



## Estudos de Caso e Notas

Alerta: Os artigos publicados nesta seção não são avaliados por pares e não são indexados. A intenção da seção ECNT é prover um espaço para divulgação de dados e estudos de interesse local, sem caráter científico. Sendo assim, a Revista Águas Subterrâneas não se responsabiliza pelo conteúdo publicado.

Disclaimer: Articles published in this section are not peer-reviewed and are not indexed. The intention of the ECNT section is to provide a space for the dissemination of data and studies of local interest, with no scientific character. Therefore, Revista Águas Subterrâneas is not responsible for this content.

# Aspecto da sazonalidade nos parâmetros físico – químicos da água dos poços, Raposa - Maranhão, Brasil

## Appearance of seasonality in the physical - chemical parameters of the water from the wells, Raposa, Maranhão, Brazil

Thacylla Wanessa dos Santos de Oliveira<sup>1</sup>, Sérgio Henrique Pinto Silva<sup>1</sup>, Darlan Ferreira da Silva<sup>1✉</sup>, Juliane Flavia Cançado Viana<sup>2</sup>, Wellyson da Cunha Araújo Firmo<sup>1</sup>, Maria Raimunda Chagas Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Ceuma, São Luís, Maranhão.

<sup>2</sup> Faculdade Anhanguera de Anápolis, Anápolis, Goiás.

✉ [thacylladeoliveira2014@gmail.com](mailto:thacylladeoliveira2014@gmail.com), [sergiosilva164@gmail.com](mailto:sergiosilva164@gmail.com), [darlanveggito@hotmail.com](mailto:darlanveggito@hotmail.com), [juliane.viana@gmail.com](mailto:juliane.viana@gmail.com), [well.firmo@gmail.com](mailto:well.firmo@gmail.com), [marirah@gmail.com](mailto:marirah@gmail.com)

### Resumo

A água potável é um dos principais meios para preservação da saúde humana, entretanto, a água que não possui o tratamento adequado pode servir como um potencial veículo para transmissão de doenças, pois é capaz de veicular inúmeras enfermidades a partir de falhas no controle de qualidade dos mananciais e reservatórios que fornecem água para população, seja por ingestão ou por contato da pele e mucosas com a água contaminada. O aumento da demanda por água potável e os riscos de contaminação dos poços subterrâneos por se encontrarem próximos a fossas e depósitos inadequados de lixo são alguns dos problemas enfrentados pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE) do município de Raposa. Com o auxílio de Análises das Componentes Principais, foram geradas três Componentes Principais (CP) explicando mais de 75% da variância total entre os períodos estudados. Nas CP1, CP2 e CP3 foram enquadradas as variáveis pH, turbidez, condutividade, sólidos totais dissolvidos, teor de nitrato e nitrito relacionadas a variação em períodos sazonais.

### Abstract

Drinking water is one of the main means for preserving human health, however, water that does not have adequate treatment can serve as a potential vehicle for disease transmission, since it can carry innumerable diseases from quality control failures of the springs and reservoirs that supply water to the population, either by ingestion or by contact of the skin and mucous membranes with contaminated water. The increase in the demand for drinking water and the risks of contamination of the underground wells because they are close to inadequate waste dumps and deposits are some of the problems faced by the Autonomous Water and Sewage Service (SAAE) of the municipality of Raposa. Three Principal Components (CP) were generated explaining more than 75% of the total variance between the studied periods. In the PC1, PC2 and PC3 were evaluated the variables pH, turbidity, conductivity, total dissolved solids, nitrate and nitrite content related to the variation in seasonal periods.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v33i2.29517>

### Palavras-chave:

Poço artesiano.  
Abastecimento de água.  
Análise físico-química.  
Análise de Componentes Principais.

### Keywords

Groundwater.  
Water supply.  
Physical-chemical analysis.  
Principal Component Analysis.

## 1. INTRODUÇÃO

A água é uma das substâncias mais abundantes no planeta Terra e de fundamental importância para a vida, pois cerca de 70 a 75% do corpo humano é formado por água e participa das reações metabólicas, garantindo o desempenho de atividades fisiológicas (Sousa, 2002).

Antigamente, o uso da água se restringia a satisfazer as necessidades essenciais do homem como beber e preparar alimentos, mas com o passar do tempo houve o crescimento econômico e tecnológico resultando no aumento do seu consumo, desperdício e, conseqüentemente, da sua contaminação por agentes químicos e microbiológicos causando o desequilíbrio da água potável (Sousa, 2002; Pinto, 2011).

A ingestão de água potável é um dos principais meios para preservação da saúde humana, entretanto, pode servir como um potencial veículo para transmissão de doenças, pois, a partir da sua contaminação tanto por substâncias químicas quanto por agentes biológicos (bactérias, parasitas e vírus) é capaz de disseminar inúmeras enfermidades (BENEDET, 2008). Entretanto, é necessário o desenvolvimento de atividades gerenciais e de monitoramento dos recursos hídricos, pois devido a eliminação inadequada de resíduos, do uso de agrotóxicos na agricultura e na pecuária, do uso e ocupação do solo e à precariedade do saneamento básico a qualidade da água pode ser comprometida podendo provocar danos à saúde do homem (Aguilar et al., 2010; Morais, Antas, 2012).

