

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA QUALIDADE DA ÁGUA NA PARTE ALTA DA BACIA DO RIO SALGADO, CEARÁ¹

SÁVIO DE BRITO FONTENELE^{2*}, EUNICE MAIA DE ANDRADE³, EVELINE VIANA SALGADO², ANA CÉLIA MAIA MEIRELES², RODOLFO JOSÉ SABIÁ⁴

RESUMO - Para investigar a similaridade em escala espacial e temporal da qualidade das águas de uma microbacia da parte alta da bacia do rio Salgado empregou-se a análise de agrupamento. As amostras simples de água foram coletadas em nove pontos (georreferenciados) nos meses de março, maio, julho, agosto e setembro de 2005, totalizando 45 amostras. Nesta pesquisa foram avaliados os seguintes atributos: condutividade elétrica (CE), cloretos (Cl⁻), sulfato (SO₄⁻²), ortofosfato solúvel (OS), nitrato (NO₃⁻), oxigênio dissolvido (OD), alcalinidade bicarbonatada (AB), coliformes totais (CT) e turbidez (T). O emprego da análise de agrupamento classificou as águas em quatro grupos homogêneos. O grupo 1, com predominância de amostras realizadas na estação chuvosa, é caracterizado pela diluição de sais e melhor qualidade das águas. O grupo 2 é formado por amostras representativas da estação de transição que apresentam valores intermediários dos atributos. O grupo 3 é constituído por amostras da estação seca localizadas a jusante dos principais despejos de efluentes da microbacia que possuem os maiores valores de CE e as maiores concentrações de Cl⁻, SO₄⁻² e CT. O grupo 4 é constituído por apenas uma amostra caracterizada por elevadas concentrações de NO₃⁻ e CT. Os atributos que mais diferiram entre os grupos foram CE e NO₃⁻, no entanto, elementos como Cl⁻, SO₄⁻², OD e CT também corroboraram para a definição do agrupamento. Assim, conclui-se que a qualidade de água da microbacia é influenciada, principalmente, por dois fatores: fontes pontuais de poluentes e a sazonalidade climática.

Palavras-chave: Análise de agrupamento. Fontes de poluição. Sazonalidade climática.

TEMPORAL AND SPATIAL ANALYSIS OF WATER QUALITY IN THE UPLAND OF SALGADO WATERSHED, CEARA

ABSTRACT - The aim of this research was to investigate the similarity of water quality in space and time in the upland of Salgado watershed, Ceará, Brazil. Multivariate analysis/Cluster Analysis was used for this investigation. Water samples were taken in nine stations, spread out along the rivers during March, May, July, August and September, 2005, totalizing 45 samples. The water quality attributes analyzed were: electrical conductivity (EC), chloride (Cl⁻), sulphate (SO₄⁻²), soluble orthophosphate (OPS), nitrate (NO₃⁻), dissolved oxygen (DO), bicarbonate alkalinity (BA), total coliforms (TC) and turbidity (T). Four homogeneous groups were identified. The water samples collected at rainfall season defined the dissimilarity of group 1 in relation to the others. This group showed the best water quality due to the dilution of salts. Water samples collected during the end of rainfall season and began of dry season formed group 2. Waters sampled at dry season in stations located down of discharge point of effluents defined group 3. These stations presented the highest concentrations of Cl⁻, EC, SO₄⁻² and TC. The values of NO₃⁻ and TC defined the similarity of group 4. Although Cl⁻, SO₄⁻², DO, and TC influenced the cluster definition, the most important variables were EC and NO₃⁻. The water quality similarity was defined by two factors: punctual pollution and climatic seasonality.

Keywords: Cluster analysis. Pollution sources. Climatic seasonality.

*Autor para correspondência.

¹Recebido para publicação em 27/09/2010; aceito em 14/03/2011.

²Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola. Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, av. Mister Hull, s/n, Bloco 804 – Campus do Pici, 60455-970, Fortaleza – CE; savio.fontenele@alu.ufc.br; eveline_agronomia@hotmail.com; amereles2003@yahoo.com.br

³Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC, av. Mister Hull, s/n, Bloco 804 – Campus do Pici, 60455-970, Fortaleza – CE; eandrade@pq.cnpq.br

⁴Centro de Ciências e Tecnologia, Departamento de Engenharia de Produção, URCA, av. Leão Sampaio, km 0, s/n, Triângulo, Juazeiro do Norte – CE; rodolfo.sabia@urca.br

INTRODUÇÃO

Os avanços da população, com consequente aumento da demanda de água e de sua contaminação, geram problemas relacionados à disponibilidade hídrica. Em regiões semiáridas, a decorrência natural dessa escassez evidencia este problema (SINGH et al., 2004; SINGH et al., 2005; PALÁCIO et al., 2009).

