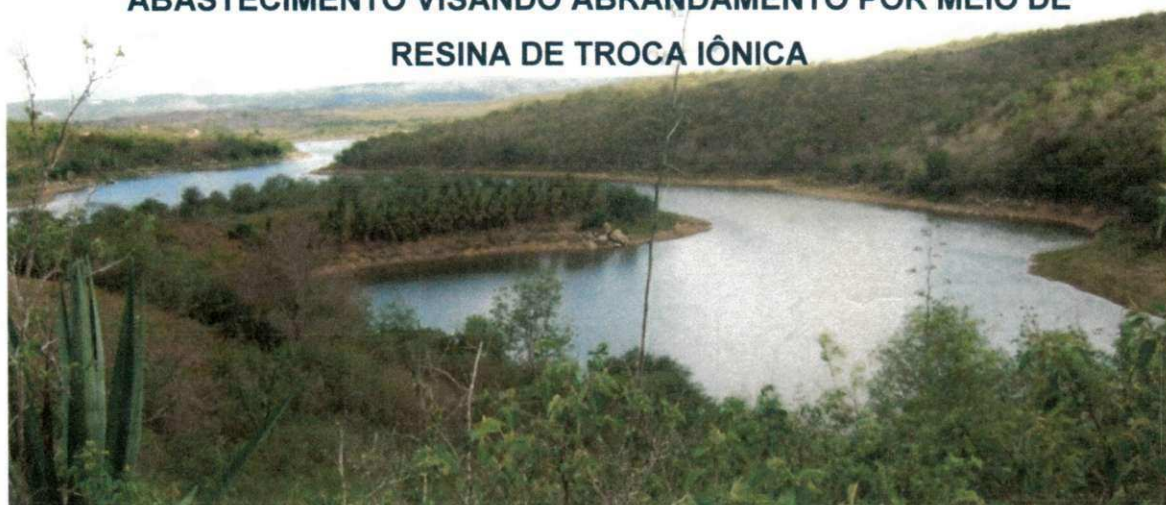




UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE - UFCG
CENTRO DE EDUCAÇÃO E SAÚDE - CES
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO – UAE
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

**ESTUDO ANALÍTICO DA DUREZA E ALCALINIDADE DE ÁGUAS DE
ABASTECIMENTO VISANDO ABRANDAMENTO POR MEIO DE
RESINA DE TROCA IÔNICA**



CUITÉ – PB
2011

MARIA JUCILENE DE MACÊDO MELO

**ESTUDO ANALÍTICO DA DUREZA E ALCALINIDADE DE ÁGUAS DE
ABASTECIMENTO VISANDO ABRANDAMENTO POR MEIO DE RESINA DE
TROCA IÔNICA**

Monografia apresentada ao curso de Licenciatura em Química da Unidade Acadêmica de Educação (UAE) do Centro de Educação e Saúde (CES) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) como um dos requisitos para a obtenção de título de Licenciada em Química.

Orientador (a): Prof^a. Dr^a. Denise Domingos da Silva



M528e Melo, Maria Jucilene de Macedo.
Estudo analítico da dureza e alcalinidade de águas de abastecimento visando abrandamento por meio de resina de troca iônica. / Maria Jucilene de Macedo Melo. - Cuite: [s. n.], 2011.
72 fl. : il. color. tab. fot. fig. graf.

Orientadora Dra. Denise Domingos da Silva.
Monografia do Curso de Licenciatura em Química.
Disponível em CD.

1. Água - dureza. 2. Resina de troca iônica. 3. Água - abastecimento. 4. Água - alcalinidade. I. Silva, Denise Domingos da. II. Universidade Federal de Campina Grande. III. Centro de Educação e Saúde. IV. Título

CDU 556

MARIA JUCILENE DE MACÊDO MELO

**ESTUDO ANALÍTICO DA DUREZA E ALCALINIDADE DE ÁGUAS DE
ABASTECIMENTO VISANDO ABRANDAMENTO POR MEIO DE RESINA DE
TROCA IÔNICA**

Monografia apresentada ao curso de Licenciatura em Química do Centro de Educação e Saúde (CES) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) como requisito parcial para obtenção de título de licenciada em Química.

Aprovada e apresentada em 09/06/2011.

BANCA EXAMINADORA



Prof^a Dr^a Denise Domingos da Silva – Orientadora

Prof^a Dr^a Gleba Coelli Luna da Silveira - UEPB

Prof^a Dr^a Cláudia Patrícia Fernandes dos Santos - UFCG

CUITÉ – PB
2011

UFCG

UNICAMP

DEDICO

Aos meus pais, pelo o incentivo e amor, por me ensinarem os valores como honestidade e respeito, influenciando de modo significativo a pessoa que me tornei. E de maneira especial, ao meu esposo Jeancarlo Meira de Melo, por me encorajar sempre, mostrando que a educação é a base fundamental para a realização de nossos sonhos.

AGRADECIMENTOS

À Deus em primeiro lugar por proporcionar-me o dom da vida e a capacidade intelectual de compreender a ciência como parte da sua criação divina, e por conceder-me forças para vencer os obstáculos que a vida me impõe.

Ao meu esposo Jeancarlo Meira de Melo pela paciência, compreensão e apoio nas horas em que precisei de tempo disponível para a realização de meus trabalhos acadêmicos.

A Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) pelo apoio para a realização do trabalho.

A Prof^a Dr^a Denise Domingos da Silva, pela honrosa orientação, as quais foram cheias de idéias preciosas. Pela dedicação, compreensão, amizade e estímulos indispensáveis nos momentos difíceis de desenvolvimento da pesquisa e elaboração desse trabalho. Muito Obrigada.

A Prof^a Dr^a Marta Maria da Conceição pela paciência e sugestões ao ministrar a disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC).

Ao Prof. Kepler B. França (UFCG) por ceder materiais para o andamento do trabalho.

A coordenação do curso de Química na pessoa do Prof^o Dr^o Marciano Henrique Lucena Neto, e seu corpo docente por transmitirem o conteúdo de Química de maneira coerente e admirável, os quais contribuíram realização do curso.

Aos órgãos de fomento (PIBID/CAPES/FNDE/UFCG) pela concessão de uma bolsa de Iniciação à Docência no Sub Projeto de Química do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), sob a digníssima orientação do Prof^o Dr^o José Carlos de O. Santos, no período de 2008 à 2010.

A Pró-Reitoria de Pesquisa e Extensão (PROPEX/UFCG) pela aprovação do projeto de Voluntário de Iniciação Científica (PIVIC), no período compreendido entre outubro de 2010 a junho de 2011.



A Mislene Pereira Lima, técnica do Laboratório de Química pela disponibilidade e ajuda.

Aos colegas de curso, pelo convívio, em especial Maria José e Maria Veronilda por compartilharem momentos de aprendizagem e de descontração, além do companheirismo e amizade durante os quatro anos de formação.

Enfim, a todas as pessoas que, de uma forma ou de outra contribuíram para meu sucesso profissional e pessoal, manifesto aqui minha gratidão.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

UFPA

“Tudo o que um sonho precisa para ser realizado é alguém que acredite que ele possa ser realizado.”

Roberto Shinyashiki

RESUMO

O Município de Cuité é abastecido por água proveniente do açude Boqueirão do Cais. Entretanto a água fornecida a população tem apresentado valores maiores de dureza média. Os teores encontrados indicam que a água possui classificação de “dura”, devido à concentração de CaCO_3 . O presente estudo teve como principal objetivo quantificar o índice de dureza e alcalinidade da água de abastecimento do município de Cuité, considerando as influências das diferentes estações, bem como acompanhar o processo de tratamento realizado pela CAGEPA durante o desenvolvimento do estudo, além de desenvolver metodologias analíticas para a melhoria do estudo na determinação da dureza da água por meio da titulometria de complexação e análises condutométricas. O processo de amostragem envolveu coletas de amostras de diferentes pontos da cidade como residências (pontos C e D), Universidade (pontos A, B e H), e CAGEPA (ponto E), além das amostras de fonte primária “bruta” (pontos F e G), no período de novembro de 2010 a abril de 2011. Foram coletadas três amostras de cada ponto. As amostras foram armazenadas em frascos de polietileno para posterior análise. Realizaram-se medidas de pH, condutividade, métodos clássicos (titulometria de complexação/neutralização), e inovadoras como o abrandamento da dureza da água utilizando resina de troca-iônica por técnica SPE. Os valores de pH variaram entre 7,05 à 8,17 nos pontos F e G devido a concentrações de CaCO_3 presente ao solo do açude. As amostras de águas fervidas apresentaram valores altos de condutividade, dureza e pH, provenientes da precipitação de sais dissolvidos na água e conseqüentemente o aumento da força iônica. Todas as amostras analisadas estão dentro dos padrões pré-estabelecidos pela portaria nº518/04 do Ministério da Saúde. O processo de abrandamento utilizando a resina de troca-iônica foi eficaz, proporcionando efluente com dureza próxima de zero. Esta metodologia apresenta uma alternativa para a melhoria da qualidade da água do município.

Palavras Chaves: dureza da água, resina de troca-iônica, água de abastecimento.



ABSTRACT

The City Cuité is supplied by water from the dam Boqueirão Cais, however the water supplied population has shown higher values of hardness, the levels found indicate that water has a rating of hard due CaCO_3 concentration. This study aimed to quantify the level of water hardness and alkalinity supply in the city Cuité considering the influences of different stations and treatment process conducted by CAGEPA, and develop analytical methods for the improving the feasibility of determining water hardness by complexometric titration and conductometric analysis. The sampling procedure involved samples collected from different parts of the city as residences (points C and D), University (A, B and H) and CAGEPA (E), and samples of primary source "raw" (points F and G) in the period November 2010 to April 2011. Three samples were collected from each point. The samples were stored in polyethylene bottles for later analysis. The major tests realized were of pH, conductivity, classical methods (titutometria complexation / neutralization). New methodologies using ion exchange resins were performed. The pH values ranged from 7.05 to 8.17 points F and G due to concentrations of CaCO_3 incorporated in the soil of the dam. Boiled water samples showed high levels of conductivity, hardness and pH values due to precipitation of salts dissolved in water and consequently increases the ionic strength. All samples are within established standards by decree No. 518/04 of the Ministry of Health. The process of softening using ion-exchange resin was efficient, with effluent hardness close to zero. This methodology provides an alternative for improving water quality in the city.

Keywords: hardness of water, ion exchange resin, water supply.



LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Molécula da água	06
Figura 02 – Estrutura química do EDTA	09
Figura 03 – Estrutura de um complexo metal/EDTA.....	10
Figura 04 – Resina de troca iônica	15
Figura 05 – Estrutura típica da resina sulfonada com estireno-divinilbenzeno	16
Figura 06 – Modelo de uma resina permuta iônica	18
Figura 07 – Açude Boqueirão do Cais	22
Figura 08 – Pontos de Coleta no Açude Boqueirão do Cais, foto satélite ano 2007.	23
Figura 09 – Instalação da CAGEPA às margens do açude	24
Figura 10 – Centro de Educação e Saúde/CES. (Pontos de Coleta)	26
Figura 11 – Pontos de coleta no município de Cuité – PB.....	27
Figura 12 – Procedimento da análise da dureza	30
Figura 13 – Procedimento da análise da alcalinidade	31
Figura 14 – Aquecimento da amostra	33
Figura 15 – Regeneração da resina de troca iônica com NaCl (sólido)	34
Figura 16 – Processo de Filtração da Resina de Troca Iônica	35
Figura 17 – Cartucho adaptado SPE com Resina de Troca Iônica	36
Figura 18 – Cartucho SPE C18-E.....	36
Figura 19 – Destilador Simples	37
Figura 20 – Lavagem da resina de troca iônica com NaOH à 5%	38
Figura 21 – Lavagem da resina de troca iônica com a amostra de água do abastecimento.	39
Figura 22 – Solução H ₂ O + NaOH + indicador	40

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE

Figura 23 – Formação de complexo cálcio –EDTA	41
Figura 24 – Ponto final da titulação de complexação.....	41
Figura 25 – H ₂ O + Indicador	50
Figura 26 – Ponto de final da titulação de neutralização	51

OFICINA DE QUÍMICA

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Indicadores ácido / bases comuns	14
Tabela 02 – Pontos da coleta das amostras	25
Tabela 03 – Classificação da dureza da água.	43
Tabela 04 – Resultado das análises da dureza das amostras coletadas em novembro de 2010.....	44
Tabela 05 – Resultado das análises da dureza das amostras coletadas em janeiro de 2011.....	44
Tabela 06 – Resultados das análises da dureza das amostras coletadas em fevereiro de 2011.....	45
Tabela 07 – Resultados das análises da dureza das amostras coletadas em março de 2011.....	46
Tabela 08 – Resultados das análises de dureza das amostras coletadas em abril 2011.....	47
Tabela 09 – Resultado das análises da alcalinidade das amostras coletadas em novembro de 2010.....	51
Tabela 10 – Resultado das análises da alcalinidade das amostras coletadas em janeiro de 2011.....	52
Tabela 11 – Resultado das análises da alcalinidade das amostras de fevereiro de 2011.....	52
Tabela 12 – Resultado das análises da alcalinidade das amostras de março de 2011.....	53
Tabela 13 – Resultado das análises da alcalinidade das amostras de abril de 2011.....	53

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Tabela 14 – Medidas de condutividade das amostras de água coletadas nos pontos A e C	55
Tabela 15 – Medidas de condutividade das amostras coletada em fevereiro 2011 ..	57
Tabela 16 – Medidas de condutividade das amostras coletada em março 2011	58
Tabela 17 – Medidas de condutividade das amostras coletada em abril 2011	59
Tabela 18 – Medidas de pH para as amostras coletadas em novembro de 2010.....	60
Tabela 19 – Medidas de pH para as amostras coletadas em janeiro de 2011.....	60
Tabela 20 – Medidas de pH para as amostras coletadas em fevereiro de 2011.....	61
Tabela 21 – Medidas de pH para as amostras coletadas em março de 2011.....	62
Tabela 22 – Medidas de pH para as amostras coletadas em abril de 2011.....	62

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Comparação da dureza das amostras de 2011	48
Gráfico 02 – Medidas de pH da amostra do ponto (A) eluída da coluna de troca iônica após regeneração com NaOH 5%.....	64
Gráfico 03 – Medidas de condutividade da amostra do ponto (A) eluída da coluna de troca iônica após regeneração com NaOH 5%.....	64
Gráfico 04 – Medidas de pH da amostra do ponto (A) eluída da coluna de troca iônica após regeneração com HCl à 5%	65
Gráfico 05 – Medidas de condutividade da amostra do ponto (A) eluída da coluna de troca iônica após regeneração com HCl à 5%	65

UNIVERSIDADE DE JIÉCA

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	01
2. OBJETIVOS	03
2.1 Objetivos Gerais.....	03
2.2 Objetivos Específicos	03
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	05
3.1 Água	05
3.2 Dureza das Águas Naturais	08
3.3 Volumetria de Complexação	09
3.4 Alcalinidade das Águas Naturais	12
3.5 Volumetria de Neutralização	13
3.6 Resina de Troca Iônica	15
3.6.1 Classificação das Resinas de Troca iônica	16
3.6.1.1 Resina Catiônica de Ácido Forte	17
3.6.1.2 Resina Catiônica de Ácido Fraco	18
3.6.1.3 Resina Aniônica de Base Forte	19
3.6.1.4 Resina Aniônica de Base Fraca	20
3.6.2 Utilização das Resinas de Troca iônica	20
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1 Informações do Abastecimento de Água do Município de Cuité	22
4.2 As amostras.....	24
4.3 Processo de Amostragem	25
4.3.1 Procedimentos para coleta de água no açude	27
4.3.2 Procedimentos para coleta de água em residência	28
4.4 Titulação das amostras de água utilizando o método de complexometria (EDTA)	28

4.4.1	Preparo da Solução padrão de Sulfato de zinco ($ZnSO_4$) 0,01M.....	28
4.4.2	Preparo e padronização da solução de EDTA 0,01 M	29
4.4.3	Titulação das amostras de água	29
4.5	Titulação das amostras utilizando o método de neutralização.....	30
4.5.1	Preparo da solução de carbonato de sódio (0,02 N).....	31
4.5.2	Padronização da Solução de H_2SO_4	31
4.5.3	Titulação das amostras de água	31
4.6	Análise Condutométrica	32
4.7	Análise de pH	32
4.8	Metodologias desenvolvidas	33
4.8.1	Aquecimento das águas coletadas	33
4.8.2	Preparação de Coluna de Adsorção com Resina de Troca iônica ..	34
4.8.3	Preparação e condicionamento de cartucho da Extração da Fase Sólida (SPE) com Resina de Troca Iônica	35
4.8.4	Preparação de coluna de adsorção	37
4.8.5	Destilação da amostra	37
4.8.6	Regeneração da Resina de Troca iônica por meio ácido e básico ..	38
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
5.1.	Índice do teor de dureza encontrado nas amostras coletadas	40
5.2.	Índice de Alcalinidade das amostras coletadas	49
5.3.	Medidas de condutividade das amostras coletadas	55
5.4	Medidas de pH das amostras coletadas	59
5.5	Comportamento da resina de troca-iônica após tratamento com solução de HCl e NaOH	63
6.	CONCLUSÕES	67
7.	REFERÊNCIAS	69

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso de grande importância para a existência da vida no planeta e fundamental para o desenvolvimento da sociedade, na qual grandes povoados foram se estabelecendo e crescendo próximas a grandes cursos d'água, oferecendo ao homem a capacidade de cultivo e produção de alimentos, associado ao uso de enormes quantidades de água. Segundo Borges (2009), esta tem sido utilizada de forma inadequada pela sociedade, causando problemas tanto no que se refere a sua qualidade quanto a sua quantidade.

