



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Disclaimer: Articles published in this section are not peer-reviewed and are not indexed.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.

Identificação do tipo de acidez responsável pela agressividade de águas subterrâneas

Identification of the type of acidity responsible for groundwater aggressiveness

Erika de Almeida Sampaio Braga¹; Francisco Belmino Romero¹, Marisete Dantas de Aquino¹; Carlos Márcio Soares Rocha¹, Luzia Suerlange Araújo dos Santos Mendes².

¹ Universidade Federal do Ceará, UFC, Fortaleza, Ceará.

² Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará, NUTEC, Fortaleza, Ceará.

✉ andreierika@yahoo.com.br, belmino@ufc.br, marisete@ufc.br, cmarcio75@yahoo.com.br, luzia.santos@nutec.ce.gov.br

Resumo

O estado do Ceará localizado na região Nordeste do Brasil, encontra-se, na sua totalidade, incluído no denominado Polígono das Secas e apresenta um regime pluviométrico marcado por extrema irregularidade de chuvas. A formação geológica, com cerca de 75% de solos cristalinos, torna o potencial de águas subterrâneas bastante baixo mas não diminui sua importância como alternativa de abastecimento de água para a população. Na região é comum a captação da água subterrânea, através de poços e dependendo da agressividade da água devido à presença de acidez, situações de corrosão poderão ocorrer no concreto da estrutura da parede de proteção e segurança do poço e nas tubulações de ferro. Diante do exposto, o estudo teve como objetivo identificar o tipo de acidez responsável pela agressividade, com base no índice de saturação de Langelier em águas de poços localizados em cinco distritos de dois municípios do Estado do Ceará. As amostras foram coletadas durante os meses de janeiro, fevereiro e março de 2020 e as análises foram realizadas no Laboratório de Química Ambiental do Núcleo de Tecnologia e Qualidade Industrial do Ceará. De acordo com os resultados obtidos, concluiu-se que a agressividade das águas foi devido à acidez carbônica.

Abstract

The state of Ceará located in the Northeast region of Brazil, is entirely included in the so-called Drought Polygon and presents a regime marked by extreme irregularity of rainfall. The geological formation, with about 75% crystalline soils, makes the groundwater potential quite low but does not decrease its importance as an alternative water supply for the population. In the region it is common to collect groundwater from wells and depending on the aggressiveness of the water due to the presence of acidity, corrosion may occur in the concrete of the well and protection wall structure and in the iron pipes. Given the above, the study aimed to identify the type of acidity responsible for aggressiveness, based on the Langelier saturation index in well water located in five districts of two municipalities in the state of Ceará. Samples were taken in January, February and March 2020 and the analyses were performed at the Environmental Chemistry Laboratory of the Center for Technology and Industrial Quality in Ceará. According to the results obtained, it was concluded that the aggressiveness of the waters was due to carbonic acidity.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14295/ras.v35i1.29976>

Palavras-chave

Águas subterrâneas, Acidez, Agressividade, Índice de saturação de Langelier

Keywords

Groundwater, Acidity, Aggressiveness, Langelier saturation index

1. INTRODUÇÃO

O estado do Ceará está localizado na região Nordeste do Brasil e abrange uma superfície de cerca de 148.000 km². Encontra-se, na sua totalidade, incluído no denominado Polígono das Secas, que apresenta um regime pluviométrico marcado por extrema irregularidade de chuvas no tempo e no espaço. Nesse cenário, a água constitui um bem natural de elevada limitação ao desenvolvimento sócio econômico desta região e, até mesmo, na subsistência da população (CPRM, 1998).

Para efeito de gerenciamento de recursos hídricos num contexto emergencial, como é o caso das secas, merece destaque o grau de utilização das fontes de abastecimento de água subterrânea, pois esse recurso torna-se significativo no suprimento hídrico da população e dos rebanhos. (CPRM, 1998).

A formação geológica do Estado do Ceará, com cerca de 75% de solos cristalinos em sua parte central, e apenas com 25% de solos sedimentares, torna o potencial de águas subterrâneas bastante baixo, sem, no entanto, diminuir sua importância como alternativa de abastecimento em casos de pequenas comunidades ou como reserva estratégica em períodos prolongados de estiagem (CPRM, 1998).

A Resolução nº 396, de 3 de abril de 2008, da Companhia Nacional de Recursos Hídricos (CONAMA), que dispõe sobre a classificação e as diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências, define no Capítulo 1, Art. 2º: I – águas subterrâneas: como águas que ocorrem naturalmente ou artificialmente no subsolo.