A qualidade das águas superficiais reflete a influência de fatores naturais (geologia, vegetação, solos, clima etc.) e, sobretudo, de fatores antropogênicos (despejos pontuais, atividades agrícolas, ocupação desordenada etc.). Muitos destes fatores variam em escala espacial e temporal. Uma completa avaliação da qualidade da água requer a consideração destas duas escalas na análise (YIDANA et al., 2008; KAZI et al., 2009; MOURA et al., 2010).

A qualidade da água de um curso d'água superficial é avaliada por um conjunto de parâmetros físicos, químicos e biológicos, sendo estes parâmetros os indicadores da ação antrópica ou de processos naturais. Sais como cloretos e sulfatos indicam a existência de poluição por esgotos domésticos nas águas naturais (YIDANA et al., 2008); enquanto o nitrato apresenta relação com a presença de atividade humana (PALÁCIO et al. 2009) e o tempo de ação do poluente na água. O oxigênio dissolvido infere, indiretamente, quantidade e tipo de matéria orgânica instáveis no corpo hídrico (MOURA et al., 2010). A condutividade elétrica faz inferência sobre os sólidos solúveis do corpo hídrico. Coliformes totais indicam a possibilidade de contaminação da água por esgotos domésticos (RICHTER; AZEVEDO NETTO, 2003).

O tratamento multivariado, amplamente empregado na avaliação da qualidade das águas, evidencia variações espaciais e temporais geradas por modificações nos constituintes do corpo hídrico (VEGA et al., 1998; SIMEONOV et al., 2003; MENDIGUCHIA et al., 2004; ANDRADE et al., 2008). A técnica da análise de agrupamento considera um conjunto inicial de objetos, reconhecendo entre eles um grau de semelhança suficiente para reunir os pares com a mais alta similaridade (SINGH et al., 2004; SINGH et al., 2005; PALÁCIO et al., 2009).

Os corpos d'água da parte alta da bacia do rio Salgado são fontes hídricas para atividades agropecuárias e recarga de aquíferos. Desse modo, torna-se oportuno obter informações para gestão dos recursos hídricos locais, considerando usos, impactos e a sazonalidade climática do semiárido. E assim, interpretar a influência dos fatores naturais e antrópicos na qualidade de água desse corpo hídrico nas escalas espacial e temporal.

Aplicou-se a análise de agrupamento para avaliar a similaridade em escala temporal e espacial da qualidade das águas superficiais da parte alta da bacia do rio Salgado e verificar a influência das fontes de poluição pontuais e/ou difusas ao longo deste corpo hídrico.

MATERIAL E MÉTODOS

A microbacia em estudo localiza-se no sudoeste do Estado do Ceará, com origem no sopé da Chapada do Araripe, onde emergem fontes naturais de boa qualidade (DNPM, 1996). Está situada nas áreas altas da bacia do Salgado (Figura 1), onde estão os municípios mais importantes da região do Cariri, Juazeiro do Norte e Crato, principais contribuintes de despejos para este corpo d'água.

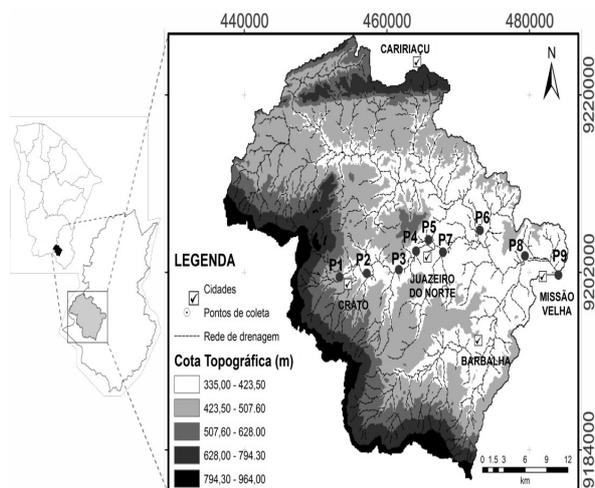


Figura 1. Localização da microbacia em estudo com indicação dos pontos amostrais (Datum SAD69, zona 24S).

O clima local é do tipo tropical úmido (Aw') com estação chuvosa, frequentemente, entre fevereiro e maio. A precipitação oscila entre 800 e 1.200 mm ano⁻¹; a temperatura média é de 25°C e a média da umidade relativa do ar varia entre 80% e 50% nos períodos úmidos e secos, respectivamente. A insolação anual é estimada em 2.848 h e a evapotranspiração potencial em 1.387 mm ano⁻¹. Os solos, apesar da variedade, apresentam-se basicamente em dois tipos: Argissolos e Neossolos (FUNCEME, 2006).

