

# Caracterização hidrogeoquímica do aquífero fissural no município de Uauá, Bahia - Brasil

Sérgio Augusto de Morais  
Nascimento  
Maria da Conceição Rabelo Gomes\*  
Ricardo dos Santos Ribeiro

Programa de Pós-Graduação em Geologia  
Instituto de Geociências  
Universidade Federal da Bahia  
Rua Barão de Jeremoabo, s/n  
Campus Universitário de Ondina  
Salvador BA Brasil  
CEP 40.170-020

\*Autora correspondente  
conceicorabelo@yahoo.com.br

## RESUMO

A área de estudo está situada no domínio hidrogeológico do embasamento cristalino fissural, sendo constituído predominantemente por gnaisses-migmatitos e intrusões máficas, inseridos na região semiárida do estado da Bahia que apresenta índice pluviométrico médio de 481 mm/ano. A salinização da água subterrânea é um problema de suma importância para a população do município de Uauá uma vez que não existem outras alternativas hídricas na região. O objetivo dessa pesquisa foi estudar o processo de salinização da água subterrânea a partir dos seus cátions e ânions principais. Os processos que removeram e produziram os principais íons responsáveis pela salinização da água subterrânea são resultados da decomposição intempérica com troca iônica entre a água subterrânea e os minerais albita (Na), dolomita (Mg) e silicatos ferromagnesianos (Mg), calcita (Ca) e anortita (K). Cloretos provem principalmente das chuvas e das águas servidas que penetram no sistema de fraturamento. A alta concentração de todas as espécies estudadas é consequência das altas taxas de evapotranspiração e a baixa pluviosidade anual produzidas pelo clima semiárido da região. O modelamento geoquímico mostrou precipitações de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{CaMgCO}_3$  sob a forma de calcita, aragonita e dolomita, entretanto em alguns poços (28%) pode-se verificar a presença de  $\text{HCO}_3^-$  dissolvido quase sempre quando o pH é inferior a 8,0. Verificou-se a presença de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  dissolvido em todos os poços estudados enquanto o  $\text{Mg}^{2+}$  foi verificado em 72% e o  $\text{SO}_4^{2-}$  em 38%.

**Palavras-chave:** salinidade, aquífero fissural, clima semiárido.

## ABSTRACT

The study area is located in the hydrogeological domain of the fissural crystalline basement, being constituted by gneisses-migmatites and mafic intrusions, inserted in the semiarid region of the state of Bahia that presents an average rainfall index of 481 mm/year. The salinization of groundwater is a problem of paramount importance for the population of the municipality of Uauá since there are no other water alternatives in the region. The main objective of this research was to study the process of salinization of groundwater from its main cations and anions. The processes that removed and produced the main ions responsible for the salinization of groundwater are the results of the weather decomposition with ion exchange between groundwater and the minerals albite (Na), dolomite (Mg) and ferromagnesium silicates (Mg), calcite (Ca) and anorthite (K). Chlorides come mainly from the rain and from the wastewater that enters the fracturing system. The high concentration of all the studied species is a consequence of the high rate of evapotranspiration and the low annual rainfall produced by the semi-arid climate of the region. The geochemical modeling showed  $\text{CaCO}_3$  and  $\text{CaMgCO}_3$  precipitations in the form of calcite, aragonite and dolomite, however in some wells (28%) the presence of ionic dissolved  $\text{HCO}_3^-$  can be verified almost always when the pH is below 8.0. The presence of  $\text{Ca}^{2+}$ , Na and dissolved  $\text{Cl}^-$  was verified in all studied wells while  $\text{Mg}^{2+}$  was verified in 72% and  $\text{SO}_4^{2-}$  in 38%.

**Keywords:** salinity, fissural aquifer, semi-arid climate.

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema aquífero cristalino do município de Uauá, no estado da Bahia, apresenta característica específica de alto índice de salinização das águas subterrâneas e baixa capacidade de armazenamento (ANDRADE, 2010). Nesse sistema, o fluxo subterrâneo circula por meio das redes de fraturas, recarregadas principalmente pelas precipitações pluviométricas.