Como medidas de prevenção e controle dos problemas relacionados à contaminação de águas, o Ministério da Saúde reeditou a Portaria MS n° 518/2004 e publicou a Portaria n° 2914/2011 que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade com o objetivo de garantir à população acesso a água potável e em quantidade suficiente. Nesta portaria estão inclusos os mananciais superficiais e os subterrâneos (BRASIL, MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2018).

A portaria 2914/2011 do Ministério da Saúde (MS) define os parâmetros de qualidade da água para que o risco de contaminação e transmissão de doenças seja mínimo e que não haja prejuízo para a saúde da população, definindo assim um padrão de potabilidade. Para tanto, são realizados testes microbiológicos e físico – químicos, avaliados dentro de limites (mínimos e máximos) pré-estabelecidos (Brasil, Ministério da Saúde, 2018).

Os mananciais subterrâneos são necessários em muitas regiões que tem um clima tropical e são explorados para o desenvolvimento e abastecimento de inúmeras cidades (Aguilar et al., 2010). O uso desses recursos hídricos aumentou consideravelmente devido a necessidade de fontes de água para o abastecimento de cidades, por não apresentarem grandes variações na sua qualidade quando comparados aos mananciais superficiais e por não serem necessários grandes esforços para se adequar ao consumo humano, tornando o tratamento requerido de menor custo (Santos, 2009; Sahn, 2016).

O município de Raposa possui área 66,280 km<sup>2</sup> e sua população estimada é de 30.863 habitantes, foi emancipado de Paço do Lumiar em 1994 e é considerado a maior colônia de pescadores cearenses do Maranhão, tornando-se nacionalmente conhecido pelo seu artesanato, pela beleza de suas praias desertas e de sua culinária (IBGE, 2017). O sistema de abastecimento de água do município é feito por meio de mananciais subterrâneos, monitorados e gerenciados pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE).

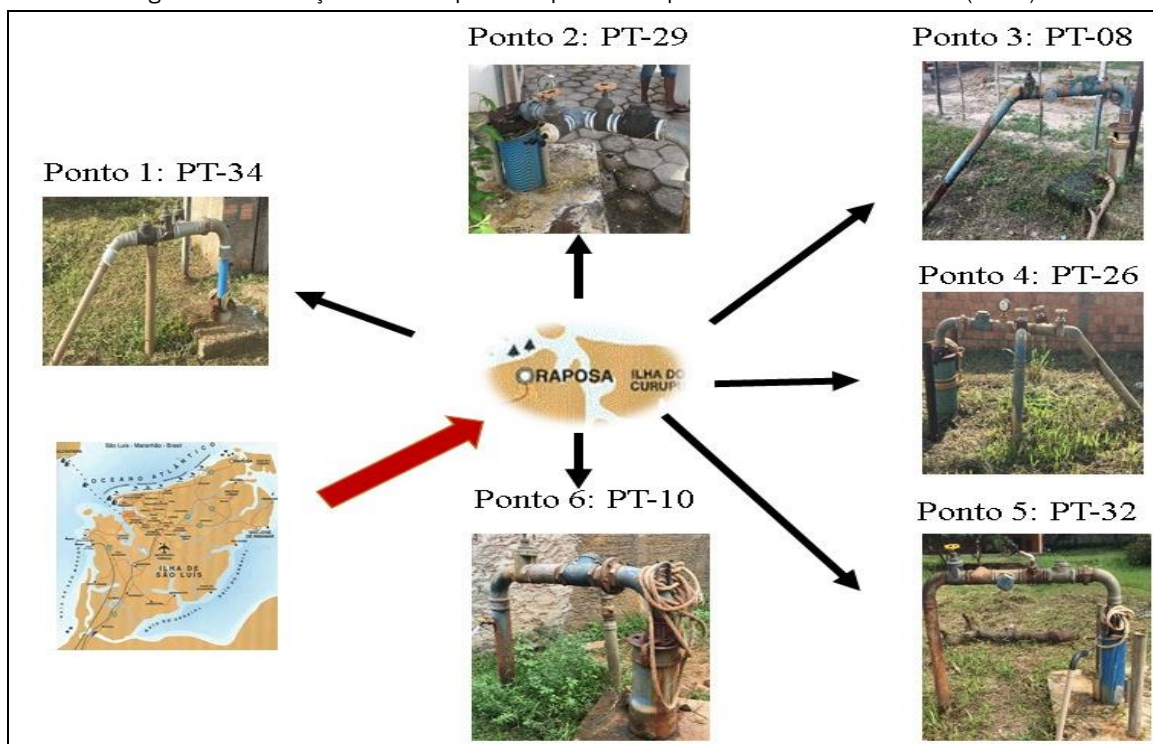
O objetivo desta pesquisa foi analisar os parâmetros físico-químicos e os nutrientes pH, turbidez, condutividade, sólidos totais dissolvidos (STD), teor de nitrato (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) e nitrito (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) das águas de seis mananciais subterrâneos que fazem parte do sistema de abastecimento do município de Raposa, visando identificar o índice de qualidade da água e avaliar a sazonalidade.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudo**