A captação da água subterrânea normalmente é feita através de poços e é necessário fazer um revestimento de proteção em toda a parede do poço. A proteção do poço tem a finalidade de dar segurança à sua estrutura e, principalmente, evitar a contaminação da água. (proteção sanitária) Uma boa técnica, consiste em fazer o revestimento com manilhões de concreto (MIRANDA, 2007).

A qualidade das águas subterrâneas é investigada quanto às impurezas dissolvidas. O contato da água precipitada com compostos e materiais diversos existentes na atmosfera e na crosta terrestre podem ser solubilizados compondo o conteúdo dissolvido nas águas de substrato. O processo pode ser descrito como uma separação iônica (SILVA *et al.*, 2007).

Quimicamente ligado, o dióxido de carbono (CO₂) apresenta-se em grandes quantidades na forma de calcário (CaCO₃) e dolomita (Ca Mg(CO₃)₂) na crosta terrestre. As águas subterrâneas contêm, normalmente, mais CO₂ do que as águas superficiais, devido a água de percolação pelo subsolo levar o CO₂ para o lençol freático. O CO₂ é proveniente da decomposição de matéria orgânica contida nas camadas do subsolo. A presença de gás carbônico (CO₂) na água subterrânea é significativa quando está presente cálcio (Ca²⁺) e magnésio (Mg²⁺) (POLHLING, 2009).

A acidez total representa o teor de dióxido de carbono (CO₂) livre, de ácidos minerais, de ácidos orgânicos e sais de bases fortes, os quais na hidrólise produzem íons de hidrogênio (H⁺) (MACEDO, 2003) e o gás carbônico CO₂ dissolvido na água representa o ácido carbônico H₂CO₃ (PIVELI, 2003).

A distribuição das formas de acidez é função do potencial hidrogeniônico (pH) da água, em pH > 8,3 o dióxido de carbono (CO₂) livre está ausente; em pH entre 4,5 e 8,3 está presente a acidez carbônica (H₂CO₃) e em pH < 4,5 está presente a acidez por ácidos minerais fortes, geralmente resultantes de despejos industriais (PIVELI, 2003).

Conforme Piveli (2003) para a determinação da acidez total da amostra é necessário titular-se a amostra de água com uma solução de hidróxido de sódio (NaOH) até o pH 8,3, pois somente neste valor de pH garante-se a total neutralização do CO₂ presente na amostra, prevalecendo apenas o equilíbrio entre bicarbonatos (HCO₃⁻) e carbonatos (CO₃²⁻). Já os ácidos minerais prevalecem em faixas mais baixas de pH, normalmente em valores inferiores a 4,0, enquanto o gás carbônico está presente na faixa de 4,5 a 8,3.

Segundo Szikszay (1993) a concentração de CO₂ dissolvido na água que regula o equilíbrio de carbonato de cálcio (CaCO₃) é chamado ácido carbônico (H₂CO₃) ou gás carbônico (CO₂) de equilíbrio e o pH correspondente a CO₂ de equilíbrio chama-se pH de equilíbrio. O conhecimento da relação entre CO₂ dissolvido e CO₂ livre é importante na definição do tipo de água se é incrustante ou corrosiva. Quando o CO₂ (dissolvido) < CO₂ (livre) a água precipita o CaCO₃ e a água é incrustante e quando o CO₂ (dissolvido) > CO₂ (livre) a água ataca o CaCO₃ e a água é corrosiva ou agressiva. Quando não existem dados de análise para o conhecimento do CO₂ livre, este pode ser calculado a partir do pH de saturação de CaCO₃ (pH_s) usando a fórmula de Langelier.

Sendo assim, conforme Szikszay (1993), o problema da corrosão e ou da incrustação, ou seja, a tendência da agressividade da água pode ser visualizada através do Índice de Saturação (LSI) conceito desenvolvido por LANGELIER (1936), sendo definido segundo a equação 1:

$$LSI = pH - pH_s \quad (1)$$

onde:

LSI = índice de saturação de Langelier

pH = pH da amostra

pH_s = pH na saturação de carbonato de cálcio (CaCO₃)

Assim, quando:

LSI > 0, a água precipita CaCO₃ e é água incrustante;

LSI = 0, a água é neutra;

LSI < 0, a água dissolve CaCO₃ e é água corrosiva.