A área está inserida em uma região de clima semiárido, com pluviosidade média de 481 mm/ano e com alta taxa de evapotranspiração real. A interação morfo-climática com as rochas influencia na qualidade das águas subterrâneas. Essas apresentam uma salinidade bastante acentuada conforme mostram os valores da condutividade elétrica, frequentemente com valores acima de 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , caracterizando-as como água salobra a salgada. Nas áreas onde a densidade de fraturamento é mais acentuada verifica-se, no período chuvoso, a presença de água menos mineralizada em alguns poços devido a uma

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesse trabalho foram utilizadas informações de 41 poços tubulares obtidas na dissertação de mestrado de Andrade (2010), com a devida autorização. A coleta de amostras, efetuada por esse autor, ocorreu no mês de janeiro, período de chuvas, sempre antecedida por um processo de purga do poço. As amostras foram coletadas em frascos de polietileno para análises físico-químicas, com uso de preservantes químicos e físicos (refrigeração). As análises químicas foram realizadas no laboratório do Centro de Tecnologia Industrial Pedro Ribeiro (CETIND), utilizando-se a metodologia estabelecida pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA 1992,1998).

Os resultados analíticos dos parâmetros físico-químicos -  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ , nitrogênio total, condutividade elétrica (CE), potencial hidrogeniônico (pH), potencial de oxi-redução ou potencial redox (Eh) e turbidez - foram catalogados e sistematizados em planilha Excel sendo posteriormente processados nos *softwares* Action Stat 3.0 (matriz de correlação, regressão linear múltipla e análise de agrupamento), Qualigraf (balanço iônico, cálculo do erro analítico e classificação iônica das águas) e PHRREQC 3A (modelamento geoquímico).

maior circulação (ANDRADE, 2010). Em locais de vales e talvegues ocorrem poços tubulares com maiores vazões, pois nestas regiões existem maiores concentrações de fraturamento e, portanto, maior capacidade de realimentação do aquífero, mas não necessariamente com melhor qualidade de suas águas (FERNANDES, 1997). O fluxo subterrâneo em direção aos vales apresenta em geral o sentido aproximado W-E. (RIBEIRO, 2018). Também ressalta-se a presença frequente de teores muito altos de nitrogênio total, notadamente o nitrato cuja origem não está bem explicada, apesar dos diversos trabalhos realizados na região.

Considerando os aspectos apresentados, definiu-se como objetivo da pesquisa avaliar a influência relativa dos parâmetros físico-químicos causadores do processo de salinização das águas subterrâneas e a sua relação com o embasamento cristalino fissural e o clima semiárido do município de Uauá, Bahia.

Para o Balanço Iônico e cálculo do Erro Analítico foram usados os métodos recomendados por Logan (1965) e Custódio e Llamas (1983), visando avaliar o acerto das análises químicas quanto às concentrações dos cátions e dos ânions (meq/L). Utilizou-se o diagrama de Piper (1944), para classificar o tipo químico da água, de acordo com o conteúdo iônico dominante. Para verificar os elementos que estariam mais associados à salinidade da água subterrânea, elaborou-se uma matriz de correlação de Spearman ( $r_s$ ) utilizando dados de Condutividade Elétrica (CE) e dos diversos Ânions e Cátions.

Foi empregada a regressão linear múltipla para avaliar a relação da condutividade elétrica (CE), como variável dependente, com os íons  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$ , tratados como variáveis independentes. Visando identificar grupos de amostras com similaridades químicas utilizou-se a análise de agrupamento (*Cluster Analysis*) considerando os parâmetros CE,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Na}^+$  para cálculo da distância Euclidiana. Como a variável CE apresenta uma unidade de medida diferente ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) das demais variáveis (mg/L), houve a necessidade de uniformizar e padronizar as unidades de medidas para não comprometer os resultados dos cálculos da Distância Euclidiana. Deste modo, adotou-se o método de Gerardi e

Silva (1981) para transformação e padronização dos valores através de um modelo baseado nos valores máximos e mínimos de cada variável, através da seguinte fórmula:

$$P_i = \frac{x_i - m}{M - m}$$

Onde:

$P_i$  = valor padronizado  
 $x_i$  = valor original da variável  
 $m$  = menor valor da variável  
 $M$  = maior valor da variável

Como os valores padronizados foram obtidos através de razões entre valores na mesma unidade de medida, os resultados encontrados são adimensionais, ou seja, são índices que podem ser comparados entre si.

