



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I - CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

**JOÃO LOPES DA SILVA NETO**

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DE  
ABASTECIMENTO DE UMA CIDADE LOCALIZADA NO ALTO SERTÃO DO  
ESTADO DE PERNAMBUCO**

CAMPINA GRANDE - PB  
2013

**JOÃO LOPES DA SILVA NETO**

**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DE  
ABASTECIMENTO DE UMA CIDADE LOCALIZADA NO ALTO SERTÃO DO  
ESTADO DE PERNAMBUCO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à  
Universidade Estadual da Paraíba, em  
cumprimento à exigência para obtenção do grau  
Licenciado em Química.

**Orientadora:** Dr.<sup>a</sup> Vandeci Dias dos Santos

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL – UEPB

S586a      Silva Neto, João Lopes da.  
Análise físico-química de parâmetros de  
qualidade da água de abastecimento de uma cidade  
localizada no Alto Sertão do estado de Pernambuco  
[manuscrito] / João Lopes da Silva Neto. – 2013.  
34 f. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em  
Química) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro  
de Ciências e Tecnologia, 2013.

“Orientação: Prof. Dr. Vandeci Dias dos Santos,  
Departamento de Química.”

1. Água potável. 2. Qualidade da água. 3.  
Abastecimento de água. I. Título.

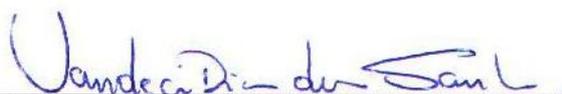
21. ed. CDD 628.1

**JOÃO LOPES DA SILVA NETO**

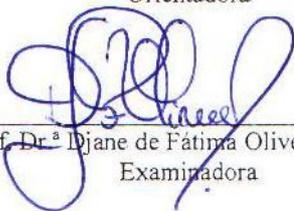
**ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DE PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA DE  
ABASTECIMENTO DE UMA CIDADE LOCALIZADA NO ALTO SERTÃO DO  
ESTADO DE PERNAMBUCO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à  
exigência para obtenção do grau Licenciado em  
Química.

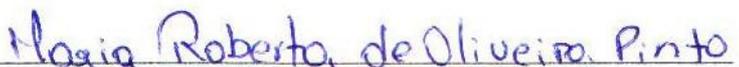
**Aprovado em:** 14 / 08 / 2013



Prof. Dr.<sup>a</sup> Vandeci Dias dos Santos / UEPB  
Orientadora



Prof. Dr.<sup>a</sup> Djane de Fátima Oliveira / UEPB  
Examinadora



Prof. Dr.<sup>a</sup> Maria Roberta de Oliveira Pinto / UEPB  
Examinadora

Aos meus pais Hailton Romero e  
Maria do Socorro Cavalcante e à minha  
irmã Uiara Cavalcante,

DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro, àquele que repõe minhas forças diariamente: Deus; o qual me desperta a cada amanhecer, estando eu pronto ou não.

Aos meus pais Hailton Romero e Socorro Cavalcante, por abdicarem de tanto e fazerem do meu sonho parte dos seus sonhos também.

À minha “irmã-modelo”, Uiara Cavalcante; sem a qual, provavelmente, não teria chegado aqui.

Aos companheiros de laboratório pela companhia em meio a tantos “aperreios”; aos companheiros de turma, em especial às inseparáveis Thayana Santiago e Geovânia Cordeiro, por tantos momentos bons (e ruins) compartilhados.

À minha “mãe” orientadora Dr.<sup>a</sup> Vandeci Dias, pelo conhecimento transmitido, pelo tempo dedicado e pelas oportunidades concedidas que tanto contribuíram para minha formação acadêmica.

À professora Dr.<sup>a</sup> Djane de Fátima, por ter me proporcionado novos conhecimentos ao me estender a mão em momento tão ímpar.

À professora Dr.<sup>a</sup> Roberta Oliveira, pela inspiração e pelo grande apoio na elaboração deste e de outros trabalhos.

Aos professores que contribuíram para minha formação acadêmica e que, acima de tudo, me fizeram ser um apaixonado pela ciência central: a química;

Por fim a todos que de alguma forma, direto ou indiretamente, contribuíram para minha vitória.

Obrigado.

“Os ideais que iluminaram o meu caminho são a bondade, a beleza e a verdade.”

*Albert Einstein*

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	10
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	11
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	12
3.1	A longa estiagem e a escassez de água potável	12
3.2	A seca no estado de Pernambuco	12
3.3	A água analisada	13
3.4	Parâmetros físico-químicos de qualidade da água	14
3.4.1	Potencial hidrogeniônico – pH	15
3.4.2	Alcalinidade	15
3.4.3	Gás carbônico (CO <sub>2</sub> ) livre	17
3.4.4	Dureza total	17
3.4.5	Cloro residual – Íons cloreto (Cl <sup>-</sup> )	19
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b>	20
4.1	Processo de amostragem aplicado à coleta das amostras	20
4.2	Métodos analíticos para determinação de cada parâmetro	20
4.2.1	Potencial hidrogeniônico – pH	20
4.2.2	Alcalinidade	20
4.2.3	Gás carbônico livre	21
4.2.4	Dureza total	21
4.2.5	Cloro residual – Quantificação de íons cloreto (Cl <sup>-</sup> )	21
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	22
5.1	Potencial hidrogeniônico – pH	22
5.2	Alcalinidade	22
5.3	Gás carbônico (CO <sub>2</sub> ) livre	24
5.4	Dureza total	24
5.5	Cloro residual – Íons cloreto (Cl <sup>-</sup> )	26
5.6	Valores comparativos dos parâmetros analisados	26
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	27
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	28