A distribuição dos pontos amostrais (Figura 2) se fundamentou na representação do uso da terra e dos principais despejos de poluentes (Tabela 1), possibilitando a análise das águas do curso principal e de alguns de seus tributários. As principais atividades agropecuárias locais são a bovinocultura e culturas de feijão, milho, mandioca e cana-de-açúcar (FUNCEME, 2006). O parque industrial regional tem predominância de indústrias de calçados e galvanoplastia em Juazeiro do Norte e Crato (IPECE, 2009).

Para avaliar a qualidade da água analisaram-se amostragens simples, coletadas no horário entre 8 h e 12 h de dias ensolarados de março a setembro de 2005. Os atributos analisados foram: condutividade elétrica (CE), cloretos (Cl⁻), sulfatos (SO₄⁻²), ortofosfato solúvel (OS), nitrato (NO₃⁻), oxigênio dissolvido (OD), alcalinidade bicarbonatada (AB), coliformes totais (CT) e turbidez (T). As análises foram realizadas seguindo a metodologia apresentada por APHA (1998).

Tabela 1. Caracterização dos pontos amostrais da parte alta da bacia do rio Salgado.

Ponto	Município	Curso d'água	Uso e ocupação do solo	Ilustração
P1	Crato	rio Batateiras	Área urbana. Despejos de esgoto doméstico bruto.	
P2	Crato	rio Batateiras	Área agrícola. Tributário poluído (rio Grangeiro) encontra o rio principal (rio Batateiras).	
P3	Juazeiro do Norte	rio Batateiras	Área agrícola. Despejos do matadouro público de Juazeiro do Norte a montante.	
P4	Juazeiro do Norte	rio Batateiras	Área urbana. Despejos de esgoto doméstico.	
P5	Juazeiro do Norte	rio Batateiras	Transição entre zona urbana e rural. Ponto de liberação das águas tratadas no sistema de lagoas de estabilização de Juazeiro do Norte.	
P6	Juazeiro do Norte	rio Carás	Área agrícola. Representativo do tributário rio Carás.	
P7	Juazeiro do Norte	riacho dos Macacos	Área urbana. Representativo do tributário riacho dos Macacos. Despejos de esgoto doméstico.	
P8	Missão Velha	rio Batateiras	Área agrícola. Encontro com o tributário rio Salamanca.	
P9	Missão Velha	rio Salgado	Área agrícola. Cachoeira de Missão Velha.	

No intuito de explorar as similaridades entre os pontos amostrais, aplicou-se a análise de agrupamento pelo método hierárquico aglomerativo processada no *software Statistical Package for Social Sciences* – SPSS 16.0. Para eliminar os efeitos produzidos pelas diferentes escalas e unidades, padronizaram-se os dados (média igual a zero e desvio-padrão igual a um) através do método *Z scores*. A similaridade

foi mensurada pela distância Euclidiana ao quadrado (soma dos quadrados das diferenças). O algoritmo de agrupamento aplicado foi o método *Ward* (soma total dos quadrados dos desvios de cada objeto em relação à medida do grupo onde o mesmo foi inserido). A escolha destes métodos se fundamentou na frequente empregabilidade dos mesmos por diversos pesquisadores para estudar a qualidade

da água (VEGA et al., 1998; ANDRADE et al., 2008; YIDANA et al., 2008; PALÁCIO et al., 2009).

A definição do número ótimo de grupos deu-se com uma súbita elevação da distância reescalona-da da combinação de agrupamentos, evidenciando um substancial decréscimo na similaridade (CORRAR et al., 2009). Os dados de cada atributo dos grupos formados foram submetidos à análise de teste de média e confrontados pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade, processados no SPSS 16.0. Estes testes indicaram as variáveis responsáveis pela formação dos grupos na análise multivariada. Gráficos *Box plot* apresentam uma estatística descritiva dos atributos analisados neste estudo, em cada ponto amostral, contribuindo para a análise espaço-temporal proposta.