Para a realização do modelamento geoquímico foi necessário proceder a cálculos da concentração molar, atividade iônica e coeficiente de atividade da solução, necessários para a definição do Índice de Saturação (IS) das fases sólidas em equilíbrio na solução aquosa, através do programa PHREEQC versão 3A (PARKHURST; APPELO, 2013). O valor do

IS foi obtido pela relação entre o produto da atividade iônica (PAI) dos elementos pela constante de equilíbrio termodinâmica (K) e a temperatura (T) da reação considerada, ou seja:  $IS = PAI/KT$ . Os valores positivos obtidos representam supersaturação com formação da fase sólida, enquanto os negativos indicam solução subsaturada. Quando o IS é igual a zero a solução está em equilíbrio químico. Nos cálculos do IS, utilizou-se os valores de pH, Eh ( $pe = 4$ ), temperatura da água de 30°C e densidade de 1g/cm<sup>3</sup>, além dos valores da alcalinidade, do cálcio, do magnésio, do sódio, do potássio, do cloreto, do bicarbonato e do sulfato. Devido às incertezas inerentes ao cálculo do IS e do cálculo do valor da constante de equilíbrio do mineral em processo de dissolução, Deutsch (1997) recomenda, utilizar os valores do IS fora da faixa que varia de 0 (zero) a  $\pm 0,5$ . Esses valores em torno de zero, são considerados dentro da zona de equilíbrio químico de um mineral em processo de decomposição química. Por outro lado, os valores que apresentam IS negativo representam o soluto em condições de subsaturação na água e, portanto, sem condições de precipitação.

### 3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo está localizada no município de Uauá (Figura 1), inserida no domínio do embasamento cristalino fraturado do Estado da Bahia. O acesso rodoviário para a área de estudo é feito a partir de Salvador através da BR 324 até a cidade de Feira de Santana, seguindo pela BR 116 até o povoado de Bendengó, município de Canudos. Dali utiliza-se a BR 235 até a sede do município de Uauá, totalizando 410 km.

Os dados climáticos do município de Uauá (período 1940-1983), mostram um clima semiárido, com índice pluviométrico médio de 481 mm/ano e temperatura média anual de 23,6°C (INMET, 1991 *apud* SEI 1999). A região apresenta altos índices de evapotranspiração (1270 mm/ano) com uma deficiência hídrica de 788,1 mm/ano, apresentando certamente baixas taxas de recarga do aquífero, sendo setembro o mês mais

seco e março o de maior precipitação pluviométrica.

A região é constituída por rochas arqueanas, com 2,6 Ga, em parte retrabalhadas no paleoproterozoico (1.9-2.1 Ga), a qual se associa uma sequência supra crustal do paleoproterozoico e sedimentos mesozoico (SEIXAS, 1985). O embasamento cristalino é constituído por gnaisses, migmatitos além de Greenstone Belt, uma sequência Vulcano sedimentar. Nesses domínios destacam-se também os anfibolitos e diques máficos. Essas rochas têm como características fundamentais a baixa capacidade de armazenamento de água e fluxo subterrâneo limitado, notadamente em locais com pouca densidade de fraturamento. São aquíferos cristalinos fraturados livres, heterogêneos, de baixa permeabilidade secundária, pouco profundos, cuja recarga se faz principalmente pelas precipitações pluviométricas (ANDRADE, 2010).

### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

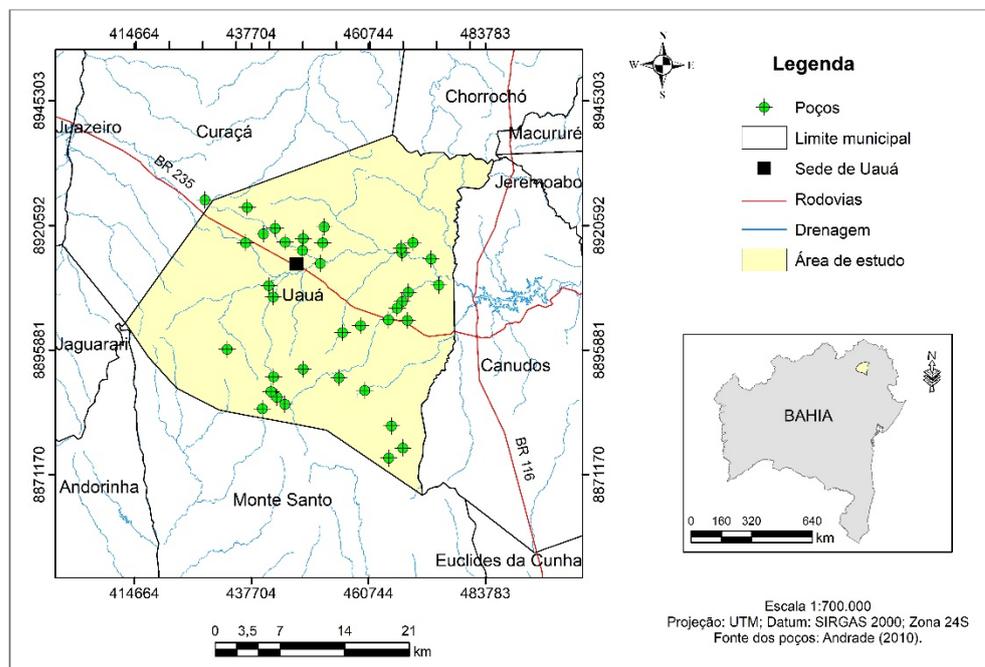
Os cálculos efetuados mostraram que das 41 amostras analisadas, 45,6% atenderam ao Método de Logan (1965), enquanto 54,4% exibiram erro prático superior ao fixado pelos

métodos de Logan (1965) e Custódio e Llamas (1983). Tal desbalanceamento entre cátions e ânions, com somatório de cátions maior que o somatório de ânions revela intensa troca

catiônica na água e também deve-se, provavelmente, à ausência de filtragem da água durante a coleta no campo, pois o material em suspensão pode adsorver ou liberar íons. Espécies como nitratos ou ferro que podem ocorrer em concentrações expressivas e não

foram analisados podem explicar também o erro do balanço iônico.

A estatística descritiva das concentrações das 41 variáveis físico-químicas é apresentada na tabela 1.



**Figura 1**  
Localização da área de pesquisa e distribuição dos poços analisados

**Tabela 1** - Estatística descritiva das variáveis físico-químicas das águas subterrâneas

Variável	Mínimo	Máximo	Média	Mediana
Sódio (mg/L)	58,3	5870	976,6	602,3
Potássio (mg/L)	1,6	51,8	13,09	10
Magnésio (mg/L)	111	3860	1047,49	710
Cloreto (mg/L)	7,1	19600	3259,9	2452
Carbonato (mg/L)	0,1	190	32,82	31
Bicarbonato (mg/L)	140	569	320,9	303
Sulfato (mg/L)	5,5	1140	309,4	209
Nitrato (mg/L)	0,3	122	15,61	13,1
Nitrito (mg/L)	0,1	3,2	0,28	0,1
CE (µS/cm)	678	43360	9991	7920
pH	6,8	9,4	7,9	7,9
Turbidez (UNT)	0	28,6	2,21	0,9

#### 4.1 CLASSIFICAÇÕES DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

As águas subterrâneas da região são predominantemente cloretadas mistas (77%) e,

secundariamente, cloretadas cálcicas e mistas com 7% cada (Tabela 2).

**Tabela 2** - Distribuição das classes de Água subterrânea.

Classes de água	Nº.	%	Classes de água	Nº.	%
Sódicas cloretadas	2	5	Magnesianas cloretadas	1	2
Cálcicas cloretadas	3	7	Cloretadas Mistas	31	77
Cálcicas Bicarbonatadas	1	2	Mistas	3	7

## 4.2 SALINIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

As águas subterrâneas são minoritariamente doces, verificada em apenas um poço (Figura 2). Segundo Logan (1965) para classificar água como doce, o valor de Sólidos Totais Dissolvidos (STD) tem que ser igual ou inferior que 500 mg/L. Assim, cerca de seis (6) poços dos 41 analisados apresentaram águas salobras (14,6%) e quase a totalidade dos poços (34) revelaram águas salgadas (82,9%).