Com o aumento gradativo da população, o uso exagerado deste recurso, a fim de manter padrões de conforto e bem estar da vida moderna, tem gerado a escassez e a poluição das águas, e assim afetando sua potabilidade que garante a saúde.

O município de Cuité-PB encontra-se inserido nos domínios da bacia hidrográfica do Rio Jacú e um dos principais corpos de acumulação é o açude do Boqueirão do Cais, que abastece a população do Município. Nas proximidades do açude, moram agricultores que exercem atividades agrícolas e pecuárias, utilizando a água local.

Tais processos resultam em empobrecimento do solo e conduzem o material para as áreas mais baixas, que em geral convergem para os rios e lagos, que pode acarretar no aumento do uso de fertilizantes, desequilibrando o conteúdo de nutrientes no solo e expondo-o à contaminação química (CAVALHO; SCHLITTLER; TORNISIELO, 2000).

Além disso, as águas superficiais e subterrâneas no Nordeste semi - árido do Brasil são classificadas como águas de alta força iônica. Estas águas apresentam excesso de concentração de sal, de alta dureza e estão supersaturadas com carbonato de cálcio (CAVALCANTI; AGOSTINHO; NASCIMENTO, 2010).

Tendo em vista o aumento populacional do município e inserção de um Campus da UFCG, o que afeta também o número de habitantes, observado nos últimos anos desde sua inauguração, faz-se necessário o acompanhamento do tratamento da água feito pela Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba - CAGEPA, a fim de avaliar a dureza e alcalinidade da mesma considerando períodos de diferentes de estações. E, dessa forma, desenvolver metodologias que envolverá



desde processos de amostragem da água em diferentes pontos do percurso da referida matriz, até desenvolvimento de metodologias analíticas clássicas (titulometria de complexação/neutralização) e inovadoras, contribuindo para o bem estar e saúde da população.

UFPA / BIBLIOTECA

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Quantificar o índice de dureza e alcalinidade da água de abastecimento do Município de Cuité-PB, considerando as influências das diferentes estações do ano.

2.2 Objetivos específicos

- Selecionar pontos de amostragem para coleta das águas de abastecimento, envolvendo pontos de residências da cidade, Universidade e pontos do processo de tratamento realizado pela CAGEPA no Município de Cuité-PB;
- Acompanhar o processo de tratamento realizado pela CAGEPA no Município de Cuité-PB durante o desenvolvimento do estudo;
- Desenvolver metodologias analíticas para a melhoria do estudo na determinação da dureza da água por meio da titulometria de complexação e análises condutométricas;
- Determinar o índice de alcalinidade por meio da titulometria de neutralização;
- Determinar o índice de dureza das amostras coletadas por meio de métodos complexométricos
- Propor metodologias para minimizar os índices de dureza da água de abastecimento do Município de Cuité-PB, utilizando resina de troca-iônica.

- Acompanhar o pré-tratamento realizado pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) do Município de Cuité e comparar com a fonte primária (água bruta).

UFCC / BIBLIOTECA

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Água

A água é uma substância que pode ser encontrada, naturalmente em todos os três estados físicos, apresentando capacidade em conduzir e estocar o calor (condutividade térmica e capacidade calorífica) também é única. Entre outros aspectos, a água tem um elevado calor de evaporação, o que contribui para o equilíbrio térmico do meio ambiente, ou seja, evita que a Terra tenha variações bruscas de temperatura, tornando pequena a variação de temperatura entre o dia e a noite.

Além disso, nosso planeta está inundado d'água; um volume de aproximadamente 1,4 bilhão de Km³ cobre cerca de 71% da superfície da Terra. Apesar disso, muitas localidades ainda não têm acesso à quantidade de água com características de potabilidade adequadas às necessidades do consumo humano. A grande oferta fez da água a substância ideal para ser empregada como solvente universal na limpeza e transporte de praticamente todos os resíduos gerados pelo homem (GRASSI, 2001).

A água compõe a maior parte da massa corporal do ser humano. É o solvente biológico ideal, contribuindo para numerosos processos bioquímicos, pois é na água que estão dissolvidas ou suspensas as moléculas e partículas necessárias para o bom funcionamento celular. Reagentes e produtos de reações metabólicas, nutrientes, assim como produtos de excreção, dependem da água para o transporte no interior das células e entre as células (MOTTA, 2010).

Entretanto, considerando a química em solução aquosa, muitos processos químicos, bioquímicos e eletroquímicos que afetam o ambiente natural em solução, e a descrição deles relacionados com as propriedades intrínsecas da água se faz necessário, destacando a presença de pontes de hidrogênio, as quais desempenham um papel importantíssimo nas estruturas bioquímicas (SILVA, 1998).

Sua natureza dipolar formada por dois átomos de hidrogênio ligados a um átomo de oxigênio. Cada átomo de hidrogênio possui uma carga elétrica parcial positiva (δ^+) e o átomo de oxigênio, carga elétrica parcial negativa (δ^-). Assim, o

compartilhamento dos elétrons entre H e O é desigual, o que acarreta o surgimento de dois dipólos elétricos na molécula de água; um para cada ligação H-O. Como resultado, existe uma ligação eletrostática entre o átomo de oxigênio de uma molécula de água e o átomo de hidrogênio de outra molécula, denominada de pontes de hidrogênio. Assim, o ângulo de ligação entre os hidrogênios e o oxigênio (H-O-H) é $104,5^\circ$, conforme ilustra a Figura 1 (LEHNINGER,2006).

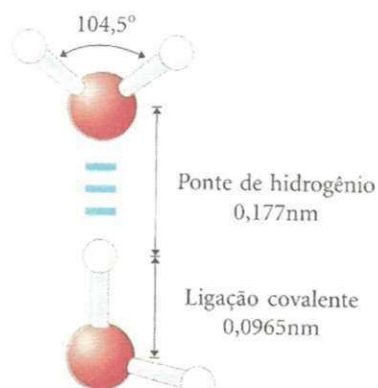


Figura 1 - Molécula da água

Fonte - (LEHNINGER,2006).

Estas pontes de hidrogênio são de grande importância para determinar a estrutura secundária das proteínas, e da mesma maneira também na união dos substratos até as enzimas, receptores e portadores.

Em função da natureza química de sua molécula, as propriedades físicas e químicas da água diferem muito das de qualquer outra substância, o que a caracteriza como constituinte fundamental da matéria viva e do meio que a condiciona, dentre as características da água merecem destaques: a dureza, alcalinidade, pH, salinidade, condutividade, acidez, cloretos, fluoretos, metais pesados, matéria orgânica, oxigênio dissolvidos e demanda bioquímica.

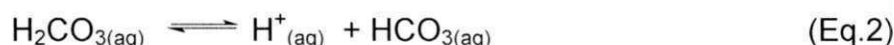
É importante entender os tipos de processos químicos que ocorrem em águas naturais e como a ciência e o uso da química podem ser empregadas para purificar a água destinada ao consumo humano. A química da água pode ser dividida em duas categorias de reação mais comuns: reações ácido-base e reações de oxidação-redução (redox). A química ácido-base de muitos sistemas aquáticos, é dominada pela interação do íon carbonato, CO_3^{2-} , uma base moderadamente forte, com H_2CO_3 , ácido carbônico. O ácido carbônico resulta da dissolução na água do

UFPA

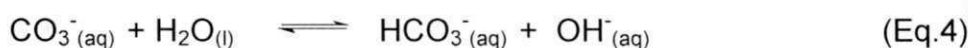
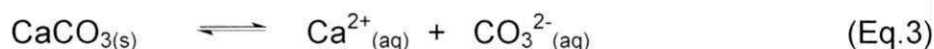
gás atmosférico, dióxido de carbono e da decomposição de matéria orgânica na água; normalmente existe um equilíbrio entre o gás e o ácido aquoso.



Os fenômenos ácido-base e de solubilidade controlam as concentrações dos íons inorgânicos dissolvidos na água, como o carbonato, enquanto o teor orgânico da água é denominado por reações redox. Na maioria dos sistemas aquáticos naturais, o pH e as concentrações dos íons principais são controlados pela dissolução de dióxido de carbono atmosférico e de íons carbonatos vinculados ao solo (BAIRD, 2002).



Sendo as rochas calcárias as fontes de bicarbonatos de cálcio (CaCO_3) e mesmo sendo insolúveis, estas em pequenas quantidades podem dissolver-se na água, conforme as reações a seguir:



Sabe-se que as águas naturais, e mesmo as consideradas “águas puras”, ainda contém quantidades de dióxido de carbono dissolvido, bem como alguns íons de cálcio e magnésio. A purificação da água para uso laboratorial é de grande importância para a preparação de soluções e análises químicas que utilizam a matriz água. Atualmente, o método mais utilizado para a purificação da água é a destilação, osmose reversa e em outros casos o uso de resinas de troca-iônica.

A água pura também pode ser obtida fazendo-se a água da torneira percolar através de uma mistura de resinas de troca iônica: uma resina fortemente ácida remove os cátions da água e substitui por íons hidrogênio, e analogamente uma resina fortemente básica (na forma OH^-) remove os ânions (VOGEL, 1981).

Diante dessas considerações, faz-se necessário, cada vez mais, cuidados rigorosos com os tipos de poluentes na matriz água. Para o presente estudo foram realizados testes para a determinação da dureza e alcalinidade da água de



abastecimento do Município de Cuité, considerando as influências dos diferentes índices pluviométricos, bem como o desenvolvimento de metodologias visando o abrandamento destas águas por meio de resina de troca-iônica, proporcionando uma alternativa para a melhoria da água de abastecimento no município.

3.2 Dureza das Águas Naturais

Inicialmente, a dureza da água era entendida como a capacidade da água de precipitar sabão. O sabão é precipitado principalmente pela presença de íons cálcio e magnésio. Outros cátions, como por exemplo, ferro, manganês e zinco, podem precipitar o sabão; porém, geralmente estão presentes na água na forma de complexos, frequentemente com constituintes orgânicos e sua participação na dureza da água é mínima.

Assim, a dureza total de uma água é devida a bicarbonatos, sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio e pode ser calculada como sendo a soma da concentração de íons magnésio e cálcio na água, expressos em carbonatos de cálcio (CaCO_3) em miligramas por litro (mg/L).

O cálcio e o magnésio estão presentes na água em forma de bicarbonatos, que também são responsáveis pela alcalinidade, causando a dureza chamada de temporária, que pela ação do calor ou de substâncias alcalinas geram a precipitação dos carbonatos destes íons. Já a dureza permanente, também chamada de dureza de não carbonatos, é devida a presença de sulfatos, cloretos e nitratos de cálcio e magnésio, resiste também à ação dos sabões, mas não produz incrustações por serem seus sais muito solúveis na água. Dessa forma, não se decompõem pela ação do calor.

Atualmente, utiliza-se o método de titulação com EDTA (ácido etilenodiaminotetracético) para analisar a dureza (EATON et. al, 1995).

UFPA

3.3 Volumetria de Complexação

A volumetria de formação de complexos ou complexiometria baseia-se em reações entre íons metálicos e um ligante com formação de um complexo suficientemente estável.

A maioria dos íons metálicos reage com doadores de pares de elétrons para formar compostos de coordenação ou complexos. As espécies doadoras, ou ligantes, devem ter pelo menos um par de elétrons desemparelhados disponível para formar a ligação.

O agente quelante utilizado nas titulações complexométricas é o EDTA (ácido etilenodiaminotetracético), sua fórmula estrutural apresenta seis sítios potenciais para a ligação de íons metálicos: quatro grupos carboxílicos e dois grupos amino, cada um dos últimos com um par de elétrons desemparelhados. Assim, o EDTA é um ligante hexadentado, conforme ilustra a Figura 2 (SKOOG, et. al., 2008).

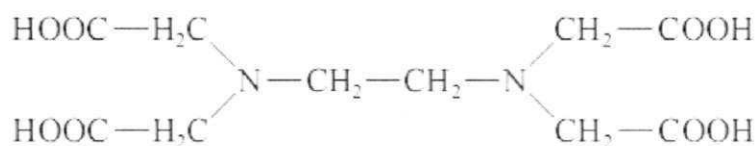
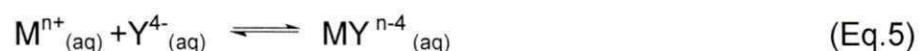


Figura 2 - Estrutura Química do EDTA

Fonte - SKOOK, 2008

O EDTA possui quatro hidrogênios ionizáveis, sendo simplificada e representado por H_4Y . A reação com íon metálico pode ser genericamente representada por:



A solução aquosa de EDTA apresenta as espécies H_4Y , H_3Y^- , H_2Y^{2-} , HY^{3-} e Y^{4-} , sendo que a forma predominante depende do pH. O EDTA é um ácido fraco para o qual $pK_1 = 2,0$; $pK_2 = 2,7$; $pK_3 = 6,2$; $pK_4 = 10,3$. Estes valores demonstram claramente que os dois primeiros prótons são mais facilmente ionizáveis do que os

BIBLIOTECA

outros dois restantes. Este reagente possui uma grande versatilidade que provém da sua potência como agente complexante e da disponibilidade de numerosos indicadores íon-metal, cada um efetivo em um intervalo limitado de pH.

O EDTA é um reagente notável não somente porque forma quelatos com todos os cátions, exceto os dos metais alcalinos, mas também porque a maioria desses quelatos é suficientemente estável para ser empregada em titulações. Essa alta estabilidade indubitavelmente resulta dos vários sítios complexantes da molécula que dão origem a uma estrutura semelhante a uma gaiola, pela qual o cátion é efetivamente envolvido e isolado das moléculas do solvente (SKOOG, 2008).

Em virtude de sua habilidade em remover íons metálicos, o EDTA é utilizado pelas indústrias alimentícias, pois é um excelente conservante de alimentos, ligando-se tão firmemente à maioria dos íons metálicos que estes são incapazes de catalisar a reação de oxidação pelo ar. Uma das estruturas comuns para complexos metal/EDTA está representada na figura 3.

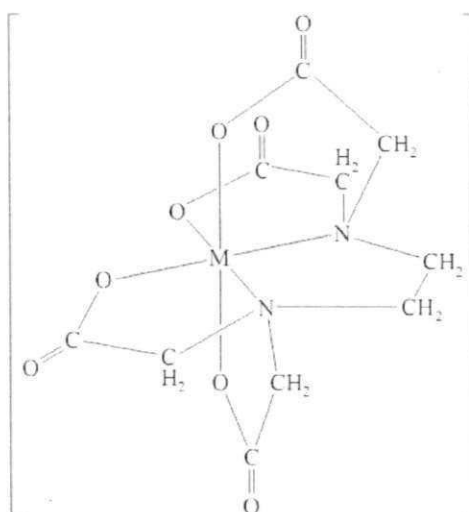


Figura 3 - Estrutura de um complexo metal/EDTA.

Fonte - SKOOK, 2008

O EDTA tem uso em detergentes e xampus, pois se combina com cálcio e magnésio, evitando que se precipitem com o produto, como acontece com sabão, quando usado com águas ricas em cálcio e magnésio, sendo também utilizado para determinação da dureza da água em titulações de complexometria.

Para a realização desses métodos tritrimétricos com EDTA é necessário o uso de indicadores adequados, que geralmente são compostos orgânicos coloridos que formam quelatos com íons metálicos. O quelato tem uma cor diferente daquela do indicador livre. Para se conseguir uma boa detecção do ponto final da titulação, deve-se evitar a adição de grandes quantidades do indicador. No processo, o indicador libera o íon metálico, que será complexado pelo EDTA num valor de pH mais próximo possível do ponto de equivalência. O comportamento de tais indicadores é um tanto complicado pelo fato de que a cor depende do pH da solução. Eles podem agir com íons H^+ , assim como o fazem como cátion, apresentando um comportamento análogo ao de um indicador ácido-base.

No entanto, existem muitos indicadores de compostos orgânicos recomendados para diferentes elementos ao serem titulados com EDTA ou complexantes similares, dentre eles o ériocromo T, Calcon e a Murexida (purpurato de amônio).

As titulações de cálcio nas quais a murexida é usada são geralmente feitas com solução tampão alcalinas de NaOH (pH~10) para controle do pH. O ponto final conseqüentemente, nessas condições, não é muito satisfatório, mas sob um controle cuidadoso de iluminação e com experiência na observação da mudança de cor pode-se proporcionar resultados razoáveis.