O município de Raposa é uma cidade litorânea que tem rede de abastecimento de água constituída por 35 poços subterrâneos, com profundidade de 80 a 100 m, sendo 5 desativados e 30 em pleno funcionamento. Dos 30 poços em funcionamento, 2 ficam localizados em condomínios fechados, e os outros 28, distribuídos pela cidade. A Figura 1 mostra a localização do município de Raposa e os pontos de coleta.

Figura 1 - Localização do município de Raposa e dos pontos de coleta. Fonte IBGE (2017).



## 2.2 Coleta e Análise

Neste trabalho, foram escolhidos seis poços subterrâneos, designados como: Ponto 1 (PT -34) localizado na rua Jabuticaba – Pirâmide, latitude  $02^{\circ}27'947''S$  e longitude  $044^{\circ}09'843'' W$ ; Ponto 2 (PT- 29) situado no Residencial Atlantic 01, latitude  $02^{\circ}26'746'' S$  e longitude  $044^{\circ}08'265'' W$ ; Ponto 3 (PT-08) localizado na rua Vereador Laci, S  $02^{\circ}26'459''$  e W  $044^{\circ}06'497''$ ; Ponto 4 (PT-26) situado na rua do Fio- Vila Maresia, S  $02^{\circ}26'587''$  e W  $044^{\circ}05'922''$ ; Ponto 5 (PT-32), latitude S  $02^{\circ}26'37''$  e longitude W  $044^{\circ}06'032''$  e o Ponto 6 (PT-10), S  $02^{\circ}26'459''$  W  $044^{\circ}06'497''$  ambos localizados na Avenida Newton Belo. As análises físico-químicas foram realizadas nos períodos seco (2017) e chuvoso (2018), seguindo as metodologias da American Public Health Association (APHA, 2012), entre os meses de agosto a outubro (período seco) e, entre os meses de fevereiro a abril (período chuvoso), sendo realizadas coletas quinzenais, totalizando seis coletas.

As variáveis pH, turbidez e condutividade elétrica foram obtidas in situ por meio de uma sonda multiparâmetro digital (Horiba U-10). As etapas de coleta e transporte das amostras para o Laboratório de Ciências do Ambiente (LACAM) da Universidade Ceuma e para o Departamento de Saúde Ambiental da FUNASA foram supervisionadas por dois técnicos (SAAE e FUNASA). As amostras de nitrato e nitrito foram analisadas em fotômetro (HANNA HI 83200).

Para avaliar os efeitos da sazonalidade, os dados foram agrupados em relação ao período chuvoso ( $n=3$ ) e ao período seco ( $n=3$ ). Os dados foram tratados aplicando estatística descritiva (média e desvio-padrão) e análise de componentes principais (ACP) usando o software Minitab 17 (Hongyu, 2015).

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores dos parâmetros físico-químicos referentes ao período chuvoso e seco, são apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1** - Valores (média e desvios-padrão) dos parâmetros físico-químicos analisados no período chuvoso e seco.

Período Chuvoso							
Pontos	pH	Turb. (NTU)	Sal. (%)	STD (mg L <sup>-1</sup> )	Cond. (µs/cm)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )
P1	5,06 ± 0,41	0,43 ± 0,03	0,46 ± 0,03	34,00 ± 7,21	76,00 ± 3,61	19,43 ± 0,73	0,03 ± 0,005
P2	5,46 ± 0,20	0,59 ± 0,02	0,60 ± 0,05	43,66 ± 1,52	60,33 ± 3,51	4,60 ± 0,52	0,04 ± 0,005
P3	4,90 ± 0,10	0,44 ± 0,005	0,09 ± 0,005	60,67 ± 3,06	81,33 ± 3,06	6,36 ± 0,55	0,04 ± 0,015
P4	4,86 ± 0,28	0,59 ± 0,03	0,09 ± 0,01	35,67 ± 2,52	72,00 ± 2,00	14,43 ± 0,81	0,11 ± 0,000
P5	5,20 ± 0,30	0,40 ± 0,02	0,10 ± 0,01	40,00 ± 3,00	78,00 ± 4,36	15,26 ± 1,60	0,08 ± 0,005
P6	5,56 ± 0,25	0,56 ± 0,01	0,09 ± 0,005	58,33 ± 4,73	79,67 ± 3,21	17,73 ± 1,06	0,04 ± 0,005
Período Seco							
Pontos	pH	Turb. (NTU)	Sal. (%)	STD (mg L <sup>-1</sup> )	Cond. (µs/cm)	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg L <sup>-1</sup> )
P1	6,33 ± 0,15	1,15 ± 0,02	0,05 ± 0,005	45,00 ± 1,00	87,33 ± 3,61	21,50 ± 0,17	0,04 ± 0,01
P2	6,86 ± 0,15	0,43 ± 0,01	0,04 ± 0,015	36,67 ± 2,08	71,66 ± 3,51	4,50 ± 0,36	0,05 ± 0,01
P3	6,83 ± 0,05	0,72 ± 0,02	0,09 ± 0,010	91,00 ± 1,00	186,00 ± 3,06	12,56 ± 1,00	0,06 ± 0,01
P4	6,09 ± 0,10	0,30 ± 0,10	0,07 ± 0,010	87,00 ± 1,00	174,00 ± 2,00	14,23 ± 1,00	0,07 ± 0,01
P5	6,33 ± 0,15	2,38 ± 0,01	0,07 ± 0,005	84,00 ± 1,73	165,33 ± 2,08	16,66 ± 1,52	0,06 ± 0,01
P6	6,80 ± 0,10	1,43 ± 0,01	0,12 ± 0,025	97,33 ± 1,52	195,00 ± 2,65	22,87 ± 2,70	0,06 ± 0,02