Segundo Andrade (2010), a influência da profundidade da entrada de água sobre a salinidade é praticamente inexistente. Entretanto, em locais de vales e talvegues, onde existem maiores concentrações de fraturas e maior capacidade de realimentação do aquífero, as águas podem apresentar-se eventualmente doces principalmente na estação chuvosa.

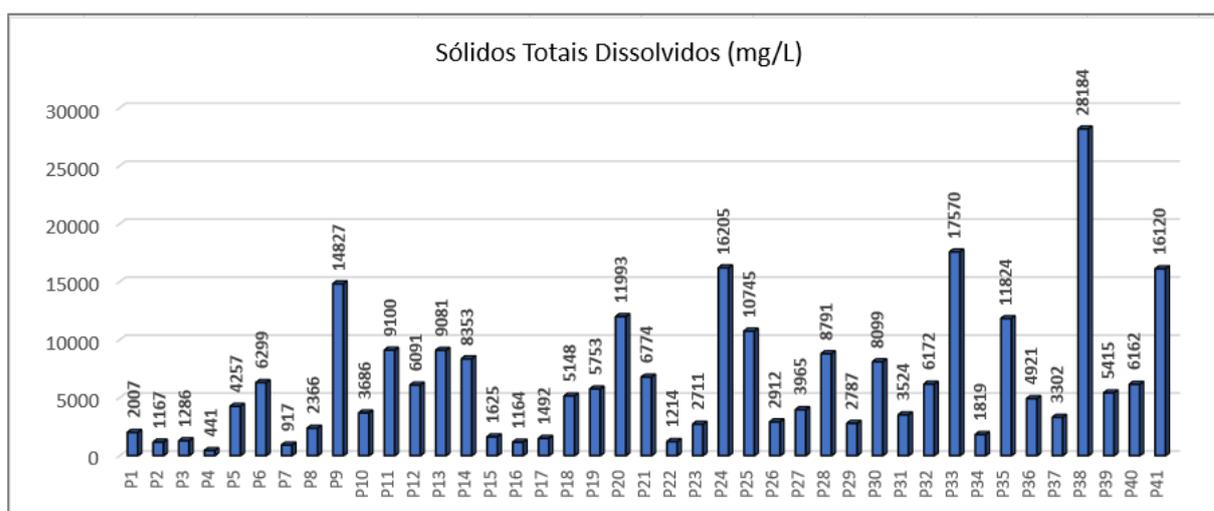


Figura 2  
Concentração dos Sólidos Totais Dissolvidos nas águas subterrâneas

## 4.3 ASSOCIAÇÃO DOS ELEMENTOS COM A SALINIDADE (CE)

Na análise de correlação, os valores de  $r_s$  acima de 0,306 (valor crítico) foram considerados significativos para  $n = 41$  e nível de significância unilateral  $\alpha = 0,05$ , com  $r_s$  superior a 0,68. Verifica-se que a maioria dos elementos químicos estudados estão associados diretamente com a condutividade elétrica

(salinidade) das águas subterrâneas, exceto  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e o nitrogênio total (Tabela 3).

Os elementos químicos que apresentaram ótimas correlações com a condutividade elétrica (CE), foram respectivamente:  $\text{Cl}^-$  ( $r_s = 0,99$ ),  $\text{Mg}^{2+}$  ( $r_s = 0,98$ ),  $\text{Ca}^{2+}$  ( $r_s = 0,93$ ),  $\text{Na}^+$  ( $r_s = 0,94$ ),  $\text{K}^+$  ( $r_s = 0,77$ ), e  $\text{SO}_4^{2-}$  ( $r_s = 0,68$ ) (Tabela 3).