Dessa forma, os métodos volumétricos apresentam praticidade e baixo custo para efetuar a análise, sendo utilizadas apenas vidrarias básicas de laboratório, o que permite a detecção das espécies Ca^{2+} e Mg^{2+} , associado ao uso do EDTA como principal complexante.

No presente estudo, métodos volumétricos foram utilizados, dando um suporte para investigação das propriedades de dureza e alcalinidade da água de abastecimento do município de Cuité- PB e proporcionaram um bom embasamento teórico com relação aos equilíbrios em meio aquoso; envolvendo desde preparo de soluções, padronização de soluções, cálculos estequiométricos e aplicação de todos esses conhecimentos em amostras reais e sintéticas.

3.4 Alcalinidade das Águas Naturais

Entre as impurezas encontradas na águas, existem aquelas que são capazes de reagir com ácidos, podendo neutralizar certa quantidade desses reagentes. Essas impurezas conferem às águas a característica de alcalinidade. Por definição, alcalinidade de uma água é a sua capacidade quantitativa de neutralizar um ácido forte, até um determinado pH. Para medir alcalinidade em laboratório, utiliza-se ácido sulfúrico.

A alcalinidade é devida principalmente à presença de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Os compostos mais comuns são os seguintes: hidróxidos de cálcio ou de magnésio; carbonatos de cálcio ou de magnésio; bicarbonatos de cálcio ou de magnésio e bicarbonatos de sódio ou de potássio.

Mesmo as águas com pH inferior a 7,0 (5,5 por exemplo), podem, e, em geral, apresentam alcalinidade, pois normalmente contém bicarbonatos. Dependendo do pH da água, podem ser encontrados os seguintes compostos:

- Valores de pH acima de 9,4: hidróxidos e carbonatos (alcalinidade cáustica);
- valores de pH entre 8,3 e 9,4: carbonatos e bicarbonatos;
- valores de pH entre 4,4 e 8,3: apenas bicarbonatos.

Valores muito elevados de alcalinidade podem ser indesejáveis em uma água a ser utilizada para fins industriais, uma vez que podem ocasionar problemas de formação de depósitos e corrosão, de acordo com a utilização desta água.

Para águas superficiais, a alcalinidade abaixo de 30 mg/l é considerada baixa e acima de 250 mg/l é considerada elevada. Valores médios para águas dos rios rondam os 100-150 mg/l. Para além do efeito de tampão, minimizando as variações de pH, a alcalinidade reduz a toxicidade dos metais pesados, formando complexos com estes (BERTOLO, 2006).

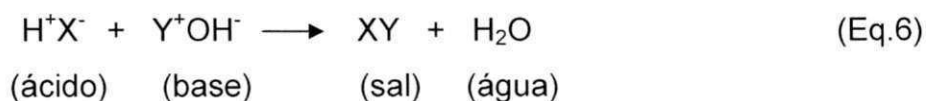
Estas alterações químicas e ecológicas no sistema aquático conduzem ao desequilíbrio da fauna e flora dos corpos de água, necessitando desta forma um controle sobre os índices de qualidade da água. Entre as análises incluídas destaca-se alcalinidade, material em suspensão, matéria orgânica e inorgânica dissolvida na água e fosfato total de nitrogênio (CARVALHO ; SCHLITTER ; TORNISIELO; 2010).

3.5 Volumetria de Neutralização

A Volumetria de Neutralização compreende a Acidimetria, que é a determinação da concentração de soluções ácidas por meio de soluções padrões de bases e Alcalimetria, que é a determinação da concentração de soluções básicas por meio de soluções padrões de ácidos. A teoria ácido-base é de grande importância, não só no estudo do equilíbrio químico, como também na resolução de problemas práticos. Uma das suas mais importantes aplicações é a determinação da quantidade de uma substância presente em uma solução, por meio de soluções de reagentes padrões adequadas cujas concentrações são exatamente conhecidas.

As soluções padrão utilizadas nas titulações de neutralização são ácidos ou bases fortes, porque essas substâncias reagem de forma mais completa com o analito do que as suas correlatas mais fracas. Portanto, as titulações de neutralização são largamente empregadas para determinar as quantidades de ácidos e bases. Além disso, podem ser utilizadas para monitorar o progresso das reações que produzem ou consomem íons hidrogênio.

Um grande número de substâncias, chamadas indicadores de neutralização ou indicadores ácido/base, mudam de cor de acordo com a concentração de íons hidrogênio na solução. A característica principal desses indicadores é que a mudança de cor observada em meio ácido para a cor observada em meio básico não ocorre abruptamente, mas dentro de um pequeno intervalo de pH, denominado faixa de viragem. (VOGUEL, 2002)



Além disso, numa titulação é necessário escolher um indicador que tenha o ponto de viragem mais próximo possível do pH da solução quando alcançado o ponto de equivalência. No caso da titulação de um ácido forte com uma base forte, onde o salto de pH (curva sigmóide) no ponto de equivalência seja bastante extenso, a escolha do indicador será menos crítica. A escolha adequada do indicador a ser

usado na titulação de um ácido ou de uma base é grandemente facilitada pelo condicionamento da curva de titulação do ácido ou da base, que fornece o pH da solução em função do volume de base ou ácido adicionado.

Alguns indicadores estão disponíveis para quase todas as faixas de pH, que varia de 1,1 a 2,2 com uma média de 1,6 unidades. (SKOOG, et. al.,2008). Observe a faixa de transição na tabela 01.

Tabela 01. Indicadores ácido/bases comuns

Nome Comum	Faixa de transição de pH	pKa*	Mudança de Cor **	Tipo de indicador ***
Azul de Timol	1,2 – 2,8	1,65	V - A	1
	8,0 – 9,6	8,96	A - Az	
Amarelo de Metila	2,9 – 4,0		V - A	2
Alaranjado de Metila	3,1 – 4,4	3,46	A - L	2
Verde de bromocresol	3,8 – 5,4	4,66	A - Az	1
Vermelho de metila	4,2 – 6,3	5,00	V - A	2
Azul de bromotimol	6,2 – 7,6	7,10	A - Az	1
Vermelho fenol	6,8 – 8,4	7,81	A - V	1
Purpura de Cresol	7,6 – 9,2		A - P	1
Fenolftaleína	8,3 – 10,0		I - V	1
Timolftaleína	9,3 – 10,5		I - Az	1

* Em força iônica de 0,1; ** Az=Azul; I = Incolor; A = amarelo; L = laranja; P= púrpura; V = Vermelho.

*** (1) Tipo ácido: $\text{HIn} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^+ + \text{In}^-$; (2) Tipo básico: $\text{In} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{InH}^+ + \text{OH}^-$.

Fonte: SKOOG, 2008.

Muitas substâncias de indicadores são obtidas de forma natural ou são sintéticas, exibem cores que dependem do pH da solução na qual estão dissolvidas. Algumas dessas substâncias têm sido utilizadas para indicar a acidez ou alcalinidade da água.

Nesse caso, o objetivo da titulação de neutralização de uma solução alcalina com uma solução padrão de um ácido é a determinação da quantidade de ácido que

é exatamente equivalente quimicamente à quantidade de base presente (VOGEL, 1981).

Assim, as titulações de neutralização são utilizadas para determinar inumeráveis espécies inorgânicas, orgânicas e biológicas que possuem propriedades ácidas ou básicas inerentes. Igualmente importante, entretanto, são as muitas aplicações que envolvem a conversão de um analito em um ácido ou em uma base por meio de tratamento químico adequado, seguido pela titulação com um padrão de ácido ou base forte (SKOOG, et. al., 2008).

3.6 Resinas de Troca Iônica

Resinas de troca iônica são polímeros insolúveis, contendo grupos funcionais capazes de realizar reações de troca iônica com cátions ou ânions presentes na água (SILVA, J. I. S et al, 2009).

Um trocador de íons deve, naturalmente, conter íons próprios, e que possa efetuar troca com rapidez suficiente, e em extensão que lhe dê um valor prático. O sólido deve ser uma estrutura molecular aberta, permeável, de modo que os íons e as moléculas do solvente possam mover-se livremente para dentro e para fora desta (VOGEL, 1981). Assim, a operação de troca iônica é a permuta entre íons presentes numa solução e íons sólidos presentes na resina representada na Figura 4.

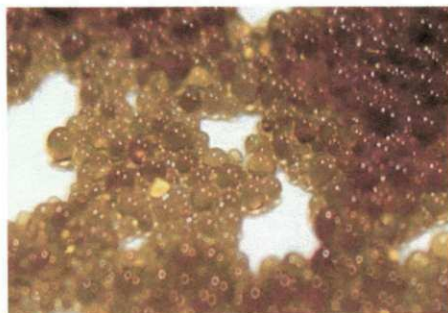


Figura 4 - Resina de troca iônica

Fonte - Dados pessoais da pesquisa

No entanto, algumas substâncias da resina de troca iônica podem ser de origem natural (certas argilas e alumino silicatos), como artificiais (óxido de titânio hidratado, fosfato de titânio, molibdofosfato amônico e zeólitas sintéticas). Todas essas substâncias apresentam propriedades trocadoras de íons, mas para fins analíticos, têm interesse principalmente em trocadores iônicos orgânicos sintéticos, embora alguns materiais inorgânicos, o fosfato de zirconila e o 12- molibdofosfato amônio, por exemplo, possuam também uma capacidade de troca de íons e tenham aplicações especiais (VOGEL, 1981).

As resinas de troca iônica sintéticas são constituídas, na sua maioria, de copolímeros do estireno, com divinil benzeno (D.V.B.), seguida da sulfonação, a qual pode ser representada na figura 5.

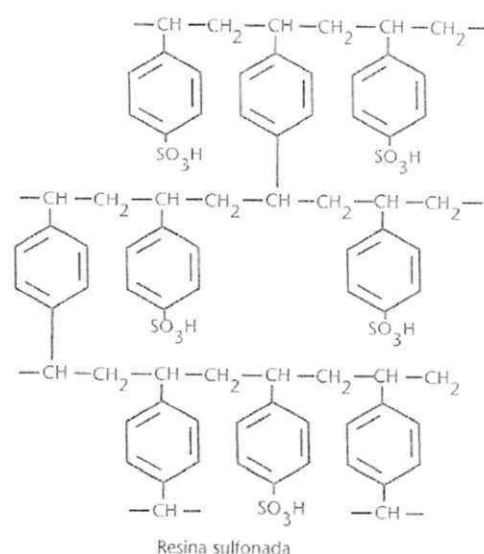


Figura 5 - Estrutura típica da resina sulfonada com estireno-divinilbenzeno.

Fonte - COLLINS et al., 2006.

3.6.1 Classificação das Resinas de Troca iônica

As resinas trocadoras de íons podem ser classificadas como aniônica ou catiônica, dependendo do caráter básico ou ácido, respectivamente, dos grupos iônicos presentes em sua estrutura sólida. A resina de troca aniônica apresenta grupos iônicos positivos, podendo reter e trocar ânions com solução em contato. Já

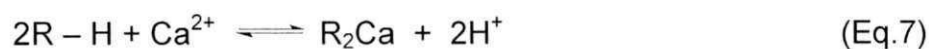
a resina de troca catiônica apresenta grupos iônicos negativos, retendo e trocando cátions com solução em contato (ALMEIDA, 1999).

As resinas também podem ser trocadoras fortes ou fracas de íons, dependendo do grau de dissociação, completo ou incompleto. A escolha da resina trocadora de íons para uma determinada aplicação deve ser baseada nas propriedades físicas e químicas do sistema (ALMEIDA, 1999).

3.6.1.1 Resina Catiônica de Ácido Forte

São produzidas por sulfonação do polímero com ácido sulfúrico. O grupo funcional é o ácido sulfônico, $-SO_3H$. Estas resinas trabalham em qualquer pH, separam todos os sais e requerem uma quantidade elevada de regenerante. Este é o tipo de resina é escolhida para quase todas as aplicações de abrandamento de água, pois apresenta alta capacidade de troca e é resistente a oxidação do cloro em temperaturas altas (SANTOS FILHO, 1981).

Na Figura 6, está representado um esquema da estrutura de uma resina de permuta iônica constituída por uma matriz polimérica, formada por estireno reticulado com divinilbenzeno (DVB) e um grupo funcional do tipo ácido (resina catiônica). As resinas de permuta iônica podem ser usadas em várias aplicações industriais, tais como, abrandamento de águas, aplicações hidrometalúrgicas e separações de produtos biológicos. No processo de desmineralização da água, coloca-se a água dura em contato com uma resina catiônica na forma H^+ e os íons responsáveis pela dureza podem ser permutados.



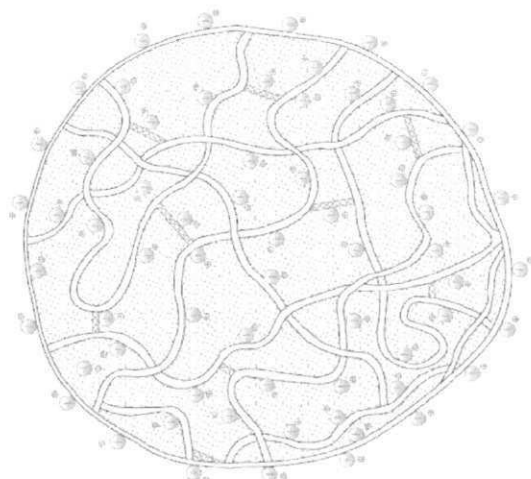


Figura 6 - Modelo de uma resina permuta iônica

Fonte - Fundamentos e Princípios Físico-Químicos, 2011.

3.6.1.2 Resina Catiônica de Ácido Fraco

O grupo funcional é um ácido carboxílico -COOH , presente em um dos componentes, principalmente o ácido acrílico o metacrílico. Este tipo de resina é altamente eficiente e não precisa de uma quantidade elevada de regenerante, estas resinas tem uma menor capacidade de troca iônica devido à variação na velocidade do fluxo e a baixas temperaturas.

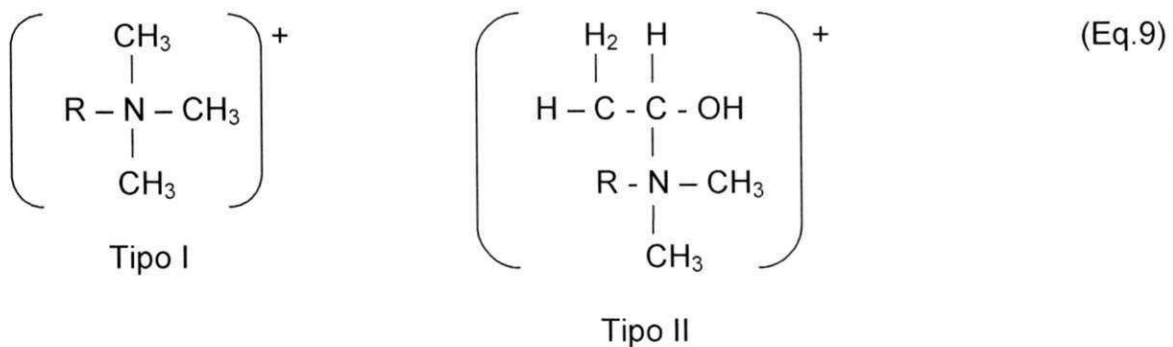
Essas resinas são usualmente, supridas na forma hidrogênica. São rapidamente transformadas na forma sódica por tratamento com hidróxido de sódio. Num pH mais baixo do que 3,5, existe a forma hidrogênica quase inteiramente na forma de ácido carboxílico pouco ionizado. A troca com íons metálicos ocorrerá em soluções somente quando estas estiverem associadas em soluções com ânions de ácidos fracos, em valores de pH acima de 4 (VOGUEL, 1981).

3.6.1.3 Resina Aniônica de Base Forte

São obtidas a partir da reação de estireno-DVB com aminas terciárias. O grupo funcional é um sal de amônio quaternário que retém o íon OH^- , como segue:



Essas resinas são divididas em duas classes; podem ser Tipo 1 (tem três grupos metil) e as de tipo 2 (um grupo etanol substitui um dos grupos metil).



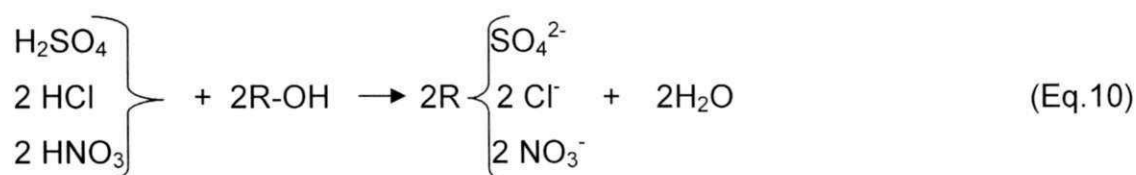
As resinas do tipo I são mais básicas e têm capacidade de troca menor do que as do tipo II quando operando em um número menor de níveis de regeneração (VOGUEL, 1981).