Turb. (turbidez), Sal. (salinidade), STD (Sólidos Totais Dissolvidos), Cond. (condutividade), NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (nitrito), NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (nitrito).

### 3.1 pH

O potencial hidrogeniônico (pH), de forma geral, apresentou uma tendência a diminuir ao longo das análises realizadas do período seco (6,86) para o período chuvoso (4,86), fora dos valores de referência recomendados pela Portaria n° 2914 de 2011 do Ministério da Saúde (6 a 9,5). Estes resultados podem ter influências tanto da ação antrópica quanto de causas naturais, como a seca, que ao baixar o nível da água, aumenta a concentração de íons aumentando assim o pH, o que pôde ser notado sem alguns pontos.

Segundo (Casali, 2008) uma água ácida compromete o sabor e aumenta a sua capacidade de corrosão, o que se torna um problema quando reservatórios e tubulações são de metais, que é o caso do município em questão. Ao observar os valores de pH inferior ao recomendado pela legislação e estando ciente da situação da rede de abastecimento passamos a verificar os índices de ferro no período chuvoso.

### 3.2 Turbidez e salinidade

A turbidez apresentou valores críticos (<3,00 NTU) em ambos os períodos, apresentando conformidade com o permitido pela legislação (5 NTU) para águas subterrâneas em toda extensão do sistema de distribuição. É importante ressaltar que durante o período chuvoso todos os pontos analisados apresentaram resultados favoráveis e conformes, não apresentando indícios de contaminação por lixo ou fossas para este parâmetro.

Corroborando com este trabalho Silva, Araújo e Sousa (2007) e Mattos et al (2017) discutem que a adequação da qualidade das águas subterrâneas para o consumo humano está praticamente ligada à sua composição salina. Em geral, regiões quentes costumam apresentar aumento da concentração de sais devido ao alto índice de evaporação, resultando no aumento da salinidade, entretanto, os pontos analisados apresentaram valores baixos em todas as análises. Estes valores não comprometem a qualidade da água.

### 3.3 Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Dados encontrados da condutividade elétrica e sólidos totais dissolvidos (STD) estão diretamente relacionados, pois a presença de íons dissolvidos na água contribui para a condução de eletricidade (Lima, França e Loiola, 2013). O recomendado pela legislação é que o STD não ultrapasse 1000 mg L<sup>-1</sup> e não há parâmetros descritos para a condutividade. No período seco foi possível notar valores mais expressivos que no período chuvoso, não ultrapassando os valores recomendados.

### 3.4 Condutividade Elétrica

Os resultados da condutividade apresentaram-se, de forma geral, bem distintos. No período seco (195,00 µS/cm), enquanto sobre influências da chuva a máxima foi de 81,33 µS/cm. Segundo (Lordelo, Porsani e Borja, 2018) valores elevados de condutividade elétrica indicam que a água tem sabor desagradável, vindo a causar problemas digestivos. Levando em consideração a relação STD e condutividade elétrica podemos dizer que os parâmetros aqui analisados estão dentro da faixa recomendada.

### 3.5 Nitrato

De acordo com (Varnier e Hirata, 2000) o nitrato é o poluente com maior ocorrência nas águas subterrâneas, tem como principal fonte de contaminação uso de fertilizantes agrícolas, criação de animais e fossas rudimentares próximo as fontes. A portaria 2914/11 do MS recomenda que a concentração de nitrato não ultrapasse 10 mg L<sup>-1</sup>. Dos períodos estudados, ambos apresentaram níveis de nitrato acima do limite.