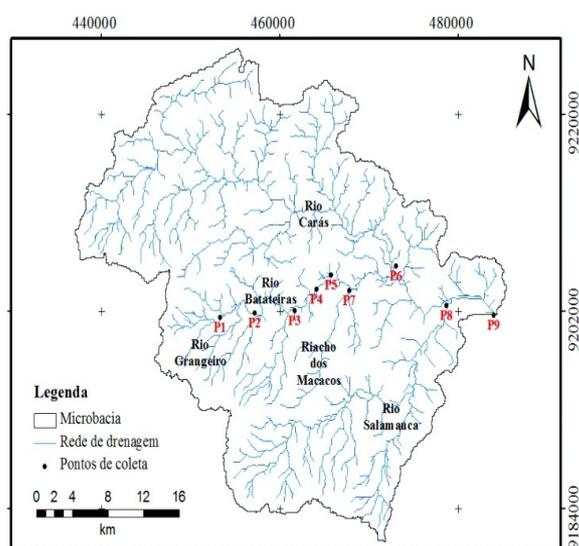


Figura 2. Localização e distribuição dos pontos amostrais e rios da microbacia

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de grupos foi definido pela primeira grande diferença entre os coeficientes reescalonados de agrupamento (Figura 3). Esses coeficientes explicitaram o ponto ótimo de corte entre 13,52 e 16,72, onde ocorre um acréscimo de mais de 100% na diferença entre eles.

O ponto ótimo formou quatro grupos homogêneos (Figura 3). O grupo 1, composto basicamente por amostras da estação chuvosa, detém águas de melhor qualidade (Tabela 2). O grupo 2 foi formado por amostras da estação de transição entre os períodos chuvoso e seco e amostras de P3, P6 e P7 referentes à estação chuvosa. Este grupo apresentou valores intermediários para os atributos investigados (Tabela 2). O grupo 3 foi composto por amostras da estação seca em P4, P5, P6, P8 e P9. O grupo 4, composto por apenas uma amostra, não possui similaridade com nenhum grupo. Diante disso, atestou-se que a sazonalidade foi determinante na definição dos

agrupamentos. Essa influência sazonal do clima na qualidade das águas também foi constatada por Xiaolong et al. (2010), Bu et al. (2010), Palácio et al. (2009), Sousa et al. (2009), Singh et al. (2005), Singh et al. (2004).

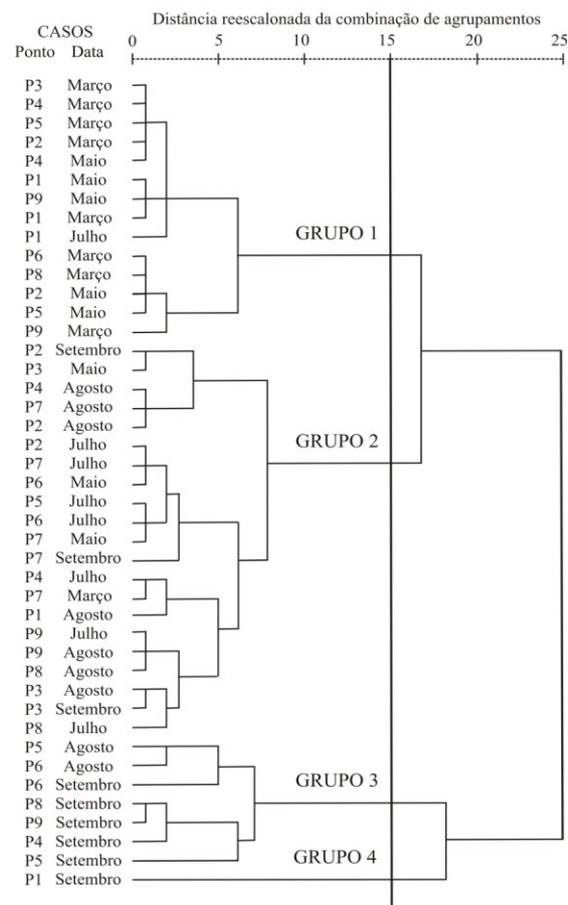


Figura 3. Dendrograma das amostras de água do alto rio Salgado, Sul do Ceará.

O agrupamento foi definido pelos atributos que mais diferiram entre os grupos: CE, NO_3^- , OD e CT. A CE, um dos principais atributos que definiram o agrupamento, apresenta média com 100% de acréscimo do grupo 1 para o 2 e um aporte de, aproximadamente, 80% do grupo 2 para o 3. O CT se apresenta em 100% das amostras com discretas variações entre os grupos. Concentrações entre $2,80\text{E}+1$ e $4,30\text{E}+6$ comprovam a existência de fontes de poluentes ao longo do corpo hídrico. Mesmo diferindo no teste de média, CT e CE, assim como a maior parte dos atributos, apresentam tendência de acréscimo nas concentrações do grupo 1 ao 3, com o grupo 2 caracterizado por valores intermediários.

O NO_3^- , outro atributo importante na definição dos grupos, se apresenta com média para o grupo 2 oito vezes maior que a do grupo 1 e um acréscimo de 100% do grupo 2 para o 3. Apesar da importância do NO_3^- , suas concentrações foram inexpressivas ($<1 \text{ mg L}^{-1} \text{ N}$) haja vista que o limite da Resolução CONAMA 357/2005 é de $10,0 \text{ mg L}^{-1} \text{ N}$ para todas as

classes.