3.6.1.4 Resina Aniônica de Base Fraca

São resinas funcionalizadas com grupos de amina primária (NH_4), secundária (NHR), e terciária (NR_2). Podem ser aplicadas na adsorção de ácidos fortes com boa capacidade, mas sua cinética é lenta.

Essas resinas são usadas em conjunto com resinas catiônicas para desmineralizar águas quando não se necessita de água livre de sílica. Essas resinas só removem ânions fortes, tais como sulfato, cloreto e nitrato, não removendo ânions fracos, como os bicarbonatos e silicatos. (SANTOS FILHO, 1981).

Para efeito de simplicidade representa-se a resina com fórmula $\text{R} - \text{OH}$. Estas resinas na presença de ácidos minerais fortes teriam o seguinte comportamento:



3.6.2 Utilização das Resinas de Troca iônica

As resinas de troca iônica são aplicadas em várias áreas como no tratamento de águas, resíduos nucleares, indústria alimentícia, indústria farmacêutica, agricultura e metalúrgica.

Na área de tratamento de água, as resinas são muito utilizadas em processos de abrandamento ou desmineralização, que consiste na remoção total ou parcial de cálcio e magnésio nela presentes, quase sempre na forma de bicarbonatos, sulfatos e cloretos. Esse abrandamento permite reduzir a concentrações de sais causadores da dureza da água a valores muito baixos ou mesmo a zero. Assim, o abrandamento por troca iônica, é um processo econômico, altamente efetivo, principalmente quando água bruta contiver uma elevada concentração de dureza.

O processo de separação dos íons da dureza se dá por uma técnica analítica, chamada de cromatografia por troca iônica, a qual consiste em um método



tendo como base um processo dinâmico de permuta iônica ocorrendo entre a fase móvel e grupos de troca iônica ligados ao material de suporte. Com as colunas de troca catiônica ou aniônicas são usadas soluções diluídas de íons como eluente para separar, respectivamente cátions ou ânions.

Os resultados de separação de troca iônica podem ser influenciados pela variação de pH, do solvente ou do eluente, a temperatura, a natureza da resina de troca iônica, o tamanho da partícula, a velocidade do fluxo do eluente e o comprimento da coluna (VOGUEL, 1981).



4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Informações do Abastecimento de água do Município de Cuité

O açude Boqueirão do Cais que abastece o município de Cuité- PB, está situado na região da Borborema, Mesorregião do Agreste Paraibano e mais precisamente na Microrregião do Curimataú Ocidental, fixando-se há 9 km da sede do município (RODRIGUEZ, 2002).

O Estado da Paraíba está dividido em 11 bacias hidrográficas e 123 açudes monitorados pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs). Neste contexto, destaca-se o Açude Boqueirão do Cais (Figura 7 e 8 respectivamente), com as seguintes coordenadas geográficas: Latitude $6^{\circ}31'31.53''S$ e Longitude $36^{\circ}6'38.16''O$. Inserido, hidrograficamente, na Bacia Hidrográfica do Rio Jacú, município de Cuité – PB (BELMINO, 2010).



Figura 7 - Açude Boqueirão do Cais

Fonte - Dados pessoais da pesquisa.



Figura 8 - Pontos de Coleta no Açude Boqueirão do Cais, foto satélite ano 2007.

Fonte - Google Earth 2011

De acordo com dados coletados do monitoramento realizado pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA) em 2011, o açude Boqueirão do Cais apresenta uma capacidade máxima de 12.367.300 m³ e atualmente está com um volume de 5.320.880 m³, o que representa 43 % de sua capacidade total. Sendo assim, os índices pluviométricos da bacia hidrográfica poderá ter influência significativa quanto à dureza e alcalinidade da água do abastecimento do município que é feito pela Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), e de propriedade do Governo do Estado da Paraíba.

Nas instalações da CAGEPA próxima às margens do açude de acordo com a Figura 9, a qual se localiza a bomba de sucção que coleta a água, onde é feita uma pré-cloração. Essa água é levada para a cidade para receber o completo tratamento.

SECRETARIA DE AGUAS



Figura 9 - Instalação da CAGEPA às margens do açude.

Fonte - Dados pessoais da pesquisa

De acordo com censo 2010 (IBGE, 2010), o município de Cuité – PB comporta 19.851 habitantes, dos quais os domiciliados são abastecidos pela água de rede geral, e o restante da população é abastecido por poços e cisternas.

4.2 As amostras

As análises foram realizadas no laboratório de Química Analítica da UFCG Campus Cuité-PB. O processo de amostragem envolveu coletas de amostras de diferentes pontos da cidade (residências, Universidade, e CAGEPA) no período de novembro de 2010 a abril de 2011, conforme mostra a Tabela 02.

Tabela 02 - Pontos da coleta das amostras

Amostras Coletadas	
Pontos	Local da Coleta
P.A	Restaurante da Universidade
P.B	Água da caixa d'água da biblioteca da Universidade
P.C	Residência na R.: Pedro Ferreira de Medeiros, s/n – Próximo ao Centro de Saúde da Mulher.
P.D	Residência na R.: Caetano Dantas, s/n – Próximo ao Colégio Vidal de Negreiros.
P.E	Ponto de água pré-clorada da CAGEPA
P.F	Margens do açude, próximo ao criatório de Tilápias.
P.G	Margens do açude, próximo a sangria.
P. H	Laboratório de Q. Analítica – UFCG/CES

Fonte - Dados pessoais da pesquisa

4.3 Processo de Amostragem

As amostras foram coletadas observando-se o período de chuvas para posteriores comprovações dos resultados com índices pluviométricos comparados aos de dureza e alcalinidade da água.

As análises foram feitas em caráter quantitativo e qualitativo, analisando as amostras de diferentes pontos (Tabela 02). Essas amostras foram coletadas em triplicatas para cada ponto referido, armazenadas em frascos de polietileno e imediatamente colocadas no refrigerador do laboratório para posteriores análises.

Os pontos de coletas A, B, C, D e H, correspondem às amostras em diferentes localidades do município, ou seja, amostras que passaram por tratamento completo na CAGEPA. A figura 10 apresenta o Centro de Educação e Saúde/CES, onde são coletadas as amostras dos pontos A, B e H.



Figura 10 - Centro de Educação e Saúde/CES. (Pontos de Coleta)

Fonte - site - <http://ces.ufcg.edu.br/>

A amostra do ponto E, coletada nos tanques da CAGEPA, apresenta apenas uma pré-cloração, ou seja, foi coletada antes de receber todo o tratamento como coagulação, decantação, filtração e desinfecção.

Os pontos F e G (figura 8) correspondem às amostras de água “bruta”, coletados às margens do Açude do Boqueirão do Cais. A figura 11 ilustra os principais pontos de coleta do Município de Cuité – PB.



Figura 11 - Pontos de coleta no município de Cuité – PB

Fonte - Google Earth 2011

Entretanto, devem-se seguir alguns cuidados na coleta e armazenamento das amostras, que requer atenção especial na limpeza dos frascos, os quais devem ser lavados com uso de detergente neutro e enxaguados com água destilada, a fim de eliminar possíveis interferentes na amostra.

Após esse processo de amostragem, foram realizadas as análises laboratoriais utilizando métodos como a complexometria, titrimetria de neutralização, condutometria e medidas de pH.

4.3.1 Procedimentos para coleta de água no açude (BRASIL, 2006)

- a) Lavar bem as mãos com água e sabão.
- b) Coletar a amostra de água. Mergulhar o recipiente no leito do rio com mínimo de 20 cm de profundidade, para que nenhuma partícula em suspensão na superfície do açude interfira na análise;

- c) Encher pelo menos $\frac{3}{4}$ de seu volume.
- d) Tampar o frasco e identificá-lo, anotando o local, a data da coleta e o nome do coletor.
- e) Colocar o frasco da amostra em caixa térmica com gelo.
- f) Lacrar, identificar e enviar para o laboratório.

4.3.2 Procedimentos para coleta de água em residência (BRASIL, 2006)

- a) Lavar as mãos com água e sabão;
- b) Abrir a torneira e deixar escorrer a água por alguns minutos;
- c) Coletar a amostra de água;
- d) Encher com pelo menos $\frac{3}{4}$ de seu volume;
- e) Tampar o frasco, Identificá-lo, anotando endereço, a data da coleta e o nome do coletor;
- f) Marcar o frasco com o número da amostra, correspondente ao ponto de coleta;
- g) Colocar o frasco da amostra na caixa de isopor com gelo;
- h) Lacrar, identificar e enviar a caixa para o laboratório.



4.4 Titulação das amostras de água utilizando o método de complexometria (EDTA)

4.4.1 Preparo da Solução padrão de Sulfato de zinco (ZnSO_4) 0,01M

Pesou-se 0,807 g de sulfato de zinco (ZnSO_4), previamente seco em estufa à 110°C , entre 1 a 2 horas. Dissolveu-se em água destilada, transferindo para um balão volumétrico completando o volume para 500 mL.

4.4.2 Preparo e padronização da solução de EDTA 0,01 M

Pesou-se em um béquer 3,7224g do sal de EDTA suficiente para preparar 1 L de solução 0,01mol/L. Dissolveu-se a massa de EDTA em água destilada e transferiu-se para um balão volumétrico de 1000 mL. Padronizou-se o EDTA contra uma solução de sulfato de zinco (ZnSO_4), da seguinte forma:

Mediu-se 10 mL da solução de sulfato de zinco, transferiu-se para um erlenmeyer de 250 mL, adicionou-se 10 mL de tampão de pH=10 e alguns cristais do indicador eriocromo T. Titulou-se com o EDTA até a mudança de cor vermelha para azul. Esse procedimento foi realizado em triplicata para a confirmação dos resultados. Anotou-se os valores dos volumes gastos de EDTA em cada uma das alíquotas de 10,0 mL da solução de ZnSO_4 e calculou-se a concentração do EDTA.

4.4.3 Titulação das amostras de água

Os testes complexométricos foram realizados da seguinte forma: mediu-se em uma proveta 100 mL da amostra coletada, transferiu-se para um erlenmeyer de 250 mL. Em seguida adicionou-se 6 mL da solução tampão de NaOH e cristais do indicador murexida. Realizando-se a titulação com o EDTA em triplicata para cada ponto onde a amostra foi coletada, a fim de minimizar os erros provenientes na análise.

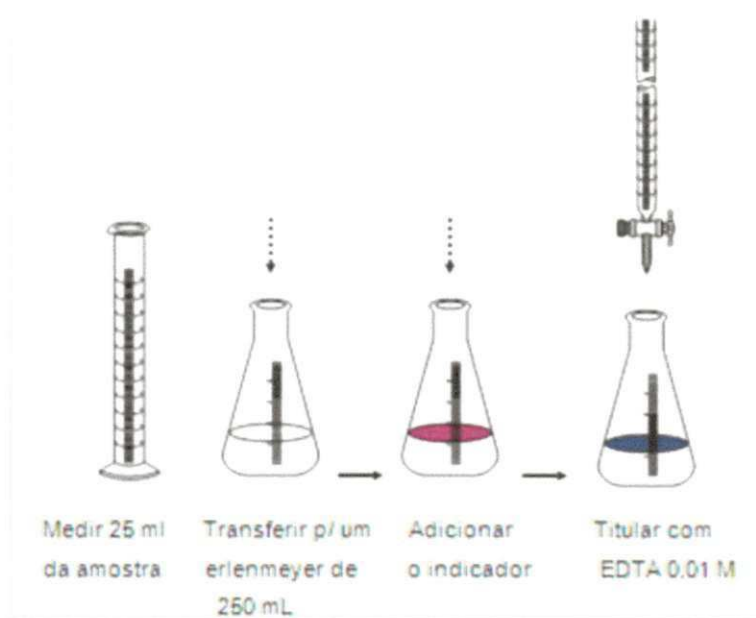


Figura 12 - Procedimento da análise da dureza

Fonte - (BRASIL, 2006).

4.5 Titulação das amostras de água utilizando o método de neutralização

4.5.1 Preparo da solução de carbonato de sódio

Para a preparação da solução de carbonato de sódio 0,02 N, secou-se 1,5 a 2,0 g de Na_2CO_3 grau padrão primário, a 250°C por quatro horas. A amostra foi resfriada em dessecador. Em seguida, pesou-se 1,06 g e dissolveu em 250 mL de água destilada e completou-se o volume para 1000 mL com água destilada em balão volumétrico (BRASIL, 2006).

4.5.2 Padronização da Solução de H_2SO_4

Colocou-se 50 mL de uma solução de carbonato de sódio 0,02 N em um frasco de erlenmeyer de 250 mL e adicionou-se 5 gotas do indicador alaranjado de metila. Titulou-se com H_2SO_4 0,02 N até a viragem do indicador para a leve coloração avermelhada. Anotou-se o volume do ácido gasto. Calculou-se a normalidade correta (BRASIL, 2006).

4.5.3 Titulação das amostras de água

Os testes de neutralização foram realizados da seguinte forma: mediu-se 50 ml da amostra coletada e colocou-se em um Erlenmeyer de 250 mL. Em seguida adicionou-se 5 gotas de indicador de alaranjado de metila, realizando-se a titulação com H_2SO_4 0,02 N, até a mudança de cor amarelo para alaranjado, nas quais para cada ponto da amostra coletada a titulação foi feita em triplicata, a fim de evitar erros na análise. Anotou-se o volume total de H_2SO_4 gasto (V) em mL, para posteriores cálculos.

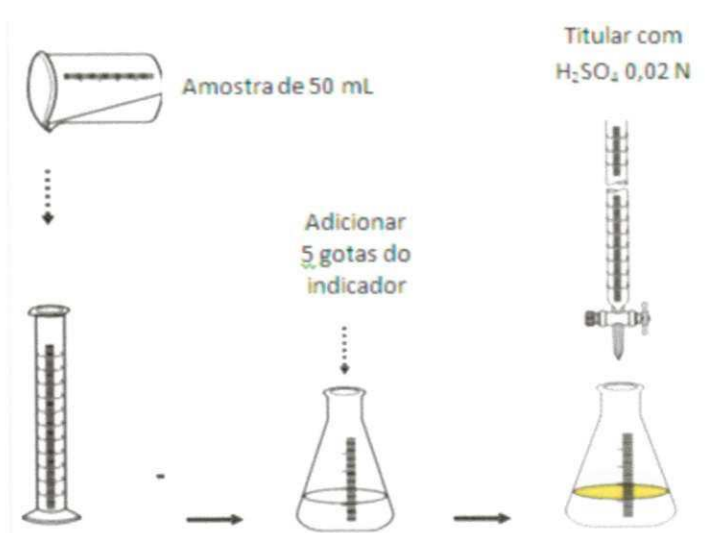


Figura 13 - Procedimento da análise da alcalinidade

Fonte - (BRASIL, 2006)

UFPA/BIOTECNA

4.6 Análise Condutométrica

Para se medir a condutividade de uma solução, esta é posta numa célula cuja constante tenha sido determinada por calibração com uma solução padrão de condutividade conhecida (146,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$) e de temperatura de aproximadamente 25°C. Após a realização do processo de calibração foram inseridos a célula e o sensor na amostra de água até a estabilização da leitura. Esse procedimento foi realizado para as demais amostras que foram submetidas à análise.

4.7 Análise de pH

A análise do pH das amostras de água foi realizada através do método potenciométrico. Foi utilizado um potenciômetro (pHmetro) PHS – 3B.

O aparelho foi ligado por um período de 30 minutos, para a estabilização da corrente elétrica. Lavou-se o eletrodo várias vezes com água destilada e enxugou-o com papel absorvente, e em seguida realizou-se a calibração do equipamento com soluções tampões de pH 5,0 e 8,0. Após a calibração, lavou-se novamente o eletrodo para a realização das análises.

O eletrodo limpo e seco foi inserido dentro de um tubo de ensaio contendo a amostra de água. Através do dial colocou-se a amostra em contato com o sistema eletrônico do aparelho, estabelecendo o pH da água em estudo. Repetiu-se o mesmo procedimento 3 vezes para cada amostra dos diferentes pontos de águas coletadas.

4.8 Metodologias Desenvolvidas

4.8.1 Aquecimento das águas coletadas

Com o objetivo de verificar as influências das águas após o aquecimento, foi realizado o seguinte procedimento:

Colocou-se em um béquer aproximadamente 500 mL de água da amostra do ponto (A) coletada em janeiro de 2011, utilizando um agitador magnético com aquecimento (Figura 14), em uma temperatura de 150°C sob agitação constante, deixando a água ferver por cerca de 30 minutos. Desligou-se o aparelho e reservou-se a amostra para o resfriamento até a temperatura ambiente. Após este período, condicionou-a em um frasco de polietileno para a realização da titulação complexométrica. O mesmo procedimento foi realizado com a amostra do ponto C, com diferença no tempo de aquecimento (fervura) igual a 40 minutos.

Para as medidas do pH e condutividade, foi previamente realizado o mesmo procedimento de aquecimento da água. As amostras utilizadas foram do ponto (C) coletada em janeiro de 2011.