Não há praticamente nenhuma relação da qualidade da água com o gás carbônico, sob o ponto de vista da saúde pública. A grande importância no controle da acidez das águas reside nos estudos de corrosão, que pode ser provocada pelo gás carbônico (presente em águas naturais). O parâmetro acidez não se constitui, apesar de sua importância, padrão de potabilidade (PIVELI, 2003).

Nesse estudo, o objetivo foi identificar o tipo de acidez, através da determinação da presença do dióxido de carbono (CO₂), responsável pela agressividade, que foi calculada com base no índice de saturação de Langelier, em águas de poços localizados em cinco distritos de dois municípios do Estado do Ceará, com a finalidade de evitar situações de corrosão nas estruturas de concreto e ferro do poço.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras foram coletadas em cinco distritos localizados em dois municípios do estado do Ceará, durante os meses de fevereiro, março e abril de 2020. O município 1, Ibareta que situa-se nos sertões de Quixeramobim, porção nordeste do estado do Ceará e o município 2, Crateús, que situa-se na porção centro-oeste do estado do Ceará.

Segundo o SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM, 1998), tanto o município 1, como o município 2, estão inseridos em regiões onde predominam os domínios hidrogeológicos de rochas cristalinas. Os poços localizados neste tipo litológico tendem a apresentar elevado conteúdo de sais dissolvidos e as águas destes poços apresentam teores elevados de íons de cálcio e magnésio. Em geral, as vazões produzidas por poços são pequenas e a água, em função da falta de circulação e dos efeitos do clima semiárido é, na maior parte das vezes, salinizada. No município 2, além do domínio hidrogeológico de rochas cristalinas, apresenta também os domínios geológicos de sedimentos da Formação Serra Grande e depósitos Aluvionares, nos quais as águas possuem conteúdo salino menor que as de origem cristalina, diminuindo a salinidade da água.

As coletas foram realizadas de acordo com o Guia Nacional de Coleta e Preservação de Amostras (Água, Sedimento, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos) da Agência Nacional de Águas (ANA, 2011).

As análises dos parâmetros foram realizadas no Laboratório de Química Ambiental da Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (Hutec) e os métodos para a determinação dos parâmetros foram os recomendados pelo Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater (APHA, 2012).

Os parâmetros sólidos totais dissolvidos (STD), cálcio (Ca^{2+}) e alcalinidade ($CaCO_3$) foram determinados para fazer o cálculo do Índice de Saturação de Langelier (LSI) que foi calculado pela diferença do pH medido e pHs, onde pHs é o pH de saturação do carbonato de cálcio ($CaCO_3$), através das equações 1, 2, 3, 4, 5 e 6

$$LSI = pH - pHs \quad (1)$$

$$pHs = (9,3 + A + B) - (C + D) \quad (2)$$

$$A = (\log_{10}[TDS] - 1) / 10 \quad (3)$$

$$B = [-13,12 \cdot \log_{10}(T + 273)] + 34,55 \quad (4)$$

$$C = \log_{10}[Ca^{2+}] - 0,4 \quad (5)$$

$$D = \log_{10}[AT] \quad (6)$$

Onde:

pH = pH da água medido

pHs = pH na saturação de carbonato de cálcio

TDS = Sólidos totais dissolvidos em $mg.L^{-1}$

Ca^{2+} = Concentração de cálcio em $mgCaCO_3.L^{-1}$

T = Temperatura em °C

AT = Alcalinidade total em $mgCaCO_3.L^{-1}$

A interpretação dos resultados para o índice de saturação de Langelier foi feita com base na seguinte classificação: se $LSI > 0$, a água precipita $CaCO_3$ e é água incrustante, se $LSI = 0$, a água é neutra e, se $LSI < 0$, a água dissolve $CaCO_3$ e é água corrosiva.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 mostra os resultados médios obtidos para as amostras de águas de poços coletadas em cinco distritos (A, B, C, D e E) do município 1 (Ibareta) durante os meses de janeiro, fevereiro e março de 2020.

Tabela 1 – Resultados médios obtidos para os parâmetros analisados nos cinco distritos do município 1.

