *E. coli* pode ser obtida em 24 horas (método cromogênico). Ambas variáveis são importantes no monitoramento da qualidade da água no DF, uma vez que a utilização dos recursos hídricos nos pontos amostrados prevê usos da água bastante restritivos (abastecimento/irrigação).

#### 4. CONCLUSÕES

1. Na análise de Cluster foi possível agrupar os pontos amostrais em 3 grupos distintos, sendo que no Cluster 1 foi possível observar uma subdivisão de pontos que possuem a melhor qualidade da água.

2. A técnica estatística multivariada, por meio da aplicação da análise das componentes principais (PCA), mostrou uma redução do número de variáveis de 28 para 14, consideradas mais relevantes, com uma porcentagem total explicada de 78,8%. Dessas 14 variáveis, foi sugerida uma redução para 7 variáveis, a depender dos objetivos e recursos materiais/financeiros disponíveis para cada programa de monitoramento.

3. Os resultados obtidos na análise multivariada poderão subsidiar a escolha de pontos amostrais e variáveis mais representativos, de fácil acesso (pontos), mais precisos e economicamente viáveis (variáveis) para compor os programas de monitoramento da qualidade da água no Distrito Federal.

#### REFERÊNCIAS

ANA (AGENCIA NACIONAL DE AGUAS). (2019). “Indicadores de qualidade – Índice de Qualidade das Águas (IQA)”. Portal da Qualidade das Águas. Disponível em: <http://portalpnqa.ana.gov.br/indicadores-indice-aguas.aspx>.

APHA (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION). (2005). “Standard methods for the examination of water and wastewater”. 22 ed. Washington, DC, 1360 p.

BRANDÃO, C. J. (2011). *Guia nacional de coleta e preservação de amostras: água, sedimento, comunidades aquáticas e efluentes líquidos*. CETESB São Paulo-sp, 325 p.

BRANDÃO, A.; PAVIANI, A. (2018). “A crise e o consumo de água em Brasília”. Texto para discussão. CODEPLAN: Brasília-DF, 26 p.

CAVALCANTE, B.S.; MARQUES, G.R.C. “Recursos hídricos e gestão de conflitos: A bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul a partir da crise hídrica de 2014-2015”. *Revista de Gestão dos Países de Língua Portuguesa*, 15(1), pp. 04-16.

CODEPLAN (COMPANHIA DE PLANEJAMENTO DO DISTRITO FEDERAL). (2017). *Mapeamento da cobertura do Distrito Federal: 1984 a 2017 - Relatório Síntese*. Brasília-DF. Disponível em: <http://cobeturadaterra.codeplan.df.gov.br/>.

FURLEY, P.A.; RATTER, J.A. (1988). "Soil resources and plant communities of the Central Brazilian cerrado and their development". *Journal of Biogeography*, (15), p. 97-108.

GVOZDIC, V.; BRANA, J.; MALATESTI, N.; ROLAND, D. (2012). "Principal component analysis of surface water quality data of the River Drava in eastern Croatia (24 year survey)". *Journal of Hydroinformatics*, 14(4), p. 1051-1060.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). (2017). Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. *Estimativas da população residente com data de referência 1 de julho de 2017*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/df/panorama>, acesso em 23 mar de 2019.

LI, P.; WU, J.; QIAN, H. (2013). "Assessment of groundwater quality for irrigation purposes and identification of hydrogeochemical evolution mechanisms in Pengyang County, China". *Environmental Earth Science* (69), pp. 2211–2225.

LIMA, J.E.F.W.; OLIVEIRA-FILHO, E.C.; SILVA, E.M.; FARIAS, M.R. (2006). Caracterização hidrológica da APA da Cafuringa. In: APA da Cafuringa: a última fronteira natural do DF. Netto, P.V. (Ed.). SEMA-DF, 2006, 543 p.

MOSTAFAEI, A. (2014). "Application of multivariate statistical methods and water-quality index to evaluation of water quality in the Kashkan River". *Environmental Management* (53), pp. 865-881.

MUNIZ, D.H.F.; MORAES, A.S.; FREIRE, I.S.; CRUZ, C.J.D.; LIMA, J.E.F.W.; OLIVEIRA-FILHO, E.C. (2011). "Evaluation of water quality parameters for monitoring natural, urban, and agricultural areas in Brazilian Cerrado". *Acta Limnologica Brasiliensa* (23), pp. 307-317.

PARRON, L.M.; RODRIGUES, L.N.; MUNIZ, D.H.F.; MARIOTI, J. (2010). "Caracterização da Qualidade dos Recursos Hídricos de uma bacia hidrográfica no Bioma Cerrado". *Anais do XVIII Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água- novos caminhos para Agricultura Conservacionista do Brasil*, Teresina-PI, 2010, pp. 1-5.

PARRON, L.M.; MUNIZ, D.H.F.; PEREIRA, M.C. (2011). "Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água". Documentos n° 232, Embrapa Florestas, Colombo, 69 p.

PIVELI, R. P. ; KATO, M. T. (2005). "Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos". 1ª ed. São Paulo: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 285 p.

RAVIKUMAR, P.; SOMASHEKAR, R.K. (2017). "Principal component analysis and hydrochemical facies characterization to evaluate groundwater quality in Varahi river basin, Karnataka state, India". *Applied Water Science* (7), pp. 745-755.

SEMA-DF (SECRETARIA DE MEIOAMBIENTE DO DF). (2017). *Catálogo Hidrográfico do Distrito Federal: toponímias dos cursos d'água*. SEMA-DF Brasília-DF, 44 p.

TIRI A.; LAHBARI N.; BOUDOUKHA A. (2017). "Assessment of the quality of water by hierarchical cluster and variance analyses of the Koudiat Medouar Watershed, East Algeria". *Applied Water Science* (7), pp. 4197-4206.

WHO. (2011). "Guidelines for Drinking Water Quality". Volume 4. Recommendations. 2011. Geneva: World Health /Organization.