Figura 14 – Aquecimento da amostra

Fonte - Dados pessoais da pesquisa

Para as amostras coletadas em fevereiro, utilizou-se o procedimento similar ao anterior sendo com amostras dos pontos (A),(B),(C) e (D), distribuídas em 4 béqueres separadamente, deixando-as sob aquecimento por cerca de 10 minutos. Após o resfriamento condicionou-se as amostras em frascos de polietileno para as análises complexométricas.

4.8.2 Preparação de Coluna de Adsorção com Resina de Troca iônica

A resina de troca iônica utilizada para as análises é do tipo mista, ou seja, a coluna foi preparada a partir de uma resina de troca iônica catiônica e aniônica de proporções desconhecidas, a qual foi fornecida pelo Prof. Drº Kepler B. França (UFCG).

Para a preparação das colunas de adsorção, pesou-se aproximadamente 64,33 g de resina mista. Colocou-se em um recipiente plástico, adicionou-se NaCl (sólido) e deixou-se em repouso por 24 horas para a regeneração da mesma, como mostra a figura 15.



Figura 15 - Regeneração da resina de troca iônica com NaCl (sólido)

Fonte - Dados pessoais da pesquisa

Em seguida, retirou-se a resina de troca iônica do recipiente plástico, colocou-se em vários sistemas de filtração simples (figura 16), a qual foi lavada repetidas vezes com água destilada para a retirada do NaCl utilizado no processo de regeneração.



Figura 16 - Processo de Filtração da Resina de Troca Iônica

Fonte - Dados pessoais da pesquisa

UFPA BIBLIOTECA

4.8.3 Preparação e condicionamento de cartucho da Extração da Fase-Sólida (SPE) com Resina de Troca Iônica

Inicialmente, preparou-se um cartucho adaptado de SPE (Extração da Fase Sólida), utilizando-se de uma seringa descartável de 10 mL, provida de um chumaço de algodão em sua parte inferior para evitar o escoamento da resina. Preencheu-se a coluna com a resina de troca iônica até o volume de 8 mL, colocando um chumaço de algodão no alto do leito da resina. A figura 17 e 18 mostra a comparação de um cartucho adaptado de SPE e um cartucho SPE C18-E vendido comercialmente para as práticas analíticas.



Figura 17 - Cartucho adaptado SPE com Resina de Troca Iônica

Fonte - Dados pessoais da pesquisa



Figura 18 - Cartucho SPE C18-E

Fonte - Dados pessoais da pesquisa

Após o processo de empacotamento, lavou-se a resina de troca iônica por repetidas vezes com água destilada com um volume de aproximadamente 150 mL de água. O eluato foi colocado em três tubos de ensaio para as medidas de pH e condutividade. Em seguida, realizou-se o mesmo procedimento para alíquotas de amostras de outros pontos de águas coletadas na CAGEPA.

4.8.4 Preparação de coluna de adsorção

Para a construção da coluna em maior escala, foi realizado o mesmo procedimento de empacotamento. Utilizando-se uma bureta de 25 mL, provida de um chumaço de algodão no fundo do tubo (acima da torneira), preencheu-se com a resina até um tamanho conveniente (40 cm de comprimento), ficando um espaço acima do recheio suficiente para colocar a fase móvel, tendo cuidado para que o leito da resina estivesse livre de bolhas de ar de modo que não formasse canais.

A construção de duas colunas de diferentes tamanhos tem como finalidade observar as mudanças nos valores de pH e da condutividade das amostras ao passarem por cada uma das colunas.

4.8.5 Destilação da amostra

Utilizou-se a destilação simples, a qual foi realizada com a amostra de abastecimento coletada no ponto (B), referente ao mês de fevereiro. Colocou-se em um balão de destilação, uma alíquota de 500 mL da amostra. Adicionaram-se algumas pérolas de vidro. Conectou-se o balão ao condensador e começou-se a destilação conforme a figura 19.

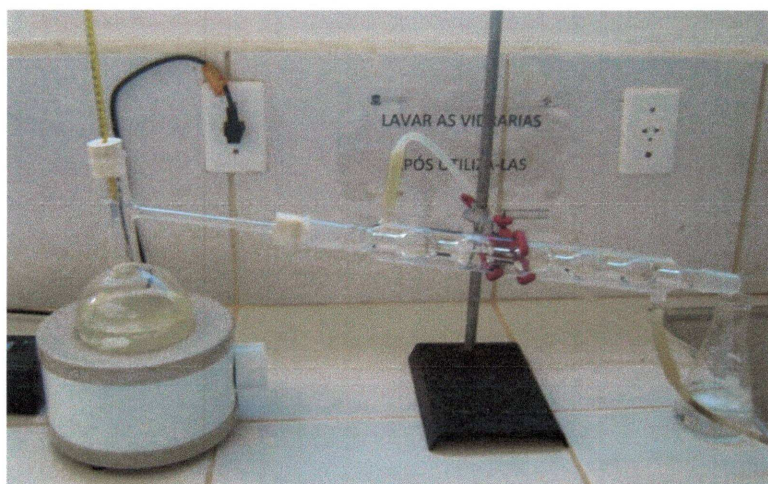


Figura 19 - Destilador Simples

Fonte - Dados pessoais da pesquisa

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

Observou-se a temperatura, a qual se manteve constante a 100°C até o final da destilação. Os volumes iniciais de água destilada foram eliminados a fim de evitar erros nas posteriores análises, o volume final foi de aproximadamente 400 ml, o qual foi condicionando em um frasco de polietileno devidamente limpo. A amostra de água destilada foi analisada em titulação complexométrica para a verificação da dureza da água.

4.8.5 Regeneração da Resina de Troca iônica por meio ácido e básico

A regeneração da resina trocadora de íons mista foi feita utilizando soluções de hidróxido de sódio (NaOH) e de ácido clorídrico (HCl), ambas à 5% preparadas previamente. Esse procedimento foi adotado com o intuito de averiguar a capacidade de troca iônica durante a regeneração da resina, que é medido através da condutividade elétrica da solução e o potencial hidrogeniônico (pH).

Para a regeneração da resina, fez-se uma coluna de cartucho SPE, utilizando-se de uma seringa de 10 mL, provida de uma lã de algodão, preenchendo-a com a resina até 8 mL e acima dela colocou-se um chumaço de algodão. Em seguida transferiu-se, com uma proveta, 10 mL da solução de NaOH a 5% no topo da coluna, reservou-se esse volume em um tudo de ensaio, no qual foi medido o pH e a condutividade, conforme o seguinte esquema:

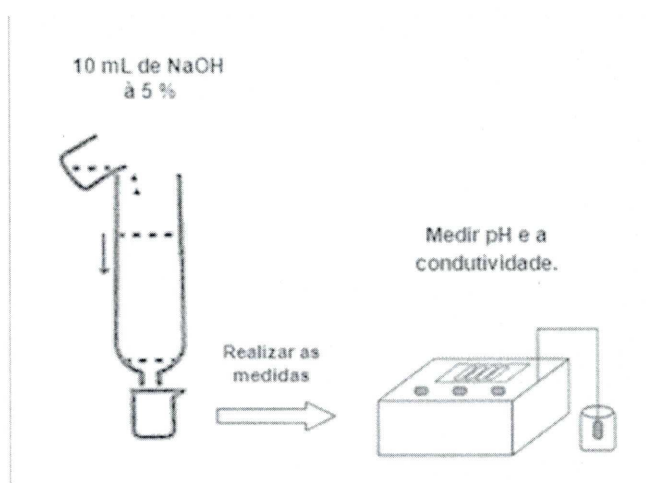


Figura 20 - Lavagem da resina de troca iônica com NaOH à 5%

Fonte - Dados pessoais da pesquisa

Utilizando-se uma proveta, mediu-se um volume de 10 mL da amostra do ponto (A), coletada em março de 2011, lavou-se a resina com a mesma. O eluato foi reservado em tubos de ensaio e efetuou-se as medidas de pH e condutividade. Esse procedimento foi realizado repetidas vezes, conforme mostra o esquema da figura 21.

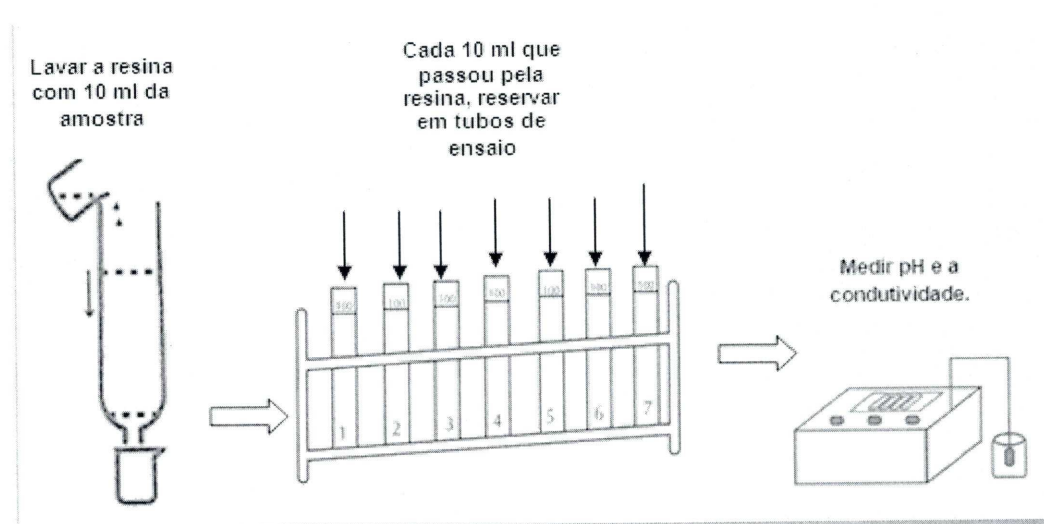


Figura 21 - Lavagem da resina de troca iônica com a amostra de água do abastecimento.

Fonte - Dados pessoais da pesquisa

UNIVERSIDADE
FACULDADE DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
ANÁLISE QUÍMICA

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Índice do teor de dureza encontrado nas amostras coletadas

Através da complexometria pode-se determinar a dureza das amostras coletadas nos diferentes pontos (A, B, C, D, E, F, G, H), realizados em triplicata para cada ponto.

Nas titulações complexométricas, podem ser utilizados vários tipos de indicadores. Neste trabalho foi utilizado o indicador murexida, que adicionado à solução (H₂O + NaOH) obteve-se uma coloração rósea (Figura 22).

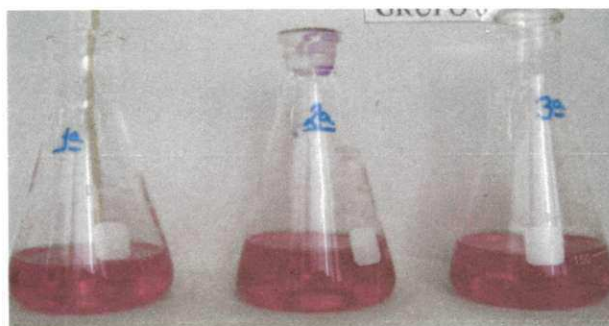
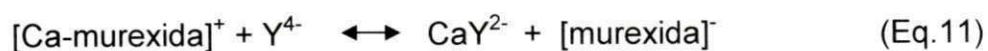


Figura 22 - solução H₂O + NaOH + indicador

Fonte - Dados pessoais da pesquisa

Essa cor rósea é proveniente à presença de íons cálcio a solução alcalina contendo a murexida, devido à presença do complexo cálcio murexida, conforme mostra a figura 23.



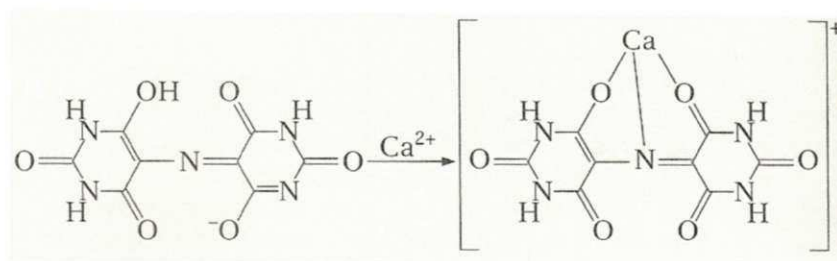


Figura 23 - Formação de complexo cálcio –EDTA

Fonte - BACCAN, et al, 2001

Assim, quando se inicia a titulação com adição de EDTA à solução alcalina, os íons de cátions livres são complexados primeiro, então no ponto de viragem, o cálcio é removido do complexo Ca-murexida, ocasionando a mudança de cor rósea para violeta intenso (Figura 24).

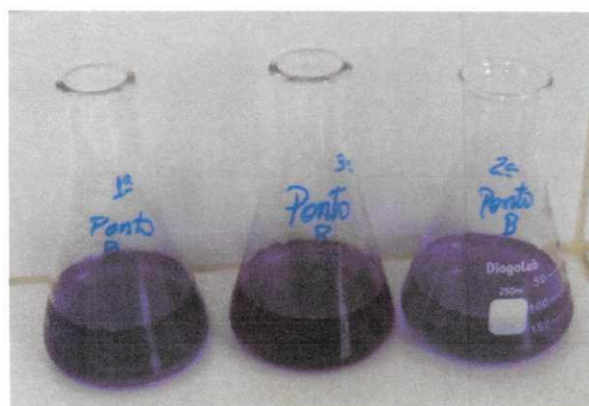
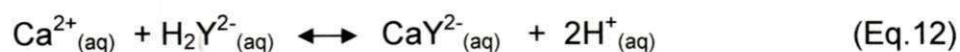
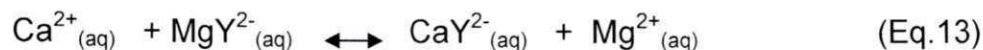


Figura 24 - Ponto final da titulação de complexação

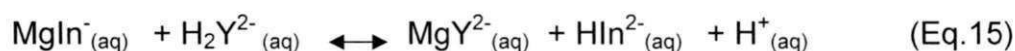
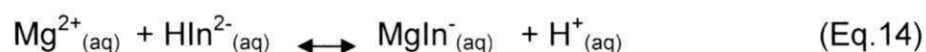
Fonte - Dados pessoais da pesquisa

Conforme o titulante H_2Y^{2-} for adicionado ao analito, ocorre a complexação com os íons Ca^{2+} e Mg^{2+} “livres” na amostra de água, para formar os respectivos íons complexos:





Entretanto, quando todos os íons cálcio tiverem sido complexados, os íons magnésio “livres” novamente se combinam com o EDTA até que o ponto final seja observado.



A partir das equações balanceadas, fica evidente que uma vez que a concentração molar do $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$ é conhecida, os moles dos íons da dureza da água presentes podem ser calculados. A razão estequiométrica é 1:1. Neste sentido, a dureza da água pode ser calculada, de acordo com a equação 16 (BACCAN, et al, 2011).

$$D = \frac{[C_{EDTA} \times V_{EDTA} \times MM_{\text{CaCO}_3}]}{V_{\text{água}}} \times 1000 \quad (\text{Eq.16})$$

$$D = \frac{[0,01 \text{ mol} / \text{L} \times 14,7 \text{ mL} \times 100,09 \text{ g} / \text{mol}]}{100 \text{ mL}} \times 1000$$

$$D = 147,13 \text{ mg de CaCO}_3/\text{L}$$

Para fins práticos (cálculos), assume-se que a dureza seja causada exclusivamente pelo Ca^{2+} , proveniente da dissolução do CaCO_3 , sendo expressa em mg por litro.

A tabela 03, apresenta a classificação da dureza da água em partes por milhão de carbonato de cálcio.

Tabela 03 - Classificação da dureza da água.

Dureza (ppm CaCO₃)	Classificação
< 15	Água muito mole
15 – 50	Água mole
50 - 100	Água de dureza média
100 – 200	Água dura
>200	Água muito dura

Fonte - MACÉDO, 2001.

No entanto, a portaria nº518/04 do Ministério da Saúde estabelece para a dureza da água o teor de 500 mg/L em termos de CaCO₃ como valor máximo permitido para água potável (BRASIL, 2004).

Após a titulação complexométrica realizada em triplicata, obtiveram-se os seguintes valores explicitados nas tabelas a seguir, as quais apresentam as análises das amostras coletadas no período compreendido de novembro de 2010 à abril de 2011, a fim de comparar mudanças nos valores da dureza da água com relação ao período de chuvas da região nas respectivas amostras.

Tabela 04 - Resultado das análises da dureza das amostras coletadas em novembro de 2010

Pontos de coleta	Volume gasto de EDTA (mL)			Valor médio dos Volumes (mL)	Resultado mg/L de CaCO ₃	VMP**
	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03			
P.A	14,2	14,5	14,5	14,5 mL	144,13	
P.B	14,0	14,3	14,1	14,13mL	141,43	
P.C	14,4	14,6	14,7	14,57mL	145,83	500 mg/L
P.D	14,0	14,1	14,1	14,06mL	140,73	de CaCO ₃

(**) Valor Máximo Permitido - Portaria 518/04 Ministério da Saúde.