Parâmetros	DISTRITOS DO MUNICÍPIO 1 - IBARETAMA				
	A	B	C	D	E
Acidez carbônica ($mgCO_2.L^{-1}$)	25,4±0,014	22,8±0,004	35,0±0,035	9,6±0,042	21,9±0,021
Acidez total ($mgCaCO_3.L^{-1}$)	28,9±0,007	25,9±0,014	39,9±0,071	11,0±0,071	25,0±0,071
Acidez carbônica ($mgCaCO_3.L^{-1}$)	28,9±0,007	25,9±0,014	39,9±0,071	11,0±0,071	25,0±0,071
pH a 25°C	7,00±0,005	6,60±0,006	7,00±0,006	7,00±0,006	6,90±0,006
Sólidos totais ($mg.L^{-1}$)	4.521,7	3.264,4	2.009,7	4.539,2	1504,2
Cálcio ($mgCaCO_3.L^{-1}$)	1.072,7	372,9	338,8	1.112,8	138,3
Alcalinidade total ($mgCaCO_3.L^{-1}$)	177,6	243,4	277,3	219,5	405,0
Índice de saturação de Langelier (LSI)	+0,5	-0,2	+0,3	-0,4	-0,1

Fonte: Elaborada pelos autores.

Observando-se os resultados apresentados na tabela 1, pode ser verificado que a acidez total em ($mgCaCO_3.L^{-1}$) foi igual a acidez carbônica em ($mgCaO_2.L^{-1}$), indicando que toda a acidez existente foi devido a acidez carbônica, que pode ser expressa em termos de ($mgCO_3.L^{-1}$) e em termos de ($mgCaCO_2.L^{-1}$). Verificou-se também que a acidez carbônica em ($mgCO_2.L^{-1}$) e a acidez carbônica em ($mgCaCO_3.L^{-1}$) teve maior

concentração para a amostra de água do poço coletada no distrito **C** (35,0 mgCO₂L⁻¹ e 39,9mgCaCO₃L⁻¹), enquanto teve a menor concentração para a amostra de água do poço coletada no distrito **D** (9,6 mgCO₂L⁻¹ e 11,0mgCaCO₃L⁻¹).

Com relação ao pH verificou-se que os resultados de pH, variaram de (6,90 a 7,00), corroborando para identificar que acidez total foi devida a acidez carbônica, já que, conforme Piveli (2003) na faixa de 4,5 < pH < 8,3, tem a presença de ácido carbônico (H₂CO₃), que representa o gás carbônico dissolvido na água), o que contribui para a agressividade da água. O maior valor foi pH =7,00 para as amostras de águas de poço coletadas nos distritos **A**, **C** e **D** e, o menor valor foi pH = 6,60 para a amostra do distrito **B**.

Com relação aos valores do índice de saturação de Langelier (**LSI**), pode-se verificar que as amostras de águas coletadas nos distritos **A** (LSI = +0,5) e **C** (LSI = +0,3) precipitam o carbonato de cálcio (CaCO₃) e foram consideradas como incrustantes, enquanto que as amostras de águas coletadas nos distritos **B** (LSI = -0,2), **D** (LSI = -0,4), e **E** (LSI = -0,1), dissolvem CaCO₃ e foram consideradas corrosivas.

A tabela 2 mostra os resultados médios obtidos para os cinco distritos (F, G, H, I e J) localizados no município 2 (Crateús).

Tabela 2 – Resultados médios obtidos para as amostras coletadas nos cinco distritos do município 2.

Parâmetros	DISTRITOS DO MUNICÍPIO 2 - CRATEÚS				
	F	G	H	I	J
Acidez carbônica (mgCO ₂ L ⁻¹)	16,6±0,035	18,4±0,035	15,8±0,049	16,6±0,014	14,9±0,014
Acidez total (mgCaCO ₃ L ⁻¹)	18,9±0,049	20,9±0,057	18,0±0,071	19,0±0,064	16,9±0,071
Acidez carbônica (mgCaCO ₃ L ⁻¹)	18,9±0,049	20,9±0,057	18,0±0,071	19,0±0,064	16,9±0,071
pH a 25°C	7,18±0,014	6,75±0,007	6,90±0,021	6,69±0,014	7,00±0,021
Sólidos totais (mgL ⁻¹)	676,7	779,2	625,9	1798,1	910,9
Cálcio (mgCaCO ₃ L ⁻¹)	128,3	228,6	205,1	340,6	329,6
Alcalinidade total (mgCaCO ₃ L ⁻¹)	343,1	209,4	203,5	229,4	63,8
Índice de saturação de Langelier (LSI)	-0,1	-0,2	-0,1	-0,1	-0,4

Fonte: Elaborada pelos autores.