Estes valores chamam atenção, pois em vários pontos encontraram-se acima do valor permitido pela portaria, mesmo que tenha redução dos níveis de alguns pontos são necessárias atividades que visem melhorar os resultados já que uma concentração elevada de nitrato pode causar metahemoglobinemia.

Este íon geralmente ocorre em baixos teores nas águas superficiais, mas pode atingir altas concentrações em águas profundas (Franca, 2006; Quaggio et al., 2018). Uma fonte comum de contaminação de aquíferos por nitrato é o uso de sistemas de saneamento in situ, do tipo fossas e valas negras (APHA, 2012).

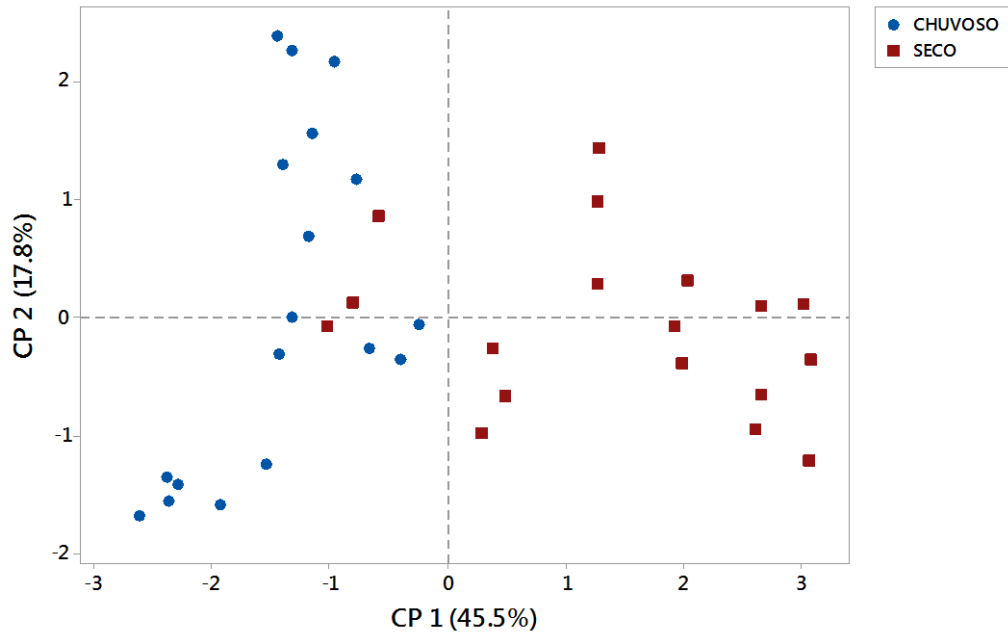
### 3.6 Nitrito

Os dados obtidos para o nitrito apresentaram-se satisfatórios tanto no período seco quanto no chuvoso, ou seja, dentro do permitido (1mg L<sup>-1</sup>). Não houveram grandes variações entre os pontos analisados dentro dos períodos estudados. Vale ressaltar que esses nutrientes são importantes para forma mais oxidada do nitrogênio, e é formado durante os estágios finais da decomposição biológica, tanto em estações de tratamento de água, como em mananciais de água natural, corroborando com este trabalho (Araújo et al., 2017), explica que a região de poço subterrâneos são comuns estes tipos de resultados de nitrito os resultados obtidos não houve diferenças muito acentuadas em relação aos poços de cacimba e artesiano, os valores entre 0,17 mg L<sup>-1</sup> P6 (tubular) e 0,19 mg L<sup>-1</sup> P7 (cacimba), onde segundo o Ministério da Saúde o limite de nitrito para o consumo humano é de 1 mg L<sup>-1</sup>, ou seja os pontos analisados estão dentro do permitido. A presença do íon nitrito indica a ocorrência de processos biológicos ativos influenciados por poluição orgânica (Bastos, 2007), que por sua vez os poços analisados estão rodeados de residências onde algumas possuem fossa séptica e outras não, despejando dejetos sobre o solo contaminando assim o lençol freático.