Fonte - dados pessoais da pesquisa.

Tabela 05 - Resultado das análises da dureza das amostras coletadas em janeiro de 2011

Pontos de coleta	Volume gasto de EDTA (mL)			Valor médio dos Volumes (mL)	Resultado mg/L de CaCO ₃	VMP**
	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03			
P.A	14,8	14,5	14,8	14,7mL	147,13	
P.B	14,5	14,5	14,8	14,6 mL	146,13	
P.C	13,9	14,0	14,1	14,0 mL	140,13	500 mg/L
P.D	14,0	14,1	14,1	14,06mL	140,13	de
P.E	13,8	14,0	13,9	13,9 mL	139,12	CaCO ₃
P.F	13,8	13,6	13,0	13,5 mL	135,1	
P.A*	20,4	20,6	20,5	20,5 mL	205,18	

(*) Amostras de águas fervidas; (**) Valor Máximo Permitido - Portaria 518/04 Ministério da Saúde.

Fonte - dados pessoais da pesquisa.

Tabela 06 - Resultados das análises da dureza das amostras coletadas em fevereiro de 2011

Pontos de coleta	Volume gasto de EDTA (mL)			Valor	Resultado mg/L de CaCO ₃	VMP**
	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03	médio dos Volumes (mL)		
P.A	13,6	13,6	14,0	13,73 mL	137,42	
P.B	14,5	14,4	14,4	14,37 mL	143,83	
P.C	14,0	13,8	13,7	13,83 mL	138,42	
P.D	14,3	14,7	14,1	14,37 mL	143,37	
P.E	15,0	14,3	14,8	14,7 mL	147,13	500
P.F	13,9	13,7	13,5	13,7mL	137,12	mg/L de
P.G	14,2	14,2	13,7	14,03 mL	140,03	CaCO ₃
P.A*	20,5	21,1	21,4	21,0 mL	210,19	
P.B*	21,3	21,3	21,0	21,0 mL	212,19	
P.C*	20,7	20,3	20,4	20,5mL	204,78	
P.D*	21,6	21,5	20,4	21,2mL	211,89	
P.A®	3,7	3,7	3,6	3,7 mL	37,03	
P.B₁	1,2	0,6	1,0	0,93 mL	9,31	

(*) Amostras de águas fervidas ; (**) Valor Máximo Permitido – Portaria 518/04 Ministério da Saúde; **P.B₁** – Amostra do ponto B destilada ; **P.A®** – Amostra do ponto A após passar pela resina de troca-iônica. **Fonte** - Dados pessoais da pesquisa.

Conforme os valores explicitados na tabela 04,05 e 06, pôde-se perceber que as amostras dos diferentes pontos de coleta, apresentaram valores menores de dureza nos meses de novembro de 2010, janeiro e fevereiro de 2011. Os teores encontrados indicam que a água encontra-se com classificação de “dura”, exceto as amostras fervidas convencionalmente dos pontos (A), (B), (C) e (D), tiveram os valores de dureza total aumentados, classificando-se em água “muito dura”. Todos esses valores demonstram que o ato de ferver a água de abastecimento de maneira convencional provoca um aumento da dureza nas águas de abastecimento, devido à precipitação de sais.

Na amostra do P.B₁, referente à tabela 06, a qual foi destilada pelo destilador simples, houve uma diminuição no grau de dureza total, tendo como resultado um



valor médio de 9,31 mg/L de CaCO₃, confirmando que o processo de destilação da água promove uma diminuição de sais e íons que contribuem para a dureza e que provavelmente devem interferir em uma análise laboratorial.

As tabelas que se seguem, apresentam as análises realizadas nos meses de março e abril de 2011.

Tabela 07 - Resultados das análises da dureza das amostras coletadas em março de 2011

Pontos de coleta	Volume gasto de EDTA (mL)			Valor médio dos	Resultado mg/L de CaCO ₃	VMP**
	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03	Volumes (mL)		
P.A	15,1	16,0	16,5	15,86 mL	158,7	500 mg/L de CaCO ₃
P.B	15,9	16,5	16,5	16,30 mL	163,2	
P.C	15,0	16,5	15,3	15,3 mL	153,1	
P.D	15,0	15,6	15,3	15,3 mL	153,1	
P.E	15,3	15,5	15,3	15,37 mL	153,8	
P.F	14,3	14,8	14,8	14,63 mL	146,4	
P.G	15,0	14,5	14,6	14,6 mL	146,1	
P.H	15,1	14,9	15,0	15,0 mL	150,1	
P.A®	0,7	0,5	0,5	0,56 mL	5,60	
P.H®	0,3	0,5	0,5	0,43 mL	4,30	

(**) - Valor Máximo Permitido – Portaria 518/04 Ministério da Saúde; ® - Amostras analisadas após passarem por resina de troca-iônica. **Fonte** - Dados pessoais da pesquisa.

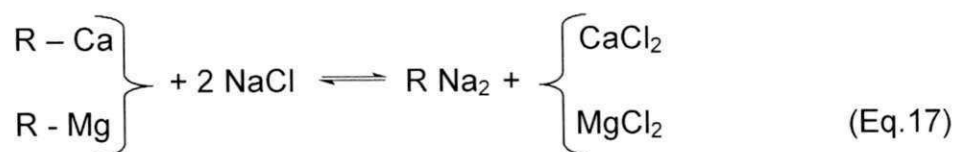
UFCC/ANLIS/OTICA

Tabela 08 - Resultados das análises de dureza das amostras coletadas em abril 2011

Pontos de coleta	Volume gasto de EDTA (mL)			Valor médio dos	Resultado mg/L de CaCO ₃	VMP**
	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03	Volumes (mL)		
P.A	14,4	14,0	14,5	14,3 mL	143,13	
P.B	14,5	14,7	14,5	14,6 mL	145,83	
P.C	13,6	14,1	13,6	13,76 mL	137,72	500
P.D	13,8	13,8	13,4	13,66 mL	136,72	mg/L de
P.E	13,8	13,7	13,4	13,63 mL	136,42	CaCO ₃
P.F	13,2	13,3	13,4	13,3 mL	133,12	
P.G	13,6	13,8	13,1	13,5 mL	135,12	
P.H	14,5	14,2	14,1	14,26	142,73	
P.H®	1,0	0,3	0,5	0,6	6,0	

(**) - Valor Máximo Permitido – Portaria 518/04 Ministério da Saúde; ® - Amostra analisada após passar por resina de troca-iônica. **Fonte** - Dados pessoais da pesquisa

As amostras de água que passaram pela resina tiveram a diminuição da dureza total de carbonatos, confirmando que o processo de abrandamento utilizando a resina de troca-iônica é eficaz, deixando o efluente com dureza em praticamente zero, pois os íons Ca²⁺ e Mg²⁺ ficam retidos na resina utilizada, a qual foi regenerada previamente com NaCl (sal grosso) que promove uma resina limpa e com capacidade de realizar abrandamentos.



A pesquisa realizada com resina de troca iônica indica que a regeneração da resina com excesso de NaCl a torna mais efetiva na remoção de dureza da água (SANTOS FILHO, 1981). Assim, o abrandamento da água por resina de troca iônica é uma alternativa para a melhoria da qualidade de águas, conforme mostra o gráfico 1.

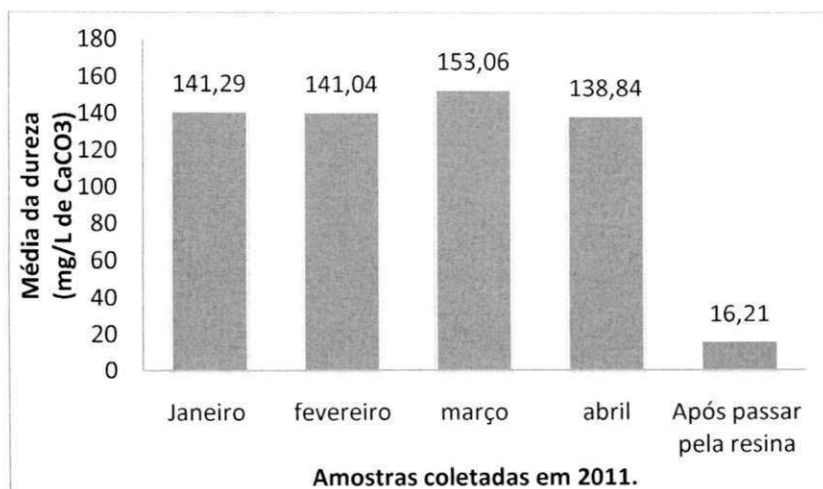


Gráfico 1 – Comparação da dureza das amostras de 2011.

Fonte – Dados pessoais da pesquisa

Com relação aos índices pluviométricos, as amostras coletadas no mês de março de 2011, apresentaram um aumento no valor da dureza total, fato evidenciado pela estiagem no município, ocasionando a concentração dos sais causadores da dureza. No mês de abril, houve a diminuição da dureza, devido à precipitação de chuvas no município.

Sabe-se que a “dureza” na água é causada essencialmente pela presença de sais de cálcio e magnésio, considerada “dura” quando existem valores significativos destes sais e “mole” quando contém pequenas quantidades. Através desse estudo, pode-se observar que com o aquecimento da água de abastecimento, sob constante evaporação, a amostra apresentou coloração amarelada e turva caracterizada pelo aumento da concentração desses sais causadores da dureza, o que foi comprovado através da titulação de complexação, cujos resultados estão explicitados nas tabelas 05 e 06. Além disso, esse aquecimento converte bicarbonato em carbonato (pela eliminação do CO₂) e causa a precipitação do CaCO₃ (HARRIS, 2003)

Esse fato torna-se relevante, visto que muitas pessoas utilizam-se dessa água para o cozimento de alimentos, principalmente porque o consumo direto de águas duras a longo prazo pode provocar mortalidade por doenças cardíacas. (BAIRD, 2002)

5.2. Índice de Alcalinidade das amostras coletadas

O índice determinado pelos químicos analíticos para representar a concentração real em água dos ânions básicos é proporcionado pelo valor de alcalinidade. A alcalinidade da água é representada pela presença dos íons hidróxido, carbonato e bicarbonato, os quais têm características básicas e reagem com soluções ácidas, ocorrendo à reação de neutralização.

A alcalinidade (mais propriamente chamada de alcalinidade total) é o número de mols de H^+ requerido para titular um litro de uma amostra de água até atingir o ponto final. Para uma solução contendo íons carbonato e bicarbonato, assim como OH^- e H^+ por definição (BAIRD, 2002):

$$\text{Alcalinidade Total} = 2[CO_3^{2-}] + [HCO_3^-] + [OH^-] + [H^+] \quad (\text{Eq. 18})$$

Esse teor de alcalinidade pode ser determinado pela titulação de neutralização, realizada em triplicata para cada ponto (A, B, C, D, E, F, G e H) de diferentes locais de amostras coletadas. Para determinação final da reação de neutralização usa-se um indicador, que na análise de alcalinidade utilizam-se comumente dois indicadores, com pontos de viragem em função das diversas formas de alcalinidade.

pH > 9,4 = Hidróxidos e carbonatos

8,3 < pH < 9,4 = Carbonatos e bicarbonatos

4,4 < pH < 8,4 = Apenas bicarbonatos

Não é possível a coexistência das três formas de alcalinidade numa mesma amostra, em função da reação química do íon bicarbonato com o íon hidróxido, pois o íon bicarbonato age como se fosse um ácido fraco na presença de uma base forte (MACEDO, 2001).



Para quantificação dos íons OH^- e CO_3^{2-} , o indicador mais utilizado é a fenolftaleína, sua faixa pH de atuação é de 8,3 a 9,8, em pH menor que 8,3 não apresenta coloração (incolor) enquanto acima de 8,3 assume a cor rosa (SILVA, 2010).

Neste estudo, foi utilizado como indicador o alaranjado de metila, pelo qual é determinada a alcalinidade total. O alaranjado de metila não muda de cor até que a solução seja levemente ácida (pH = 4); sob tais condições, não apenas todo íon carbonato da amostra foi transformado em bicarbonato, mas certamente todo íon bicarbonato foi transformado em ácido carbônico. (BAIRD, 2002)

A adição do indicador à amostra de água obteve-se a coloração amarela. (Figura 25).

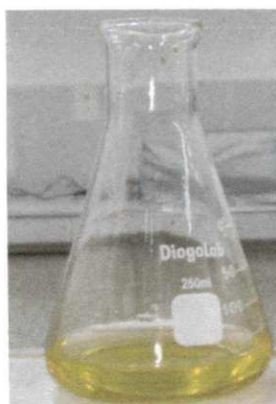


Figura 25 - H_2O + Indicador

Fonte - Dados pessoais da pesquisa

Ao se iniciar a adição de solução ácida, ocorreu primeiro a reação com o íon mais básico e a seguir com os mais fracos, até a mudança de coloração amarelo claro para laranja (Figura 26).



Figura 26 - Ponto de final da titulação de neutralização

Fonte - Dados pessoais da pesquisa

Após a titulação de neutralização, obtiveram-se os seguintes valores mostrados nas tabelas abaixo, as quais apresentam as análises das amostras coletadas no período compreendido de novembro de 2010 a abril de 2011, a fim de comparar com os dados com relação à alcalinidade nesse período.

Tabela 09 - Resultado das análises da alcalinidade das amostras coletadas em novembro de 2010

Pontos de coleta	Volume gasto de H ₂ SO ₄ (mL)			Valor médio dos Volumes (mL)	Resultado mg/L de CaCO ₃	VMP**
	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03			
P.A	8,2	7,9	8,3	8,13 mL	162,6	
P.B	8,1	8,0	8,2	8,1 mL	162,0	
P.C	8,0	7,7	8,3	8,0 mL	160,0	Não
P.D	8,2	7,9	8,0	8,03 mL	160,06	especificado

VMP** - Valor Máximo Permitido - Portaria 518/04 Ministério da Saúde.

Fonte - Dados pessoais da pesquisa

Tabela 10 - Resultado das análises da alcalinidade das amostras coletadas em janeiro de 2011

Pontos de coleta	Volume gasto de H ₂ SO ₄ (mL)			Valor	Resultado mg/L de CaCO ₃	VMP**
	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03	médio dos Volumes (mL)		
P.A	7,5	7,6	7,5	7,53mL	150,6	Não especificado
P.B	8,0	8,0	8,4	8,13mL	162,6	
P.C	8,0	8,6	8,5	8,4mL	168,0	
P.D	7,3	7,3	7,4	7,33mL	146,7	
P.E	8,5	8,3	8,3	8,4mL	168,0	
P.F	9,2	9,0	9,2	9,13mL	182,6	

VMP** - Valor Máximo Permitido - Portaria 518/04 Ministério da Saúde.

Fonte - Dados pessoais da pesquisa.

Tabela 11 - Resultado das análises da alcalinidade das amostras de fevereiro de 2011.

Pontos de coleta	Volume gasto de H ₂ SO ₄ (mL)			Valor	Resultado mg/L de CaCO ₃	VMP**
	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03	médio dos Volumes (mL)		
P.A	7,4	7,1	7,0	7,17 mL	143,4	Não especificado
P.B	7,6	7,6	7,7	7,63 mL	152,6	
P.C	7,0	7,0	6,8	6,93 mL	138,6	
P.D	6,5	6,5	6,7	6,57 mL	131,4	
P.E	7,8	7,7	7,7	7,73mL	154,6	
P.F	9,0	8,7	8,8	8,83 mL	176,6	
P.G	8,6	8,9	9,2	8,9 mL	178,0	

VMP** - Valor Máximo Permitido - Portaria 518/04 Ministério da Saúde.

Fonte - Dados pessoais da pesquisa.



Tabela 12 - Resultado das análises da alcalinidade das amostras de março de 2011.

Pontos de coleta	Volume gasto de H ₂ SO ₄ (mL)			Valor	Resultado mg/L de CaCO ₃	VMP**
	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03	médio dos Volumes (mL)		
P.A	7,6	7,0	7,2	7,27 mL	145,3	Não especificado
P.B	8,0	7,5	7,2	7,57 mL	152,3	
P.C	7,0	6,8	6,7	6,83 mL	136,7	
P.D	6,8	6,8	7,0	6,87 mL	137,3	
P.E	8,5	8,5	8,4	8,47 mL	169,4	
P.F	8,6	9,0	8,8	8,8 mL	176,0	
P.G	9,0	9,5	8,9	9,13 mL	182,7	
P.H	7,5	7,0	7,3	7,27 mL	145,3	

VMP** - Valor Máximo Permitido - Portaria 518/04 Ministério da Saúde.

Fonte - Dados pessoais da pesquisa.