Observando-se os resultados apresentados na tabela 2, pode ser verificado que a acidez total em (mgCaCO₃L⁻¹) foi igual a acidez carbônica em (mgCaO₂L⁻¹), indicando que toda a acidez existente foi devido a acidez carbônica, que pode ser expressa em termos de (mgCO₃L⁻¹) e em termos de (mgCaCO₂L⁻¹). Verificou-se também que a acidez carbônica em (mgCO₂L⁻¹) e a acidez carbônica em (mgCaCO₃L⁻¹) teve maior concentração para a amostra de água de poço coletada no distrito **G** (18,4 mgCO₂L⁻¹) e (20,9mgCaCO₃L⁻¹), enquanto teve a menor concentração para a amostra do distrito **J** (14,9 mgCO₂L⁻¹) e (16,9mgCaCO₃L⁻¹).

Com relação ao pH verificou-se que os resultados de pH, variaram de (6,90 a 7,18), corroborando para identificar que acidez total foi devida a acidez carbônica, já que, conforme Piveli (2003) na faixa de 4,5 < pH < 8,3, tem a presença de ácido carbônico (H₂CO₃), que representa o gás carbônico dissolvido na água), o que contribui para a agressividade da água. O maior valor foi pH =7,18 para a amostra de água de poço coletada no distrito **F** e o menor valor foi pH = 6,69 para a amostra do distrito **I**.

De acordo com o índice de Langelier (LSI), pode-se verificar na tabela 2, que as amostras de águas dos poços coletadas nos cinco distritos **F** (LSI = -0,1), **G** (LSI = -0,2), **H** (LSI = -0,1), **I** (LSI = -0,1) e **J** (LSI = -0,4) do município 2 dissolvem CaCO₃ e todas as amostras foram consideradas corrosivas.

Segundo Pohling (2009), a concentração de CO₂ livre nas águas subterrâneas varia de (10,0 a 80,0 mgCO₂L⁻¹), portanto esses resultados corroboram com os resultados encontrados nesse estudo. A presença de dióxido de carbono livre (CO₂) pode provocar ações de dissolução indesejáveis em concreto e cimento. O CO₂ reage com a água formando o ácido carbônico e pode contribuir, indiretamente para situações de corrosão tais como a deterioração de tubulações de ferro e aço devido a sua acidez.

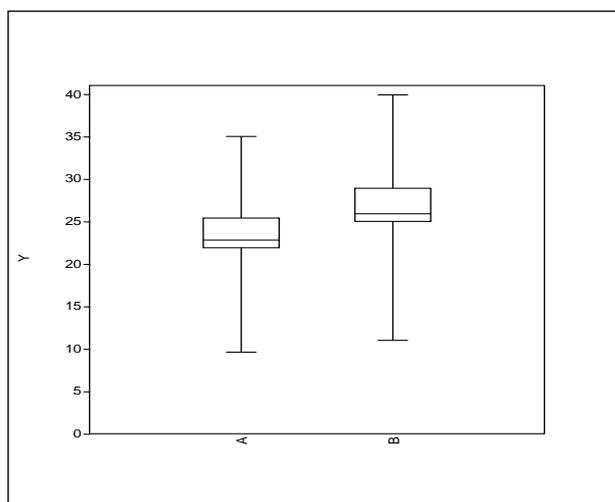
A acidez total representa o teor de dióxido de carbono (CO₂) livre, de ácidos minerais, de ácidos orgânicos e sais de bases fortes, os quais na hidrólise produzem íons de hidrogênio (H⁺) (MACEDO, 2003). Os ácidos minerais prevalecem em faixas mais baixas de pH, normalmente em valores inferiores a 4,5 (PIVELI, 2003).

ESTUDO ESTATÍSTICO

Utilizando o PAST (Peleontological Statistics versão 2.17c) calcularam-se todos os dados estatísticos univariadamente, no conjunto amostral, onde o Coeficiente de Variação e Desvio Padrão é amplamente usado em química analítica para expressar a precisão e a repetitividade de um ensaio.