O grupo 1 é caracterizado pela dissolução de sais e melhor qualidade das amostras do período úmido (Tabela 2). Isto ocorre porque, apesar da estação úmida em regiões semiáridas ser curta, a mesma é determinante na variação da qualidade das águas superficiais (ANDRADE et al., 2008) fazendo com que amostras relacionadas a este período possuam mínimas concentrações de sais e os maiores valores de OD. Baixos valores para Cl^- e CE caracterizam a diluição dos sais neste grupo. A melhoria da qualidade de água neste período se deve ao fato de que os rios fluem livremente com volumes bem mais elevados, dissolvendo sais e poluentes. Esse comportamento é comum em regiões semiáridas, onde as águas de chuva possuem CE de $0,05 \text{ dS cm}^{-1}$ (PALÁCIO et al., 2009). Resultados semelhantes foram encontrados por Andrade et al. (2005).

O grupo 3 possui os maiores valores de Cl^- , CE, SO_4^{2-} , AB e CT. Os pontos reunidos neste grupo (P4, P5, P6, P8 e P9) estão localizados a jusante dos principais despejos de Crato e Juazeiro do Norte, caracterizando a degradação da qualidade da água. Como observado por Kazi et al. (2009) e Vega et al. (1998), a ascendência nas concentrações a medida que se afasta do período úmido são atribuídas, em sua maioria, à descarga regular de efluentes durante o ano. Assim, variações temporais de qualidade de água são causadas, principalmente, por fontes poluidoras pontuais e/ou fatores climáticos (XIAOLONG et al., 2010).

A amostra do grupo 4, P1 em setembro, é caracterizada por elevadas concentrações de NO_3^- , OS e CT. Nesta seção, os esgotos domésticos são lançados continuamente no rio (Tabela 1). Além disso, o escoamento natural (escoamento de base) neste período é mínimo.

A similaridade baseada nas variações temporais indica de modo preliminar que o número de coletas poderia ser condensado, sintetizando informações temporais dos atributos mais significativos. Similaridade espacial, como apresentada pelo grupo 3 no período de estiagem, também indica possibilidade de redução da amostragem. As amostras simples utilizadas para caracterizar os pontos P4, P5, P6, P8 e P9, individualmente, poderiam ser substituídas por uma amostra composta representativa de toda a área. Estas reduções visam minimizar custos sem comprometer as análises da qualidade da água do corpo hídrico. Propostas de redução do número de coletas em monitoramento da qualidade de água são apresentadas em diferentes partes do globo (SIMEONOV et al., 2003; MENDIGUCHIA et al., 2004; ANDRADE et al., 2008; KAZI et al., 2009).

No entanto, como esta pesquisa foi realizada em um curto período de tempo e contemplando poucos atributos, recomenda-se monitoramento durante um maior espaço de tempo e abrangendo um maior número de atributos para possibilitar uma estratégia ótima de amostragem para análise da qualidade de

água do corpo hídrico em estudo.

No intuito de aprofundar a investigação da tendência pontual dos atributos que definiram os grupos (diferiram estatisticamente entre si) ao longo do período de estudo, elaboraram-se gráficos *box plots* para as seções de amostragem da microbacia (Figura 4). Nesta figura, os pontos individualizados com valores atípicos são plotados com asterisco e informação de data.

As Figuras 4a, 4c e 4d apresentam uma tendência de acréscimo em CE, Cl^- e AB, respectivamente, de P1 a P5 seguida de decréscimo até P9. A ascendência observada pode estar relacionada às fontes pontuais de poluição dos pontos P1 a P5 (Tabela 1). Palácio et al. (2009) obtiveram valores médios máximos de CE em pontos a jusante de centros urbanos desprovidos de saneamento básico. Hanh et al. (2010), Moura et al. (2010) e Frota Júnior et al. (2007) também observaram um maior aporte de poluição nos trechos de rio próximo aos centros urbanos. O decréscimo apresentado a partir de P6, pode ser explicado pelo declínio de fontes pontuais de poluição entre P6 e P9, exceto em P7.

O P6, representativo do riacho dos Macacos, possui as maiores variações de CE, SO_4^{2-} e AB. Esta variação segue uma tendência de acréscimo ao se afastar do período chuvoso devido à descarga constante de poluentes, diferente da sazonalidade do escoamento superficial natural (ANDRADE et al., 2005; SANTOS; SANTOS, 2008; PALÁCIO et al., 2009; SOUSA et al., 2009). Este ponto também é caracterizado pelas menores concentrações de CT que podem ser explicadas pela característica agrícola desta microbacia e/ou pela distância das áreas urbanas.