### 3.7 Análise de Componentes Principais

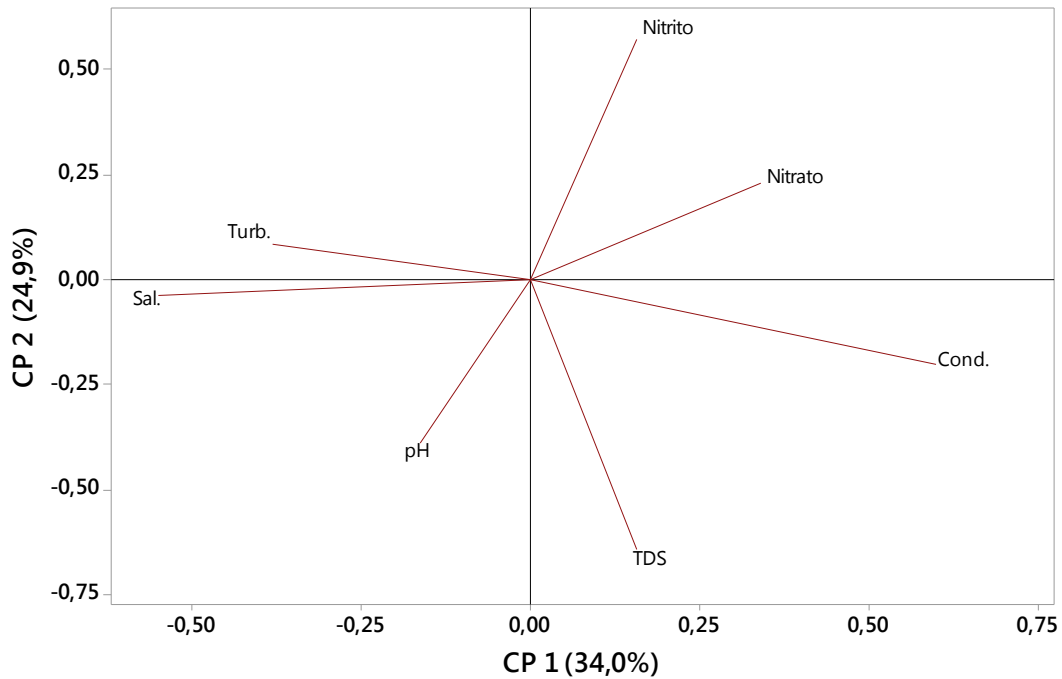
Como ferramenta para a distinção entre os períodos estudados foram criados diagramas de ordenação bidimensionais, geradas a partir de três componentes principais (CP 1, CP 2 e CP 3) geradas para os atributos químicos (pH, turbidez, salinidade, Sólidos Totais Dissolvidos, condutividade, nitrito e nitrato). A Figura 2 permite visualizar a distribuição entre os pontos, a partir dos parâmetros analisados nos períodos chuvoso e seco, onde, pela dispersão dos dados, é possível notar dois agrupamentos distintos, um relacionado às análises realizadas em amostras coletadas no período chuvoso (em azul) e, outro, relacionado às análises de amostras no período seco (em vermelho).

Figura 2 - Diagrama de ordenação dos componentes principais para os pontos de coleta analisados durante os períodos seco e chuvoso.



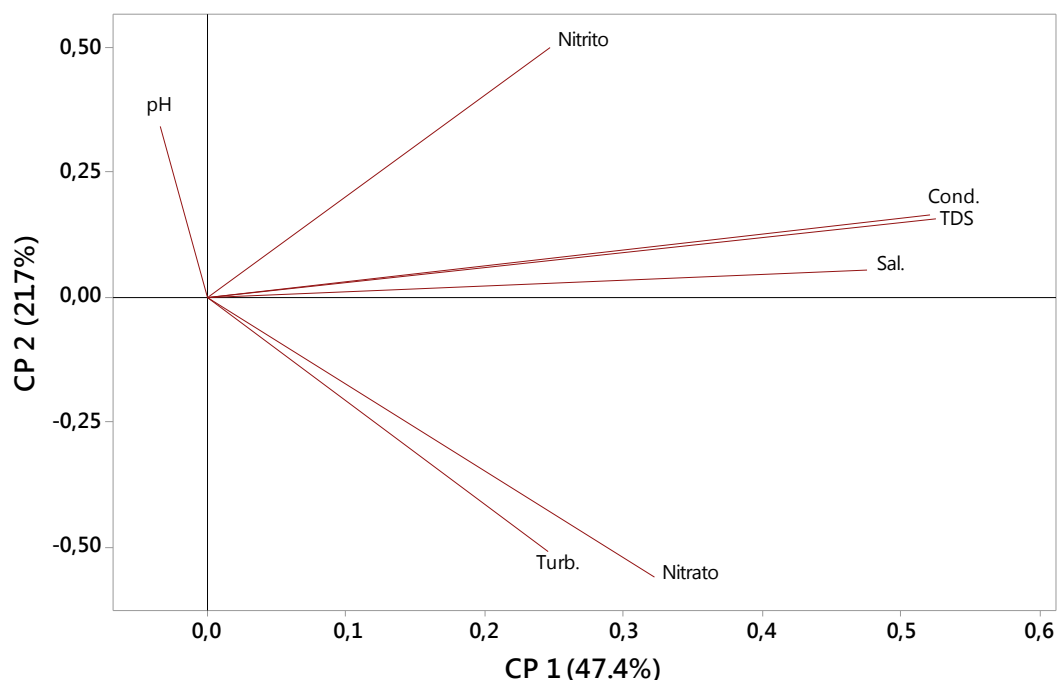
A partir da relação entre essas componentes, foram formados diagramas de projeção de vetores para os parâmetros físico-químicos que mais influenciaram nessa distinção. Nas Figuras 3 e 4 são apresentados os diagramas de projeção dos vetores dos parâmetros físico-químicos durante o período chuvoso e seco, respectivamente.