A figura 1 mostra o gráfico tipo caixa das concentrações de acidez em carbonato de cálcio (CaCO₃.L⁻¹) e dióxido de carbono (CO₂L⁻¹) do município 1 durante os meses de janeiro, fevereiro e março de 2020, onde A (acidez carbônica) e B (acidez total). As linhas horizontais da caixa expressam os valores de 25, 50 e 75%. A barra de erro inclui os valores entre 5 e 95%; (x) os valores correspondentes a 1 e 99% e o sinal (-) os valores mínimo e máximo do conjunto de dados. A média aritmética corresponde ao ntro da caixa.

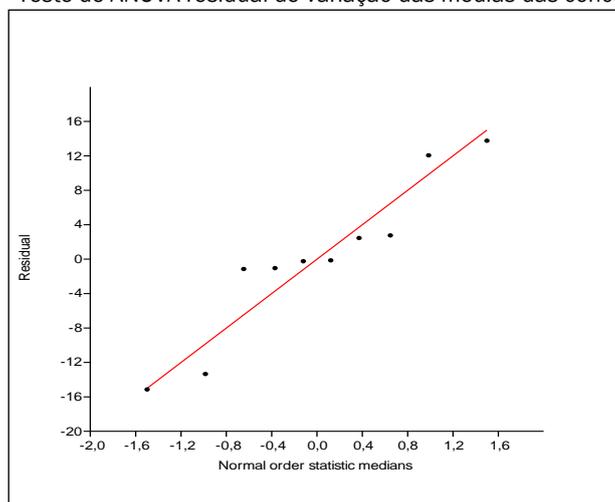
A figura 1 - gráfico tipo caixa das concentrações de acidez do município 1



Fonte: Elaborada pelos autores

A análise mais comum se ajusta a modelos logísticos lineares sucessivamente mais ricos e mede a variação residual do modelo por menos duas vezes a máxima verossimilhança. Medidas gerais de variação residual são consideradas aqui, incluindo erro quadrático ordinário e erro de previsão, bem como a verossimilhança logarítmica, como mostrada na figura 2.

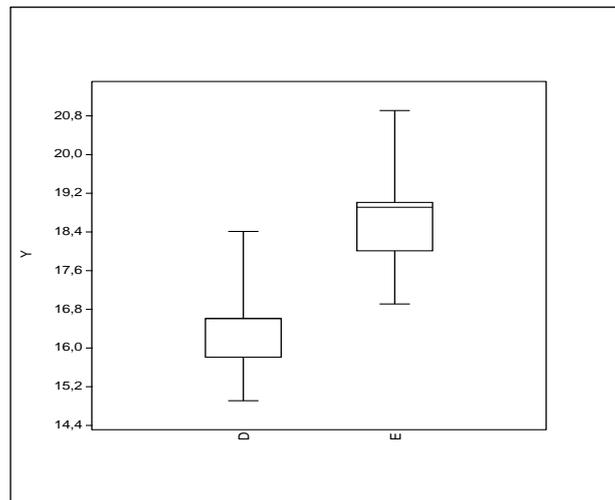
Figura 2 - Teste de ANOVA residual de variação das médias das concentrações



Fonte: Elaborada pelos autores

A figura 3 mostra o gráfico tipo caixa das concentrações de acidez em carbonato de cálcio ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$) e dióxido de carbono ($\text{CO}_2 \cdot \text{L}^{-1}$) do município 2 durante os meses de janeiro, fevereiro e março de 2020, onde D (acidez carbônica) e E (acidez total). As linhas horizontais da caixa expressam os valores de 25, 50 e 75%. A barra de erro inclui os valores entre 5 e 95%; (x) os valores correspondentes a 1 e 99% e o sinal (-) os valores mínimo e máximo do conjunto de dados. A média aritmética corresponde ao ntro da caixa.

A figura 3 - gráfico tipo caixa das concentrações de acidez do município 2

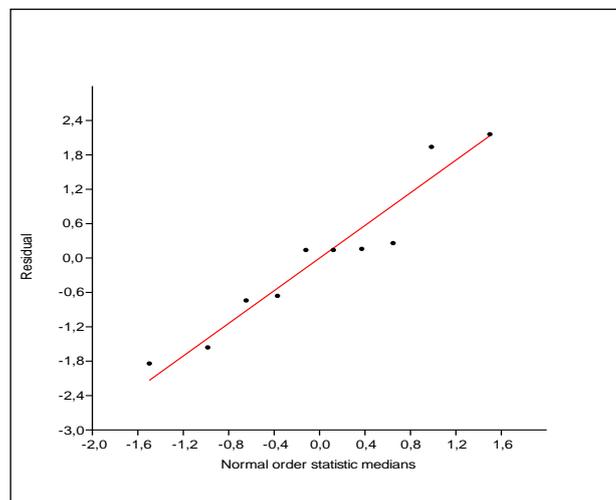


Fonte: Elaborada pelos autores

A análise mais comum se ajusta a modelos logísticos lineares sucessivamente mais ricos e mede a variação residual do modelo por menos duas vezes a máxima verossimilhança. Medidas gerais de variação residual são consideradas aqui, incluindo erro quadrático ordinário e erro de previsão, bem como a verossimilhança logarítmica, como mostrada na figura 4.