Tabela 3 - Matriz de correlação (Spearman)

	Na	K	Ca	Mg	Cl	CO <sub>3</sub>	HCO <sub>3</sub>	SO <sub>4</sub>	CE	pH	TUR	N <sub>total</sub>
Na	1,00											
K	<b>0,66</b>	1,00										
Ca	0,87	0,77	1,00									
Mg	<b>0,89</b>	<b>0,80</b>	<b>0,91</b>	1,00								
Cl	0,93	0,78	0,94	0,97	1,00							
CO <sub>3</sub>	<b>0,18</b>	<b>0,11</b>	<b>0,21</b>	<b>0,17</b>	<b>0,18</b>	1,00						
HCO <sub>3</sub>	-0,18	-0,47	-0,42	-0,34	-0,37	-0,38	1,00					
SO <sub>4</sub>	<b>0,69</b>	<b>0,53</b>	<b>0,66</b>	<b>0,64</b>	<b>0,67</b>	<b>0,07</b>	<b>-0,11</b>	1,00				
CE	0,94	0,77	0,93	0,98	0,99	0,21	-0,36	0,68	1,00			
pH	<b>-0,17</b>	<b>-0,27</b>	<b>-0,22</b>	<b>-0,29</b>	<b>-0,24</b>	<b>0,48</b>	<b>-0,04</b>	<b>-0,19</b>	<b>-0,24</b>	1,00		
TUR	0,32	0,31	0,25	0,31	0,31	-0,08	-0,24	0,14	0,32	-0,22	1,00	
N <sub>total</sub>	<b>0,09</b>	<b>-0,13</b>	<b>0,09</b>	<b>-0,07</b>	<b>0,01</b>	<b>-0,14</b>	<b>0,09</b>	<b>0,10</b>	<b>0,00</b>	<b>0,06</b>	<b>-0,18</b>	1,00

Legenda: TUR = turbidez; N total = nitrogênio total.

#### 4.4 REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

Os resultados da análise de regressão múltipla mostraram um valor F calculado maior do que o F de significância global ( $F_{\text{crítico}}$ ) indicando que pelo menos uma das variáveis independentes utilizadas está relacionada com a CE. Sendo assim, o modelo é útil para prever CE (salinidade). O teste de significância individual por variável independente, mostrou

que  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{Cl}^-$  apresentam um valor-p (probabilidade) menor do que  $\alpha = 0,05$ , evidenciando uma maior importância desses íons na predição da condutividade elétrica (CE). O  $R^2$  múltiplo apresenta valor de 0,98 mostrando que as variáveis independentes explicam cerca de 98% da determinação da condutividade elétrica (Tabela 4).

**Tabela 4** – Resultados da Regressão Linear múltipla sequenciada

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,99
R-Quadrado	0,98
R-quadrado	0,97
Erro padrão	1378,12
Observações	41

ANOVA					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	5	3,10E+09	6,20E+08	326,5	0
Resíduo	38	7,20E+07	1,90E+06		
Total	43	3,17E+09			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>-95%</i>	<i>95%</i>
Interseção	739,65	390,95	1,89	0,07	-51,79	1531,1
$\text{Na}^+$	2,15	0,85	2,54	0,02	0,44	3,87
$\text{Ca}^{++}$	0,95	0,63	1,5	0,14	-0,33	2,23
$\text{Mg}^{++}$	5,46	2,03	2,69	0,01	1,36	9,57
$\text{Cl}^-$	0,73	0,51	1,44	0,04	-0,3	1,76
$\text{SO}_4^{2-}$	2,49	1,04	2,41	0,02	0,39	4,59

#### 4.5 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO (CLUSTER ANALYSIS)

O dendrograma obtido apresentou três agrupamentos (Figura 3) sendo o primeiro representado por  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ , CE e  $\text{Ca}^{2+}$ , o segundo pelo  $\text{K}^+$  e o terceiro pelo  $\text{SO}_4^{2-}$ . O primeiro grupo estaria associado aos produtos do intemperismo químico das rochas cristalinas (aquífero fissural) responsável pela salinidade da água subterrânea expresso pela condutividade elétrica (CE), com excesso de cloreto, magnésio e sódio.  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Na}^+$ , são provavelmente, o resultado da decomposição

química dos minerais principais - albita, dolomita, silicatos ferromagnesianos, calcita, anortita e piroxênios - presentes nos diversos litotipos da área. O cloreto estaria associado as precipitações pluviométricas, evaporação intensa, clima semiárido em geral e das águas servidas que penetram no sistema de fraturamento. O segundo grupo ( $\text{K}^+$ ) e o terceiro ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) guardam um maior distanciamento do grupo responsável pela salinização da água (Figura 3).