**Tabela 13** - Resultado das análises da alcalinidade das amostras de abril de 2011.

Pontos de coleta	Volume gasto de H ₂ SO ₄ (mL)			Valor	Resultado mg/L de CaCO ₃	VMP**
	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03	médio dos Volumes (mL)		
P.A	7,2	7,5	6,8	7,17 mL	143,4	Não especificado
P.B	7,2	7,1	7,7	7,33 mL	146,6	
P.C	6,8	6,8	7,2	6,9 mL	138,6	
P.D	7,0	7,0	6,8	7,0 mL	140,6	
P.E	8,0	7,9	7,7	7,86 mL	157,2	
P.F	8,9	9,0	9,3	9,06 mL	181,3	
P.G	9,0	8,9	9,2	9,03 mL	180,6	
P.H	7,3	7,5	7,4	7,4 mL	148,0	

VMP** - Valor Máximo Permitido - Portaria 518/04 Ministério da Saúde.

Fonte - dados pessoais da pesquisa.

Os valores explicitados nas tabelas acima foram calculados através da seguinte equação:

$$\text{Alcalinidade Total em mg/L de CaCO}_3 = V_{\text{gasto}} \times 20 \quad (\text{Eq. 20})$$

$$\text{Alcalinidade Total} = 8,13 \times 20$$

$$\text{Alcalinidade Total} = 162,6 \text{ mg/L de CaCO}_3$$

Sendo assim, a alcalinidade total é a soma da alcalinidade produzida por todos estes íons presentes em uma amostra de água. Águas que percolam rochas calcárias (calcita = CaCO_3) geralmente possuem alcalinidade elevada e são menos suscetíveis a acidificação devido à considerável capacidade tamponante (SKOOG et al., 2008).

O carbonato de cálcio presente no solo reage com os íons hidrônio presentes na água, provenientes, em grande parte, da chuva, levando à formação de um sistema tampão (FIORUCCI, et. al., 2001).

Um outro ponto importante é que não existe um valor máximo permitido na legislação para a alcalinidade, mas sua relação com o pH (SILVA, 2010). Em outras palavras, a alcalinidade é a quantidade de substâncias presentes na água e que atuam como tampão e sua expressão se dá em mg/L de CaCO_3 (miligramas por litro de carbonato de cálcio). Se numa água quimicamente pura (pH=7) for adicionada pequena quantidade de um ácido fraco seu pH mudará instantaneamente. Numa água com certa alcalinidade a adição de uma pequena quantidade de ácido fraco não provocará a elevação de seu pH, porque os íons presentes irão neutralizar o ácido.

Conforme os dados mostrados nas tabelas, pode-se considerar que todas as amostras de águas analisadas apresentaram conformidade nos seus valores, sendo observado um aumento de alcalinidade nas amostras coletadas no açude, pontos (F) e (G). Esse aumento se deve as altas concentrações de CaCO_3 presentes no solo, visto que a região do semi-árido nordestino é propício à altos valores salinidade, associados ao clima seco sob constante evaporação nas épocas de estiagem, assumindo que todo HCO_3^- se precipita no solo na forma de CaCO_3 e a quantidade de calcário incorporada ao solo faz o pH aumentar, o que confirma a sua alta alcalinidade (EGREJA FILHO, et al. 1999).



As amostras de água coletadas na cidade apresentaram menores valores de alcalinidade. Assim, as águas do abastecimento são aceitáveis para o consumo humano.

5.3. Medidas de condutividade das amostras coletadas

A condutividade elétrica é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Este parâmetro está relacionado com a presença de íons dissolvidos na água, que são partículas carregadas eletricamente. Quanto maior for a quantidade de íons dissolvidos, maior será a condutividade elétrica na água, a qual também apresenta relação com a temperatura.

As medidas foram realizadas com condutivímetro para as análises das amostras de águas coletadas. A tabela 14 apresenta apenas os valores de dois pontos de coleta analisados; o ponto (C) da amostra coletada em novembro de 2010 e o ponto (A) da amostra coletada em janeiro de 2011.

Tabela 14 - Medidas de condutividade das amostras de água coletadas nos pontos A e C.

Medidas	Pontos da Coleta			
	P.A	P.C	P.A*	P.C**
Condutividade (mS/cm)	2,30	2,23	3,22	6,05
Temperatura (°C)	26,7	26,6	26,5	26,8

* P.A – amostra do ponto (A) após aquecimento (100°C);

** P.C - amostra do ponto (C) após ser fervida. **Fonte:** Dados pessoais da pesquisa

Os valores obtidos das amostras sem serem fervidas apresentaram uma linearidade com relação à condutividade e a temperatura, pois quanto maior a temperatura maior é a capacidade que a água possui de conduzir corrente elétrica. Já os valores das amostras após serem fervidas, tiveram um aumento significativo

na medida da condutividade em comparação com suas respectivas amostras sem serem fervidas. O aumento da condutividade em algumas amostras se deve a maior concentração de sais precipitados na água, provenientes do aquecimento que as amostras foram submetidas, bem como a relação com o tempo em que cada amostra ficou sob constante evaporação, pois quanto maior o tempo de evaporação dos líquidos maior é a precipitação dos sais presentes na água. Esse fato pode ser justificável para a diferença de condutividade das amostras fervidas do ponto A* e do ponto C**.

Nas tabelas que se seguem mostram os valores das amostras coletadas nos pontos (A, B, C, D, E, F, G e H), realizados em triplicatas para a comprovações dos resultados.



Tabela 15 - Medidas de condutividade das amostras coletada em fevereiro 2011

Pontos de coleta	Medidas de condutividade mS/cm			Média dos valores
	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03	
P.A	2,55	2,57	2,53	2,55 T = 26,9 °C
P.B	2,57	2,50	2,55	2,54 T = 27,0 °C
P.C	2,57	2,55	2,56	2,56 T = 26,7 °C
P.D	2,59	2,60	2,54	2,57 T = 27,2 °C
P.E	2,61	2,58	2,54	2,57 T = 26,7 °C
P.F	2,47	2,56	2,49	2,51 T = 27,5 °C
P.G	2,58	2,55	2,57	2,57 T = 27,4 °C
P.A*	2,93	3,00	3,06	3,00 T = 27,0 °C
P.B*	4,35	4,61	4,54	4,50 T = 27,2 °C
P.C*	3,58	3,47	3,37	3,47 T = 26,9 °C
P.D*	3,55	2,95	4,07	3,52 T = 27,1 °C
P.A®	2,35	2,35	2,30	2,33 T = 26,0 °C
Água Destilada®	0,378	0,384	0,390	0,384 T = 26,3 °C
Água Destilada	0,361	0,299	0,331	0,33 T = 26,5 °C

(*) – Amostras de água fervidas ; ® - Amostra de água após passar por resina de troca-iônica.

Fonte: Dados pessoais da pesquisa.

As amostras de água coletadas em fevereiro apresentaram valores aproximados de condutividade, exceto às amostras de água que foram fervidas, as quais tiveram um aumento na condutividade, comprovando que houve um aumento da concentração iônica dos sais dissolvidos na água.

Para fins comparativos de pureza da água destilada no laboratório, mediu-se a condutividade da mesma antes e após passar pela resina de troca iônica, a qual não apresentou variações significativas nos valores de condutividade, demonstrando que o grau de pureza da água destilada no laboratório encontra-se satisfatória para as análises laboratoriais.

Tabela 16 - Medidas de condutividade das amostras coletada em março 2011

Pontos de coleta	Medidas de condutividade mS/cm			Média dos valores
	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03	
P.A	2,20	2,17	2,20	2,19 T = 26,1 °C
P.B	2,23	2,22	2,21	2,22 T = 25,9 °C
P.C	2,23	2,21	2,23	2,22 T = 26,3 °C
P.D	2,25	2,22	2,25	2,24 T = 26,2 °C
P.E	2,17	2,17	2,22	2,19 T = 26,2 °C
P.F	2,20	2,27	2,18	2,22 T = 26,2 °C
P.G	2,19	2,15	2,22	2,19 T = 26,2 °C
P.H	2,19	2,18	2,15	2,17 T = 26,1 °C
Água Destilada	0,28	0,27	0,28	0,28 T = 25,6 °C

Fonte - Dados pessoais da pesquisa.

UFCC/PIB/INTECA

Tabela 17 - Medidas de condutividade das amostras coletada em abril 2011

Pontos de coleta	Medidas de condutividade ms/cm			Média dos valores
	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03	
P.A	2,20	2,11	2,22	2,18 T = 24,9 °C
P.B	2,03	2,22	2,24	2,24 T = 24,9 °C
P.C	2,17	2,20	2,16	2,16 T = 24,9 °C
P.D	2,22	2,23	2,22	2,22 T = 24,6 °C
P.E	2,23	2,15	2,19	2,19 T = 24,2 °C
P.F	2,30	2,31	2,29	2,3 T = 23,8 °C
P.G	2,25	2,26	2,29	2,27 T = 23,5 °C
P.H	2,21	2,29	2,16	2,22 T = 23,5 °C

Fonte - Dados pessoais da pesquisa.

Após o estudo realizado sobre condutividade observa-se que os valores apresentaram-se semelhantes. Apesar de não ser apresentado na legislação um valor máximo permitido para a condutividade, este pode ser relacionado à presença de sólidos na amostra da água analisada, pois os mesmos aumentam sua condutividade.

5.4 Medidas de pH das amostras coletadas

O pH é valor característico em soluções aquosas, que convencionalmente representa a sua acidez e alcalinidade. O controle da qualidade dessas substâncias pode ser realizado através da determinação de pH que indica a quantidade de íons

de hidrogênio existentes em uma solução. No campo do abastecimento de água o pH intervém na coagulação química, controle da corrosão, abrandamento e desinfecção.

A portaria nº518/04 do Ministério da Saúde recomenda que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,0 (BRASIL,2004). .

Os valores de pH para as amostras de diferentes pontos de coleta estão explicitados nas tabelas abaixo.

Tabela 18 - Medidas de pH para as amostras coletadas em novembro de 2010

	Pontos da coleta				
	P.A	P.B	P.C	P.D	P.C**
Medidas de pH	8,02	7,88	7,75	7,37	8,04

** P.C - amostra do ponto (C) após ser fervida. **Fonte** - Dados pessoais da pesquisa.

Tabela 19 - Medidas de pH para as amostras coletadas em janeiro de 2011

	Pontos da Coleta						
	P.A	P.B	P.C	P.D	P.E	P.F	P.A*
Medidas de pH	7,52	7,68	6,49	7,09	7,05	7,79	8,17

* P.A - amostra do ponto (A) após ser fervida. **Fonte** - Dados pessoais da pesquisa.

Conforme os valores obtidos através da análise, explicitados nas tabelas 18 e 19, pode-se observar que houve uma pequena variação de pH entre os meses de novembro de 2010, que variaram entre 7,37 à 8,04 (tab. 18), e janeiro de 2011, que variaram entre 7,05 à 8,17 (tab.19). Com relação às amostras fervidas, estas apresentaram um aumento no valor do pH, o que sugere um aumento da alcalinidade (basicidade) nas amostras analisadas, bem como o aumento da condutividade, pois a última é diretamente proporcional à ionização de substâncias dissolvidas no líquido. (OTENIO, et al. 2008).

UFCC / BIBLIOTECA

Tabela 20 - Medidas de pH para as amostras coletadas em fevereiro de 2011

Pontos de coleta	Medidas de pH			Média dos valores
	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03	
P.A	7,50	7,43	7,52	7,48
P.B	7,81	7,50	7,54	7,62
P.C	7,77	7,35	7,33	7,48
P.D	7,92	7,51	7,56	7,66
P.E	7,92	7,50	6,55	7,32
P.F	8,43	8,33	8,43	8,40
P.G	8,35	8,33	8,34	8,34
P.A®	3,57	3,50	3,50	3,52
Água Destilada®				
Água Destilada	8,15	6,32	8,08	7,52

® - Amostra de água após passar por resina de troca-iônica. **Fonte** - Dados pessoais da pesquisa.

Analisando os resultados da tabela 20, observa-se uma diminuição significativa de pH de abastecimento ao passar a amostra do ponto (A) pela coluna de resina de troca-iônica. No entanto, após medir o pH observou-se um aumento de acidez na água que passou pela resina dando um valor médio de **3,52**. Isso se deve provavelmente à presença de cloreto na solução. Quando a referida água passa pela resina, juntamente com a liberação de H^+ , o eluato adquire um caráter ácido.

Além disso, a desmineralização da água por resinas de troca iônica em estações de tratamento devem ser isentas o quanto possível de cloro e matéria orgânica, pois esses compostos causam a deteriorização das resinas (SANTOS FILHO, 1981).

O estudo realizado do pH para as amostras analisadas nos meses de março e abril de 2011, encontra-se uma média de 7,29 à 8,59, como apresentado nas tabelas 21 e 22, respectivamente.

Um outro ponto foi o aumento no valor de pH, nos pontos (F) e (G) das tabelas (21 e 22), as quais são amostras de águas "brutas", coletadas às margens do açude. Essas águas apresentam partículas orgânicas em suspensão



apresentando uma coloração esverdeada, além de minerais dissolvidos na água proveniente do solo rico em calcário.

Tabela 21 - Medidas de pH das amostras coletadas em março de 2011

Pontos de coleta	Medidas de pH			Média dos valores
	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03	
P.A	7,08	7,26	7,56	7,30
P.B	7,33	7,43	7,40	7,38
P.C	7,35	7,32	7,41	7,36
P.D	7,40	7,49	7,52	7,47
P.E	7,77	7,90	7,96	7,88
P.F	8,22	8,38	8,53	8,37
P.G	8,48	8,65	8,41	8,51
P.H	8,23	7,94	7,75	7,97

Fonte - Dados pessoais da pesquisa

Tabela 22 - Medidas de pH das amostras coletadas em abril de 2011.

Pontos de coleta	Medidas de pH			Média dos valores
	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03	
P.A	7,15	7,11	7,62	7,29
P.B	7,58	7,42	7,30	7,43
P.C	7,70	7,81	7,70	7,74
P.D	7,58	7,50	7,70	7,59
P.E	7,16	7,37	7,49	7,34
P.F	8,9	8,82	8,06	8,59
P.G	8,01	7,96	8,02	7,99
P.H	7,48	7,75	7,75	7,66

Fonte - Dados pessoais da pesquisa

No tocante, as amostras analisadas apresentaram conformidades nos valores de pH estabelecidos pela legislação (BRASIL, 2004).

5.5 Comportamento da resina de troca-iônica após tratamento com solução de HCl e NaOH

Em virtude das amostras de água de abastecimento se apresentarem ácidas após passarem pela resina, foi necessário tratar a resina utilizando soluções de hidróxido de sódio (NaOH) e de ácido clorídrico (HCl), ambas à 5%. O processo de regeneração é observado através das medidas de pH e da condutividade, quando esses valores se tornam constantes.

Para a análise desse efeito ácido e básico na resina de troca iônica, foi utilizado um cartucho adaptado SPE (figura 17), pois a troca iônica empregando SPE pode ser considerada uma técnica simples e relativamente barata a ponto de requerer apenas uma seringa plástica vendida em farmácias (LANÇAS, 2004).

O comportamento da resina foi acompanhado pela eluição com NaOH e depois esta foi lavada por diversas vezes (porções de 10 mL) com a amostra de água do ponto (A), coleta em março de 2011. A cada porção de 10 mL em que o eluente passava pela resina, media-se o pH e a condutividade. Observou-se, portanto, que o pH manteve-se básico, decaindo o seu valor até o volume de 50 mL, conforme o gráfico 2. A condutividade aumentou significativamente tendo um valor máximo de 98,65 mS/cm, conforme o gráfico 3.

Após o processo de eluição do NaOH pela resina de troca iônica, ocorre a retirada de minerais retidos, deixando íons OH^- em seu lugar, evidenciando o caráter básico da resina (SILVA, et al. 2009).

Assim, conforme foi eluindo-se a amostra pela resina, houve um decaimento nos valores, tanto em relação ao pH quanto os de condutividades, mostrados nos gráficos 2 e 3, respectivamente.