O P7, representativo do riacho dos Macacos, é receptor de parte dos despejos de efluentes urbanos de Juazeiro do Norte. As amostras deste ponto são caracterizadas pelas menores concentrações de OD e SO_4^{2-} e valores elevados de AB e Cl^- , enquanto CT varia entre 2.300 e 23.000 NMP 100 mL^{-1} . Essas características geram indícios de contaminação por despejos orgânicos (RICHTER; AZEVEDO NETTO, 2003). O decaimento de matéria orgânica consome o OD e enriquece a água com íons como HCO_3^- , PO_4^{3-} , K^+ , SO_4^{2-} , e Mg^{+2} (YIDANA et al., 2008).

O comportamento do NO_3^- apresenta uma tendência de crescimento até P3 e redução a partir de P5. Entre P1, P2 e P3 existem fontes pontuais de poluentes urbanos (Tabela 1) justificando o acréscimo de NO_3^- . O decréscimo a partir de P5 pode ser explicado pela alta volatilidade do nitrogênio e/ou pela falta de novas fontes deste elemento.

Os valores de OD predominaram entre 1 a 6 mg L^{-1} (Figura 4f). Estas concentrações estão abaixo dos limites das classes definidas pela Resolução 357/2005 do CONAMA. Nesta classificação, águas doces destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento, denominadas de classe 1, devem possuir concentrações não inferiores a 6 mg L^{-1} . Já classes com inúmeras restrições de uso, como a

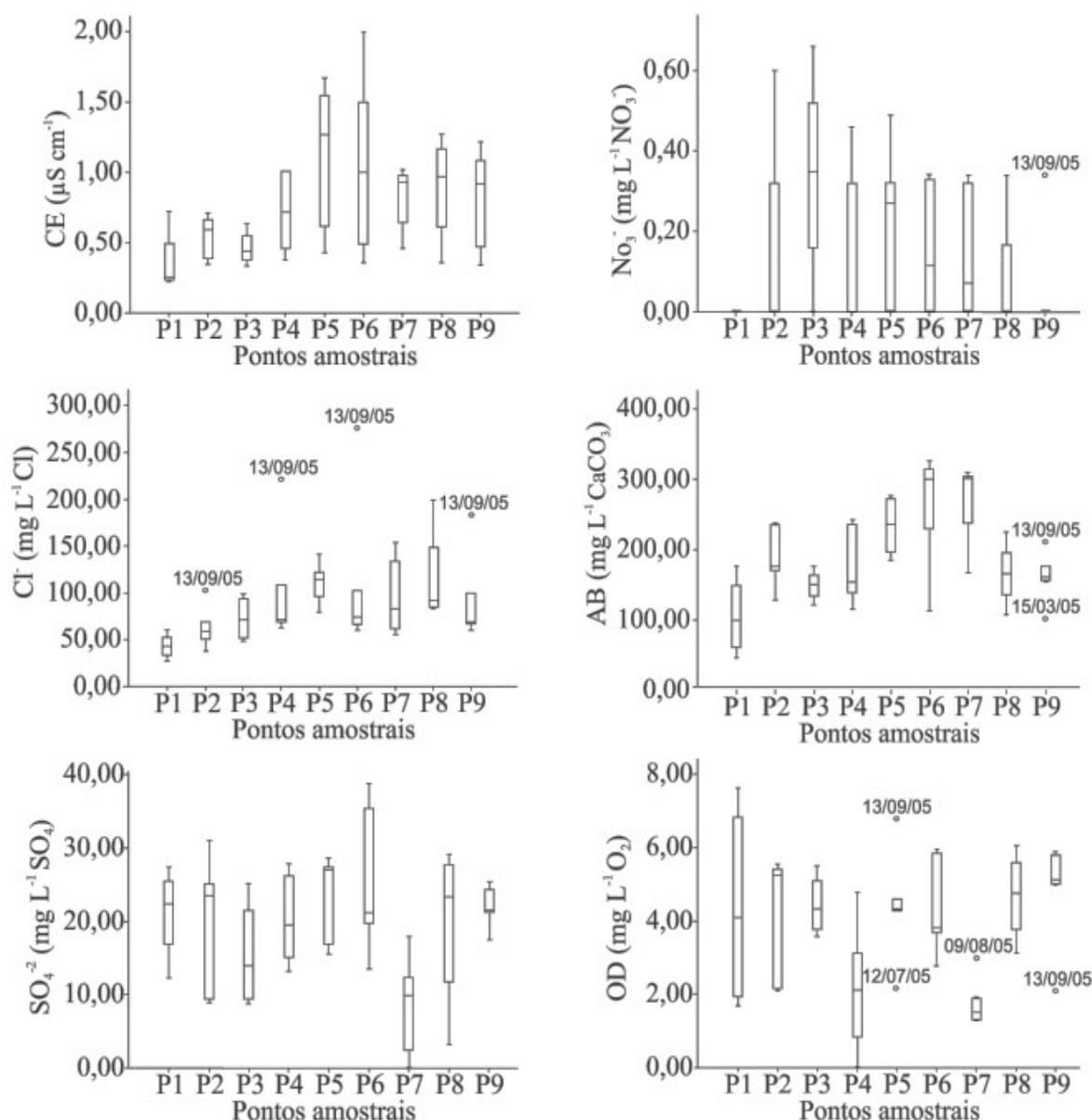
Tabela 2. Média e desvio padrão, valores máximo e mínimo das variáveis em estudo para os grupos das águas superficiais da microbacia localizada no Alto rio Salgado, definidos pela técnica da análise de agrupamento.