#### 4.6 MODELAMENTO GEOQUÍMICO

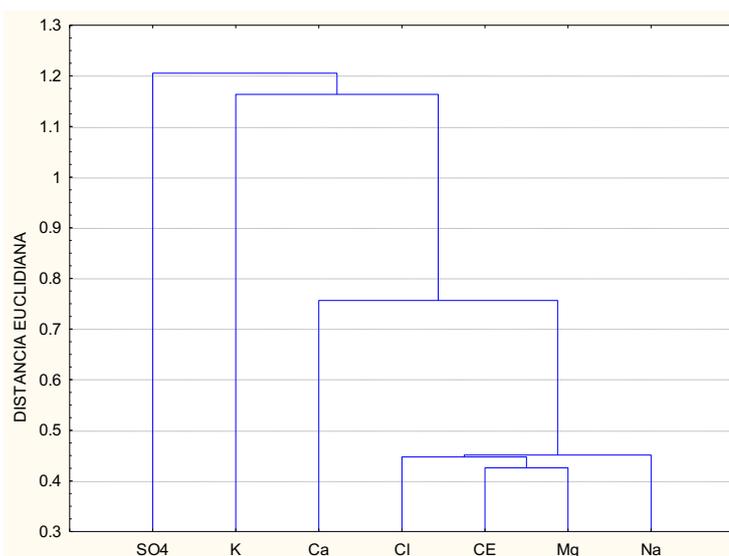
A água subterrânea em contato com os minerais primários das rochas armazenadoras (aquífero) forma um sistema geoquímico que consiste em uma fase sólida (soluto) e uma fase líquida (solvente). Se a solução inicial não contiver algum componente químico resultante da dissolução do mineral da rocha, considera-se

que existe um desequilíbrio entre as fases. Com o passar do tempo de residência da água subterrânea, inicia-se nos minerais das rochas um processo de decomposição química com liberação dos íons (cátions e ânions) para a solução aquosa. Este processo se prolonga até ser atingido o equilíbrio entre a fase sólida e a

líquida. Quando a solução alcança um ponto de saturação acima do equilíbrio químico ocorre a precipitação do soluto, através de reações químicas diretas e inversas.

Nesse estudo foram encontrados valores do Índice de Saturação (IS) positivos para calcita, aragonita e dolomita nas águas de 41 poços tubulares. Os cálculos da especiação mostraram que o  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  encontram-se dissolvidos

ionicamente na água em todos os poços, enquanto o  $\text{Mg}^{2+}$  e o  $\text{SO}_4^{2-}$  foram encontrados em 72% e 38% dos poços respectivamente. O  $\text{HCO}_3^-$  e o  $\text{CO}_3^{2-}$  foram encontrados dissolvidos em apenas 28% dos poços estudados. A maior parte do carbonato e bicarbonato encontra-se precipitado sob a forma de calcita, aragonita e dolomita.



**Figura 3**  
Dendrograma de agrupamento obtido pela Distância Euclidiana

## 5 CONCLUSÕES

As águas subterrâneas do aquífero fissural do município de Uauá-Bahia apresentam altos índices de salinização, porém sem variação significativa com a profundidade. Entretanto, em locais de vales e talvegues, onde existem maiores concentrações de fraturas e maior capacidade de realimentação do aquífero, as águas podem apresentar-se eventualmente doces principalmente na estação chuvosa. As águas subterrâneas mostraram-se predominantemente cloretadas mistas (77%).

As espécies  $\text{Na}^+$  ( $r_s = 0,94$ ),  $\text{K}^+$  ( $r_s = 0,77$ ),  $\text{Ca}^{2+}$  ( $r_s = 0,93$ ),  $\text{Mg}^{2+}$  ( $r_s = 0,98$ ),  $\text{Cl}^-$  ( $r_s = 0,99$ ) e  $\text{SO}_4^{2-}$  ( $r_s = 0,68$ ) influenciam diretamente na salinidade (CE) das águas subterrâneas.