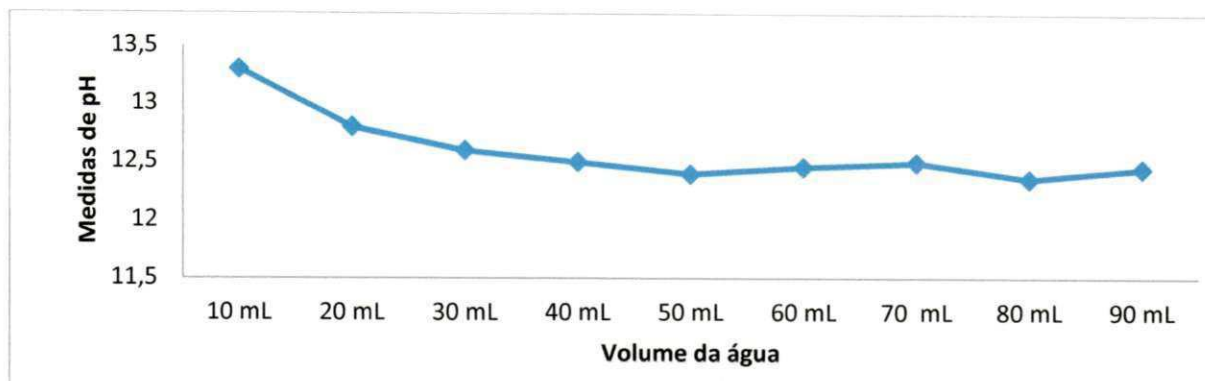


Gráfico 2 - Medidas de pH da amostra do ponto (A) eluída da coluna de troca iônica após regeneração com NaOH 5%. **Fonte** - Dados pessoais da Pesquisa

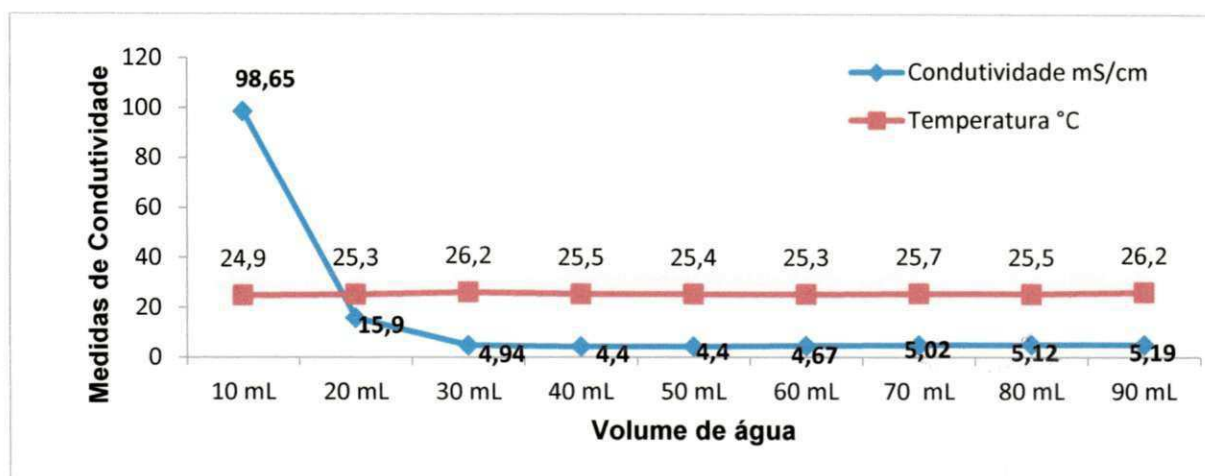


Gráfico 3. Medidas de condutividade da amostra do ponto (A) eluída da coluna de troca iônica após regeneração com NaOH 5%. **Fonte** - Dados pessoais da pesquisa

Nos gráficos 4 e 5, é apresentado o comportamento da resina pela eluição com HCl, seguida de lavagem por diversas vezes (porções de 10 mL) com a amostra de água do ponto (A), coleta em março de 2011. A cada porção de 10 mL em que o eluente passava pela resina, media-se o pH e a condutividade. Em decorrência, houve um aumento de pH até volume de 30 ml (gráfico 4) e permaneceu constante até os 90 ml de eluente da amostra. Este resultado deve-se provavelmente a uma saturação dos grupos ativos da resina, pelo fato de ter passado antes solução de NaOH e em seguida HCl, causando desta forma uma diminuição dos grupos ativos.

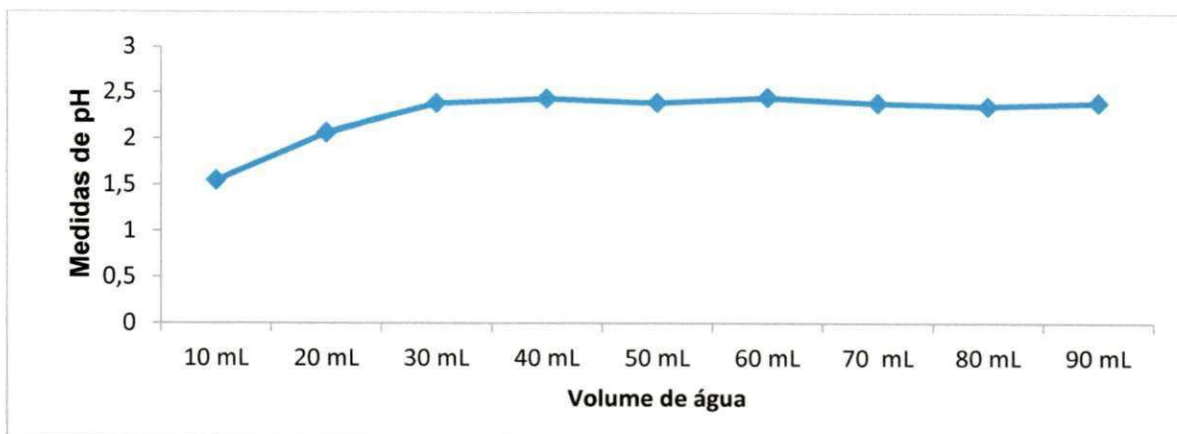


Gráfico 4 - Medidas de pH da amostra do ponto (A) eluída da coluna de troca iônica após regeneração com HCl à 5% **Fonte** - Dados pessoais da pesquisa

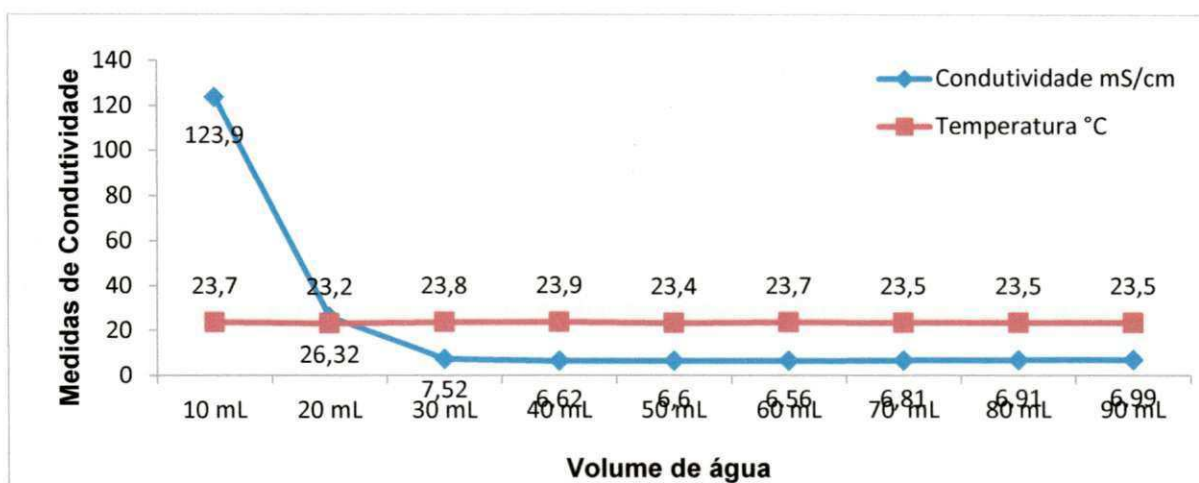


Gráfico 5 - Medidas de condutividade da amostra do ponto (A) eluída da coluna de troca iônica após regeneração com HCl à 5%. **Fonte** - Dados pessoais da pesquisa

Assim, pode-se observar que a resina de troca iônica é bastante vulnerável às soluções as quais foi exposta, evidenciando as interações ocorridas. A regeneração da resina pode ocorrer com adição das soluções alcalinas e ácidas por um período de tempo, até chegar ao equilíbrio de pH.

Nesse estudo, utilizou-se apenas 10 mL das soluções de NaOH e HCl, por um pequeno intervalo de tempo sendo necessário um maior período de eluição da resina para a total regeneração.

Além disso, a utilização do cartucho adaptado SPE, apresenta-se como uma instrumentação simples e viável, pois pode-se efetuar pequenas quantidades de resina dependendo do grau desejado de amostra a ser analisado, pois esse método permite passar pequenas quantidades de alíquotas da amostra pela resina, apresentando apenas uma desvantagem em relação à coluna empacotada na bureta, que pode ser atribuído a falta de controle da vazão do eluente pela resina, levando-se em consideração o tempo de retenção da amostra. Em relação ao tamanho da coluna, estas não apresentaram diferenças nos valores medidos.

No entanto, a observação desse comportamento da resina frente às soluções regenerantes (ácido e base), foi significativa para o aprimoramento da metodologia utilizada.

6. CONCLUSÕES

As amostras analisadas no período da pesquisa apresentaram conformidades com os padrões estabelecidos pela legislação do Ministério da Saúde. Os teores encontrados indicaram que a água possui classificação de “dura”, exceto nas amostras de águas fervidas, classificando-se em água “muito dura”, demonstrando que ao ferver a água de abastecimento de maneira convencional, provoca-se um aumento da dureza nas águas de abastecimento, os quais foram comprovados através da titulação de complexação.

As alcalinidades das amostras de águas analisadas apresentaram-se semelhantes nos seus valores medidos, sendo observado um aumento do seu valor em amostras coletadas no açude, as amostras dos pontos (F) e (G), devido as altas concentrações de CaCO_3 incorporada ao solo, aumentando também o seu valor no pH. Nas amostras de águas coletadas na cidade, apresentaram menores valores de alcalinidade e de pH, sendo portanto considerada dentro dos padrões de potabilidade estabelecido pela legislação da portaria nº 518/04 do Ministério da Saúde.

As medidas de condutividade apresentaram uma linearidade com relação à temperatura, exceto às amostras de água que foram fervidas, as quais tiveram um aumento na condutividade e no pH, comprovando que houve maior concentração iônica dos sais dissolvidos na água.

Observou-se também uma diminuição do pH nas amostras ao passarem pela resina, isso se deve provavelmente à presença de cloreto.

Além disso, as amostras de água que passaram pela resina tiveram a diminuição da dureza total de carbonatos, confirmando que o processo de abrandamento utilizando a resina de troca-iônica é eficaz, deixando o efluente com dureza em praticamente zero, sendo uma boa alternativa para a melhoria da qualidade da água do município de Cuité – PB.

Com relação aos índices pluviométricos, as amostras coletadas no mês de março de 2011, apresentaram um aumento no valor da dureza total, fato evidenciado pela estiagem no município, ocasionando a concentração dos sais causadores da dureza. No mês de abril, houve a diminuição da dureza, devido à precipitação de chuvas no município.

No tocante, todas as amostras de águas analisadas apresentaram valores aceitáveis preestabelecidos pela portaria 518/04 do Ministério da Saúde.

7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. M. **A Resina de Troca Iônica como Extrator Multielementar em análise de solos para fins de fertilidade**. Dissertação de Mestrado, Instituto de Química, Departamento de Química Analítica, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 1999. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/?code=vtls000224260>. Acessado em 25/05/11.

BACCAN, et al.; **Química Analítica Quantitativa Elementar**, 2ª edição, Editora Edgard Blücher LTDA, Campinas - SP, 1979.

BACCAN, et al. .; **Química Analítica Quantitativa Elementar**, 3ª edição, Editora Edgard Blücher LTDA, São Paulo – SP, 2001.

BAIRD, C. **Química ambiental** .2ª edição, Bookman, Porto Alegre, 2002.

BELMINO, F. B. B. **Caracterização do Processo de Implantação do Projeto de Cultivo da Tilápia oreochromis niloticus (linhagem chitralada), em tanques-rede no açude Boqueirão do Cais, Cuité – PB**. (Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Biologia) – Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, 2010.

BORGES, L. B. **Avaliação da Qualidade da Água do Corrêgo Samambaia, Goiânia/ GO**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Goiás, UEGO, 2009. Disponível em: http://www.unucet.ueg.br/biblioteca/arquivos/Dissertacao_Lucas_Bernardes_Borges.pdf. Acessado em 25/01/11.

BERTOLO, E. J. P. **Aproveitamento da água das chuvas em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – FEUP, 2006. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/abes23/IV-056.pdf>, acessado em 25/04/11



BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria n.º518, de 25 de março de 2004**. Dispõe sobre normas de potabilidade de água para o consumo humano. Brasília: SVS, 2004.

BRASIL, Fundação Nacional de Saúde. **Manual Prático de Análise de Água**. Brasília: Funasa, 2006.

CAVALHO, A. R.; SCHLITTLER, F. H. M.; TORNISIELO, V. L. **Relações da Atividade Agropecuária com Parâmetros Físicos Químicos da Água**. Química nova, São Paulo: Piracicaba – Universidade de São Paulo – USP/ESALQ/cena, V.23, N.5, p. 618-622, set./out.2000.

CAVALCANTI, B.F.; AGOSTINHO, L.C.L.; NASCIMENTO, L. **Determination of Alkalinity and dissociation constants of high salinity waters: use of F5BC titration function**. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/eq/v35n2/v35n2a09.pdf>, acessado em 30/01/11.

COLLINS, C. H.; BRAGA, G. L.; BONATO, P. S. **Fundamentos de cromatografia**, Campinas, Editora Unicamp, 2006.

EATON, A.D.; CLESCERI, L.S.; GREENBERG, A.E. **Standard Methods for the examination of Water and Wastewater**, American Public Health Association, Washington, 1995.

EGREJA FILHO, F.B.; MAIA, C.E.; MORAIS, E.R.C. **Método computacional para correção da alcalinidade de águas para fertirrigação**. Disponível em <http://sbcs.solos.ufv.br/solos/revistas/v23n2a24.pdf>, acessado em 25/05/11.

FIORUCCI, A.R.; SOARES, M.H.F.B.; CAVALHEIRO, E.T.G. **O conceito de Solução Tampão**. Disponível em <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc13/v13a04.pdf>, acessado em 25/05/11.

FUNDAMENTOS E PRINCIPIOS FÍSICO-QUÍMICOS, **Portal da Engenharia Química**. Disponível em: <http://labvirtual.eq.uc.pt>, acessado em 25/04/2011.

GRASSI, M. T. **As águas do planeta Terra**. Disponível em: <http://qnesc.sbq.org.br/online/cadernos/01/águas.pdf>. Acessado em 25/04/11.

HARRIS, C. D. **Análise Química Quantitativa**. Ed. LTC, Rio de Janeiro, 2001.

LANÇAS, F.M. **Extração em fase sólida (SPE)**. Editora RiMa, São Paulo, 2004.

LEHNINGER, Albert Lester. Lehninger. **Princípios de Bioquímica**; coordenação da tradução Arnaldo Antônio Simões, Wilson Roberto Navega Lodi. 4ªed. São Paulo: Sarvier, 2006.

MACEDO, J. A. B. **Águas & Águas: Métodos Laboratoriais**. 2ª Edição. Belo Horizonte: Ortofarma, 2001.

MELO, S.J.; SANTOS, A.N.S.; SILVA, D.D. Estudo Analítico de Propriedades Físico-Químicas da Água de Abastecimento do Município de Cuité-PB. **Anais da 62ª Reunião Anual da SBPC**. Natal, 2010.

MOTTA, Valter T. **Bioquímica Básica: Autolab - Análises Clínicas**. Disponível em: <http://www.gilvan.pro.br/bioquimica.pdf>, acessado em 30/01/2011.

OHWEILER, O. A. **Química Analítica quantitativa**. 1ª Ed. Editora S.A., Rio de Janeiro – RJ, 1974.

OTENIO, M. H.; PANCHONI, L.C.; CRUZ, G. C. A.; RAVANHANI, C. **Avaliação em escala laboratorial da utilização do processo eletrolítico no Tratamento de águas**. Disponível em <http://quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2008/vol31n3/07-AR07007.pdf>, acessado em 30/01/2011.

RODRIGUEZ, J. L. (Coord.). **Atlas escolar da Paraíba: espaço geo-histórico e cultural**. 3ª edição. Editora GRAFSET. João Pessoa, 2002.

UFPA/BIBLIOTECA

SILVA, D.D.; SANTOS, C. P; **Fundamentos e Práticas de Química Analítica Quantitativa**. Apontamentos III. pg. 15, 21.

SANTOS FILHO, D. F. **Tecnologia de Tratamento de água: água para a industria**. 1ª Ed. Editora Nobel S.A, São Paulo –SP, 1981.

SILVA, D. D. **Aplicação do Método da Adição do Padrão para Quantificação de Traços de Fenol em Efluentes usando Espectroscopia de Absorção Molecular e a Cromatografia Gasosa**. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN, 1998.

SILVA, J.F.R. **Avaliação Físico-Química e Microbiológica da água de Abastecimento do Município de Cuité – PB**. (Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura em Química) – Universidade Federal de Campina Grande , UFCG, 2010.

SILVA, J. I. S et al, Regeneração de resinas trocadoras de ions utilizando ácido sulfúrico e hidróxido de sódio. **2º Encontro Nacional de Tecnologia Química – ETEQUIN**, 2009.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, J.; CROUCH, S.R. **Fundamentos de química analítica**. 8ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

VOGEL, A.I. **Análise Inorgânica Quantitativa**. 4ª Ed. Editora Guanabara Dois. Rio de Janeiro – RJ, 1981.

VOGEL, A. I. **Química Analítica Qualitativa**, 6º Ed., São Paulo- SP. Mestre Jou, 2002.