Variáveis	Estatística	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Cl ⁻ (mg L ⁻¹ Cl)	Média*	67,2 ± 20,8 a	83,3 ± 30,1 a	171,0 ± 71,7 b
	Mínimo	27,6	37,8	60,7
	Máximo	108,5	153,5	276,4
Alcalinidade Bicarbonatada (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	Média	137,0 ± 44,2 a	209,4 ± 64,5 b	251,0 ± 57,5 b
	Mínimo	45,8	114,8	163,1
	Máximo	195,8	308,7	326,1
Condutividade Elétrica (mS cm ⁻¹)	Média	0,4 ± 0,1 a	0,8 ± 0,3 b	1,4 ± 0,3 c
	Mínimo	0,2	0,3	1,0
	Máximo	0,6	1,3	2,0
SO ₄ ⁻² (mg L ⁻¹ SO ₄)	Média	25,2 ± 3,0 a	13,500 ± 7,0 b	26,2 ± 9,0 a
	Mínimo	21,2	0,0	15,5
	Máximo	31,1	25,3	38,8
Ortofosfato solúvel (mg L ⁻¹ P)	Média	0,1 ± 0,2 a	0,2 ± 0,4 a	0,1 ± 0,2 a
	Mínimo	0,0	0,0	0,0
	Máximo	0,6	1,4	0,6
NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹ NO ₃)	Média	0,0 ± 0,07 a	0,2 ± 0,2 b	0,4 ± 0,1 c
	Mínimo	0,0	0,0	0,3
	Máximo	0,3	0,7	0,5
OD (mg L ⁻¹ O ₂)	Média	4,8 ± 1,4 a	3,2 ± 1,7 b	4,1 ± 2,4 ab
	Mínimo	2,2	0,9	0,0
	Máximo	7,6	6,1	6,8
Turbidez (UNT)	Média	29,7 ± 24,4 a	16,2 ± 12,9 a	17,7 ± 18,9 a
	Mínimo	4,0	2,0	3,2
	Máximo	94,4	46,7	57,3
Col. Totais (NMP 100 mL ⁻¹)	Média	8,1E+4 ± 2,5E+5 a	2,5E+5 ± 5,5E+5 ab	1,0E+6 ± 1,7E+6 b
	Mínimo	2,4E+3	2,8E+1	4,0E+3
	Máximo	9,3E+5	2,3E+6	4,3E+6

*Médias seguidas pela mesma letra entre os grupos dentro cada variável, não diferem pelo teste Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

classe 4, devem possuir concentrações de OD superiores a 2 mg L⁻¹. Como os corpos d'água em estudo não estão enquadrados na Resolução CONAMA 357, há a necessidade do acompanhamento da qualidade de água destes corpos hídricos. Contudo, a minimiza-

ção dos despejos de poluentes domésticos, principalmente nos períodos de estiagem, deve ser objetivo das políticas públicas dos municípios localizados nesta área.



¹ A linha que cruza a caixa representa a mediana da amostra, onde a base e o topo da caixa mostram a localização do primeiro e do terceiro quartil, respectivamente. As linhas que se estendem do topo e da base da caixa representam as menores e maiores observações dentro da região definida por $Q1 - 1,5(Q3 - Q1)$ e $Q3 + 1,5(Q3 - Q1)$.

Figura 4. Análise espacial dos atributos determinantes dos grupos na análise de agrupamento.

CONCLUSÕES

Aplicar a ferramenta multivariada da análise de agrupamento em banco de dados com restrição de informações possibilita uma classificação prévia das águas de acordo com o grau de degradação. Características como clima e uso do solo são determinantes na busca das fontes causadoras dessa degradação.