Figura 4 - Teste de ANOVA das concentrações.

residual de variação das médias



Fonte: Elaborada pelos autores

4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que nas águas subterrâneas coletadas de poços nos cinco distritos situados nos município 1 (Ibaretama) e no município 2 (Crateús), localizados no Estado do Ceará:

- Para todas as amostras de águas analisadas, verificou-se que a acidez total foi igual à acidez carbônica e que a acidez carbônica foi a responsável pela agressividade dessas águas;
- Os resultados de pH variaram de (6,69 a 7,18) corroborando para mostrar que nas amostras de águas a acidez total foi devida a acidez carbônica, já que o gás carbônico está presente na faixa de pH de 4,5 a 8,3;
- Os valores do índice de saturação de Langelier (LSI) variaram de (-0,4 a +0,5), em duas amostras as águas apresentaram uma tendência de precipitar carbonato de cálcio (CaCO_3) e foram consideradas incrustantes e, em oito amostras as águas apresentaram uma tendência de dissolver carbonato de cálcio (CaCO_3) e foram consideradas corrosivas.

Portanto, a identificação do tipo de acidez presente na água e o conhecimento da agressividade da água podem auxiliar no gerenciamento e na manutenção do poço evitando situações de corrosão e incrustação, que ocasionam deterioração dos equipamentos e tubulações como consequência da acidez presente na água, reduzindo gastos com reparos ou até a mesmo a inutilização do poço.

A Resolução nº 396, de 03 de abril de 2008, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) não estabelece valores máximos permitidos (VMP) para os parâmetros acidez e potencial hidrogeniônico (pH).

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Guia Nacional de Coleta e Preservação: Amostras. Água, Sedimentos, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos**. Brasília, DF. 2011.
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA. **Water Environment Federation**. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22 ed. 2012.
- BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. *Resolução nº 396 de 03 de abril de 2008*. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas. Brasília. DOU n. 66, de 07 de abril de 2008.
- LANGELIER, W. F., **The Analytical Control of Anticorrosion Water Treatment**. Journal of American Water Works Association 1936,
- MACEDO, J. A. B. de. **Métodos laboratoriais de análises físico-químicas e microbiológicas**. 2ª Edição. Editado por CRQ-MG. Belo Horizonte, 2003. 450 p.
- MIRANDA, LUIS ALCIDES SCHIAVO. Sistemas e processos de tratamento de águas de abastecimento. Porto Alegre (S.n.), 2007. 148p.
- PIVELI, R. P.; KATO, M.T. **Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos**. 01. São Paulo/ SP: ABES- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005, v.01. 285p.
- POHLING, ROLF. Reações químicas na análise de água. Fortaleza. Março, 2009.
- SERVIÇO GEOLOGICO DO BRASIL – CPRM. **Diagnostico do município de Ibaretama**. Fortaleza 1998, Mapas e publicações – Ceará. Disponível em <<http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Ceara--Atlas-Digital-dos-Recursos-Hidricos-Subterraneos-588.html>> Acesso em 17/06/2020
- SERVIÇO GEOLOGICO DO BRASIL – CPRM. **Diagnostico do município de Crateús**. Fortaleza 1998, Mapas e publicações – Ceará. Disponível em <<http://www.cprm.gov.br/publique/Hidrologia/Mapas-e-Publicacoes/Ceara--Atlas-Digital-dos-Recursos-Hidricos-Subterraneos-588.html>> Acesso em 17/06/2020
- SILVA, F. J.A.; ARAÚJO, A. L. de; SOUZA. R. O. **Águas subterrâneas no Ceará – poços instalados e Salinidade**. Rev. Tecnol. Fortaleza, v. 28, n. 2, p. 136-159, dez. 2007.
- SZIKSZAY, MARIA. **Geoquímica das águas**. Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 1993.