Figura 3 - Diagrama de projeção dos vetores dos parâmetros físico-químico durante o período chuvoso. Turb. (turbidez), Cond. (condutividade), Sal. (salinidade), STD (Sólidos Totais Dissolvidos).



Para o período chuvoso, a análise de componentes principais (CP 1, CP 2 e CP 3) explicou 76,8% da variação total dos parâmetros avaliados, sendo que a salinidade, a turbidez e a condutividade foram os parâmetros mais sensíveis (Tabela 3). Assim, avaliando-se os coeficientes de correlação destas variáveis podemos inferir que a salinidade e a turbidez (coeficientes de correlação negativos), diminuem seu teor em função da mudança de estação, ou seja, são menores no período seco. Tosic et al (2019), estudando o impacto da poluição de águas, observou que, no período chuvoso, os parâmetros STD, turbidez, nitrato e o fósforo total estão em maior concentração.

Figura 4 - Diagrama de projeção dos vetores dos parâmetros físico-químico durante o período seco. Turb. (turbidez), Cond. (condutividade), Sal. (salinidade), STD (Sólidos Totais Dissolvidos).



Para o período seco, a análise de componentes principais (CP 1, CP 2 e CP 3) explicou 85,8% da variação total dos parâmetros avaliados, sendo que a salinidade, a condutividade, os STD e o nitrato foram os parâmetros mais sensíveis (Tabela 2). Xu et al (2019), estudando os efeitos da sazonalidade de águas, encontram que o teor de nitrato e fósforo total são mais altos no período chuvoso. Assim, o parâmetro pH (coeficientes de correlação negativo), diminuem em função da mudança do período seco para o chuvoso. Na Tabela 3 são apresentados os coeficientes de correlação dos componentes principais (Fatores 1, 2 e 3) para os parâmetros físico-químicos, em função dos períodos seco e chuvoso.

**Tabela 2** - Coeficientes de correlação dos componentes principais (Fatores 1, 2 e 3) para os parâmetros físico-químicos, em função dos períodos seco e chuvoso.

Parâmetros	PERÍODO					
	SECO*			CHUVOSO*		
	CP1	CP2	CP3	CP1	CP2	CP3
pH	-0,034	0,341	<b>-0,813</b>	-0,163	-0,392	-0,065
Turb.	0,246	<b>-0,509</b>	-0,106	<b>-0,381</b>	0,084	<b>0,492</b>
Sal.	0,476	0,056	-0,364	<b>-0,550</b>	-0,040	<b>-0,450</b>
STD	<b>0,525</b>	0,155	0,077	0,156	<b>-0,646</b>	0,387
Cond.	<b>0,521</b>	0,165	0,052	<b>0,601</b>	-0,201	-0,079
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,322	<b>-0,564</b>	-0,010	<b>0,340</b>	0,230	-0,448
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,247	<b>0,502</b>	0,433	0,156	<b>0,572</b>	0,440
Variância Total (%)	47,4	21,7	16,7	34,0	24,9	17,8
Variância Acumulada (%)	47,4	69,1	85,8	34,0	59,0	76,8

\*Valores em negrito indicam os fatores significantes. Turb. (turbidez), Cond. (condutividade), Sal. (salinidade), STD (Sólidos Totais Dissolvidos), NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (nitrito), NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (nitrato).

## 5. CONCLUSÕES

A caracterização dos principais parâmetros físicos- químicos a qualidade da água distribuída pelo sistema de abastecimento do município de Raposa - MA, durante o período sazonal, levando em consideração que a água está diretamente ligada a preservação e manutenção da saúde do homem.

Alguns dos resultados obtidos não estão em conformidade com o recomendado pela Portaria 2914/11 do Ministério da Saúde como é o caso do pH, que durante a seca manteve-se abaixo do permitido e o nitrato que apresentou níveis acima do recomendado. Os outros parâmetros apresentaram-se dentro dos padrões de potabilidade.