A análise de agrupamento mostrou o  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Na}^+$  mais próximos da salinidade (CE) sendo o  $\text{Mg}^{2+}$ , o íon que relativamente explica melhor a variação da salinidade.

O modelamento geoquímico mostrou precipitações de  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{CaMgCO}_3$  sob a forma de calcita, aragonita e dolomita,

entretanto em alguns poços (28%) pode-se verificar a presença de  $\text{HCO}_3^-$  ionicamente dissolvido quase sempre quando o pH é inferior a 8,0. Verificou-se a presença de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$  dissolvido ionicamente em todos os poços estudados enquanto o  $\text{Mg}^{2+}$  foi verificado em 72% e o  $\text{SO}_4^{2-}$  em 38%.

Os processos que removeram e produziram os principais íons responsáveis pela salinização da água subterrânea são resultados da decomposição intempérica, com troca iônica entre a água subterrânea e os minerais albita (Na), dolomita (Mg) e silicatos ferromagnesianos (Mg), calcita (Ca) e anortita (K). Cloretos provem principalmente das chuvas e das águas servidas que penetram no sistema de fraturamento. A alta concentração de todos os elementos estudados é consequência das altas taxas de evapotranspiração e a baixa pluviosidade anual produzidas pelo clima semiárido da região.

## 6 REFERÊNCIAS

- APHA (1998) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th Edition, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation, Washington DC.
- APHA (1992) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 19th Edition, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environmental Federation, Washington DC.
- ANDRADE, J. B. M. (2010). *Fatores influentes no potencial e processos de salinização dos aquíferos fraturados cristalinos do alto da bacia do rio Vaza-Barris região de Uauá, Bahia, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 137 p.
- BASTOS LEAL, L. R. (1992). *Geocronologia Rb/Sr e K/Ar, evolução isotópica e implicações tectônicas dos enxames de diques máficos de Uauá e vale do rio Curaçá, Bahia*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 120 p.
- CPRM - COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS). Disponível em: [http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa\\_complexa.php](http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/pesquisa_complexa.php). Acessado em 06 mai 2020.
- CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M. R. (Eds). (1983). *Hidrología Subterránea*. Omega. Barcelona. 2. Ed.
- DEUTSCH, W. J. (1997). *Groundwater Geochemistry: Fundamentals and Applications to Contamination*. Lewis Publishers. New York. 232 p.
- FERNANDES, A. J. (1997). *Tectônica cenozoica na porção média da bacia do rio Piracicaba e sua aplicação à hidrogeologia de meios fraturados*. Tese de Doutorado, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 244 p.
- GERARDI L. H. O.; SILVA, B.C.N. (1981). *Quantificação em Geografia*. DIFEL. São Paulo. 161 p.
- LOGAN J. (1965). *Interpretação de análises químicas da água*. U. S. Agency for International Development. Tradução de Araknéa Martins de Lemos. Recife. 67p
- PARKHURST, D. L.; APPELO, C. A. J. (2013). Description and Input and Examples for PHREEQC Version -3A Computer Program for Speciation, Batch-Reaction.
- PIPER, A. M. (1944). A Graphic Procedure in the Geochemical Interpretation of Water-Analyses. *Transactions American Geophysical Union*, 25(6):914-928. <https://doi.org/10.1029/tr025i006p00914>
- RIBEIRO, R. DOS S. (2018). *A presença do nitrato nos aquíferos cristalinos do alto da bacia hidrográfica do Vaza-Barris, região de Uauá Bahia, Brasil*. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 120 p.
- SEI - SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. (1999). *Balço hídrico do Estado da Bahia - Série Estudos e Pesquisas*, 250 p.
- SEIXAS, R. M. S. (1985). Projeto Mapas Metalogenéticos e de Previsão de Recursos Minerais; Uauá, Fl. SC.24-V-B, Região Nordeste. Brasília, DNPM/CPRM.
- SILVA FILHO, M. A; BRITO NEVES, B. B. (1979). *O sistema de dobramento Sergipano no Nordeste da Bahia*. In: Inda. H.A.V. (eds) *Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia*. Textos Básicos, p.: 204-207.