Os agrupamentos da análise multivariada foram definidos pela sazonalidade climática da região (impacto natural) e por fontes pontuais de poluentes (impactos antrópicos). Estes fatores determinaram,

no espaço de tempo estudado, a qualidade das águas superficiais da sub-bacia do rio Salgado em estudo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo concedida ao primeiro autor e a Companhia de Gestão dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará (COGERH) pelo subsídio das análises de qualidade de água utilizadas neste estudo.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. M. et al. Índice de qualidade de água, uma proposta para o vale do rio Trussu, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 36, n. 2, p. 135-142, 2005.
- ANDRADE, E. M. et al. Land use effects in ground-water composition of an alluvial aquifer (Trussu River, Brazil) by multivariate techniques. **Environmental Research**, v. 106, p. 170-177, 2008.
- APHA. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 20. ed. Washington, DC: American Public Health Association. 1998. 1220 p.
- BU, H. et al. Temporal and spatial variations of water quality in the Jinshui River of the South Qinling Mts., China. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 73, n. 5, p. 907-913. 2010.
- CORRAR, L. J. et al. **Análise Multivariada para os Cursos de Administração, Ciências Contábeis e Economia**. 1. ed. 2. reimpr. São Paulo: Atlas, 2009. p. 324-386..
- Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. **Projeto avaliação hidrogeológica da bacia sedimentar do Araripe**. Recife: DNPM, 1996. 101 p.
- FROTA JÚNIOR, J. I. et al. Influência antrópica na adição de sais no trecho perenizado da bacia hidrográfica da bacia do Curu, Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 38, n. 2, p. 142-148, 2007.
- Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME. **Zoneamento geoambiental do Estado do Ceará – Parte II: Mesorregião do Sul Cearense**. Fortaleza: FUNCEME, 2006. 128 p.
- IPECE. Perfil básico municipal 2009. Disponível e m : http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/perfil_basico/pbm-2009. Acesso em: 11 maio 2010.
- KAZI, T. G. et al. Assessment of water quality of polluted lake using multivariate statistical techniques: A case study. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 72, p. 301-309, 2009.
- HANH, P. T. M. et al. Antropogenic influence on surface water quality of the Nhue and Day sub-river systems in Vietnam. **Environmental Geochemistry Health**, v. 32, p. 227-236, 2010.
- MENDIGUCHIA, C. et al. Using chemometric tools to assess anthropogenic effects in river water. A case study: Guadalquivir River (Spain). **Analytica chimica acta**, v. 515, p. 143-149, 2004.
- MOURA, L. H. A.; BOAVENTURA, G. R.; PINELIET, M. P. A qualidade de água como indicador de uso e ocupação do solo: bacia do Gama – Distrito Federal. **Química Nova**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 97-103, 2010.
- PALACIO, H. A. de Q. et al. Similaridade da qualidade das águas superficiais da bacia do Curu, Ceará. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 9, p. 2494-2500, 2009.
- RICHTER, C. A.; AZEVEDO NETTO, J. M. de. **Tratamento de água – tecnologia atualizada**. 1. ed. 5. reimpr. São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda, 2003. p. 24-39.
- SANTOS, J. S.; SANTOS, M. L. P. Estudo da mobilização de metais e elementos traços em ambientes aquáticos do semi-árido brasileiro aplicando análise de componentes principais. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 5, p. 107-111, 2008.
- SIMEONOV, V. et al. Assessment of the subsurface water quality in Northern Greece. **Water Research**, v. 37, p. 4119-4124, 2003.
- SINGH, K. P. et al. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (Índia) – a case of study. **Water Research**, v. 38, p. 3980-3992, 2004.
- SINGH, K. P.; MALIKA, A.; SINHA, S. Water quality assessment and apportionment of pollution sources of Gomti river (India) using multivariate statistical techniques – a case study. **Analytica chimica acta**, v. 538, p. 355-374, 2005.
- SOUSA, R. B. C. et al. Variação Sazonal das águas subterrâneas utilizadas para irrigação na microrregião de Tibau, RN. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 4, p. 206-213, 2009.
- VEGA, M. et al. Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. **Water Research**, v. 32, n. 12, p. 3581-3592, 1998.
- XIAOLONG, W. et al. Spatial and seasonal variations of the contamination within water body of the Grand Canal, China. **Environmental Pollution**, v. 158, p. 1513-1520, 2010.
- YIDANA, S. M.; OPHORIA, D.; BANOENG-YAKUBO, B. A multivariate statistical analysis of surface water chemistry data – The Ankobra Basin, Ghana. **Journal of Environmental Management**, v. 86, p. 80-87, 2008.