Por meio da análise de componentes principais, foi possível verificar o efeito da sazonalidade para os parâmetros físico-químicos e identificar quais variáveis foram mais sensíveis à mudança de período. Os parâmetros de STD, condutividade e salinidade podem ser utilizados como indicadores da variação entre os períodos estudados.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. B.; Veríssimo, L. S.; Oliveira, L. T.; Galvão, M. J. T. G.; Feitosa, F. A. C. Pesquisa hidrogeológica em bacias sedimentares no nordeste brasileiro. Fortaleza: [s.n.], 2010. 19 p.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION – APHA. Standard methods for examination of water and wastewater. 22th ed. Baltimore: United Book Press; 2012.
- ARAÚJO, O. C. W. P.; SOUZA, N. M. S.; CARNEIRO, H. M. S. C.; RODRIGUES, E. H. C. R.; SILVA, M. R. C. S. Monitoramento do nível de potabilidade dos poços tipo cacimba e tubulares dos povoados de Pedreiras – MA e Trizidela Do Vale –Ma, 2017. Disponível:<http://www.meioambientepocos.com.br/anais-2017/trabalhos/pdf>.
- BENEDET, A. V. Qualidade da água em escolas de Içara - SC. 2008. 65 p. Dissertação (Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008
- BRASIL. Ministério da Saúde, Portaria n° 2914, de 12 de dez. de 2011. Procedimentos de controle, vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, Brasília, DF, jan 2018. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)> Acesso em: 11 jan. 2018.
- CASALI, C. A. Qualidade da água para consumo humano ofertada em escolas e comunidades rurais da região central do Rio Grande do Sul. 2008. 110 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, [S.I.], 2008.
- FRANCA, R.M.; FRISCHKORN, H. SANTOS, M.R.P.; MENDONÇA, L.A.R.; BESERRA, M.C. Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte/CE. Engenharia Sanitária Ambiental, 2006.
- HONGYU, K. Comparação do GGEbiplot ponderado e AMMI-ponderado com outros modelos de interação genótipo × ambiente. 2015. 155p. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agronômica) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE (Brasil). Histórico das cidades. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ma/raposa/panorama>> Acessado em: 12 jan. 2018.
- LIMA, J.O.G; FRANÇA, A.M.M; LOIOLA, H. G. Implicações Hidroquímicas da Condutividade Elétrica e do Íon Cloreto na Qualidade das Águas Subterrâneas do Semiárido Cearense. 2013. 14 p. Faculdade de Educação de Crateús, Universidade Estadual do Ceará, Revista Virtual de Química, 2014.
- LORDELO, L. M. K; PORSANI, J. M.; BORJA, P. C. Qualidade físico-química da água para abastecimento humano em municípios do sertão da Bahia: um estudo considerando diversas fontes de suprimento. 2017. 8 p. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia e Universidade Federal da Bahia, Revista Águas Subterrâneas, 2017.
- MATTOS, J. B.; CRUZ, M. J. M.; DE PAULA, F. C. F.; SALES, E. F. Tipologia e qualidade das águas subterrâneas na área urbana do município de lençóis, Bahia, nordeste do Brasil. Águas subterrâneas, v. 31, n.3, p.281-295, 2017.
- MORAIS, E. R. C.; ANTAS, F. P. S. Índice de qualidade ambiental para água de irrigação no baixo-açú-RN. 2012. 4 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - IFRN Campus Ipanguaçu, [S.I.], 2012.
- PINTO, L. C. Índice de qualidade de água com base na normalização dos dados e análise de componentes principais. 2011. 91 p. Dissertação (Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) Universidade Federal de Lavras, Lavras- MG, 2011.
- QUAGGIO, C. S.; GASTMANS, D.; KIRCHHEIM, R.; BATISTA, L. V. Variações na composição das águas subterrâneas do Sistema Aquífero serra Geral em território brasileiro e sua relação com anomalias hidrogeoquímicas. Águas subterrâneas, v. 32, n. 3, p. 283-294, 2018.
- SAHM, L. H. Macroinvertebrados aquáticos como bioindicadores em córregos urbanos do município de Bocaina- SP. 2016. 75 p. Dissertação (Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial e Meio Ambiente) - Centro Universitário de Araraquara– UNIARA, Araraquara - SP, 2016.



SANTOS, J. M. M. Índice de qualidade de água subterrânea aplicado em área de aquíferos cristalinos com uso agrícola: bacia do rio são domingos – RJ. 2009. 189 p. Dissertação (Pós-Graduação em Geologia) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, 2009.

SILVA, F. J. A.; ARAÚJO, A. L.; SOUZA, R. O. Águas subterrâneas no Ceará – poços instalados e salinidade. 2007. 136-159 p. Universidade Federal do Ceará. Rev. Tecnol. Fortaleza, 2007. 28.

SOUSA, T. G. S. Água potável garantia de qualidade de vida. 2002. 16p. Especialização em Supervisão Escolar- UFPI, [S.l.], 2002.

TOSIC, M.; RESTREPO, J. D.; LONIN, S.; IZQUIERDO, A.; MARTINS, F. Water and sediment quality in Cartagena Bay, Colombia: Seasonal variability and potential impacts of pollution. Estuarine, Coastal and Shelf Science, v. 216, p. 187-203, 2019.

VARNIER, C.; HIRATA, R. Contaminação da água subterrânea por nitrato no parque ecológico do Tietê - São Paulo, Brasil. 2000. 12 p. (Mestranda do Instituto de Geociências) - Universidade de São Paulo, [S.l.], 2000.

XU, G.; LI, P.; LU, K.; TANTAI, Z.; ZHANG, J.; REN, Z.; WANG, X.; YU, K.; SHI, P.; CHENG, Y. Seasonal changes in water quality and its main influencing factors in Dan River basin. Catena, v. 173, p. 131-140, 2019.