## RESUMO

O crescimento e desenvolvimento da humanidade dependem do fornecimento de água potável, evitando-se rejeição pelas pessoas, doenças e transtornos veiculados pela qualidade da água. Devido o longo período de estiagem e a seca que, em especial, o Nordeste brasileiro enfrentou e agravou-se entre 2012-2013, muitas cidades sofreram racionamento de água. Reservatórios não utilizados há anos e com águas poluídas foram alternativas para que a população não ficasse completamente sem água. Este trabalho de pesquisa teve como objetivo analisar a água de abastecimento de uma determinada cidade localizada no alto sertão do estado de Pernambuco, sob diversos parâmetros de físico-químicos de qualidade da água: pH, Alcalinidade total, Acidez total, Dureza total e Quantificação de Cloretos. As substâncias presentes na água compõem parâmetros de potabilidade que são estabelecidos atualmente pela Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde. Foram usados métodos analíticos descritos pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. A água apresentou teores muito elevados de acidez, caracterizando alto grau de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) livre; alta concentração de íons causadores de dureza da água e uma elevada concentração de íons cloreto presentes na amostra. A água foi classificada como imprópria para consumo humano.

## ABSTRACT

The growth and development of mankind depend on the supply of drinking water, avoiding rejection by the people, disorders and diseases transmitted by water quality. Due to the long period of drought and drought, in particular the Brazilian Northeast faced and deteriorated between 2012-2013, many cities suffered water shortages. Reservoirs unused for years and were non-potable water alternatives for the population would not be completely without water. This study aimed to analyze the water supply of a particular city located in the hinterland of the state of Pernambuco, under various physico-chemical parameters for quality water: pH, total alkalinity, total acidity, total hardness and quantification of chloride. The substances present in water potability parameters comprise that are currently established by Ordinance No. 2,914 of December 12, 2011 the Ministry of Health were used analytical methods described by Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. The water had very high levels of acidity, featuring high grade carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) free, high concentration of ions that cause water hardness and a high concentration of chloride ions in the sample. Given the results, the water was classified as unfit for human consumption.

## 1 INTRODUÇÃO

A água sempre foi essencial desde o começo da vida no planeta Terra e também durante a história da espécie humana, o *Homo Sapiens*. A dependência da água para qualquer forma de vida se faz para seu desenvolvimento e sobrevivência.

Mesmo sabendo que a água é um recurso não renovável e observando a sua importância para a sobrevivência e desenvolvimento econômico, as sociedades humanas poluem e degradam este recurso, com poluentes que podem atingir tanto as águas superficiais como as subterrâneas. Os recursos hídricos como lagos, rios e represas, sendo utilizados para diversos usos como o despejo de resíduos sólidos e líquidos e a destruição de áreas alagadas e das matas de galeria, têm produzido uma contínua e sistemática deterioração e perdas extremamente elevadas de quantidade e qualidade da água. Devido à propriedade de alta viscosidade da água, os mecanismos superficiais e naturais de retenção na superfície, como os lagos, represas e florestas fazem-se necessários para que não haja a perda de grande quantidade das reservas. Fato também ocorrido nos aquíferos, cujas reservas são recarregadas graças à cobertura vegetal (TUNDISI, 2003).

O longo período de estiagem que agravou-se no ano de 2012 atingiu várias regiões do país, principalmente o Nordeste do Brasil, e prejudicou em vários aspectos a população das regiões atingidas por esse fenômeno. A agricultura, as indústrias, pequenos empresários e toda a população, em todos os seus âmbitos, sofreram com a escassez de chuvas que se alongou durante todo o ano.

Tal fenômeno levou a escassez de água de qualidade à muitas cidades da região Nordeste do Brasil, levando os governos a tomar atitudes emergenciais para distribuição de água para a população. Em alguns casos, a qualidade da água quanto a potabilidade é duvidosa, despertando preocupações acerca do seu uso. Neste trabalho, foi analisada a qualidade dessa água sob diversos parâmetros, a fim de tornar conhecida a qualidade da água que vem sendo distribuída para a população da cidade que desta faz uso.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

- Analisar a água de abastecimento de uma determinada cidade do estado de Pernambuco, após passada pela Estação de Tratamento de Água (ETA) da cidade, sob diversos parâmetros físico-químicos de qualidade, confrontando-o com o Padrão de Potabilidade ora em vigor.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar o pH da água;
- Determinar a Alcalinidade total da amostra da água de abastecimento;
- Quantificar a presença de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) livre na amostra;
- Analisar e quantificar a Dureza Total na amostra de água, através de métodos volumétricos de complexação;
- Analisar o cloro residual na amostra de água, quantificando a presença de íons Cl<sup>-</sup> e sua influência na qualidade da água.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

### **2.1 A longa estiagem e a escassez de água de potável**

O longo período de estiagem, que no ano de 2012 agravou-se, atingiu várias regiões do país e prejudicou em vários aspectos a população das regiões atingidas por esse fenômeno.

A ausência de chuvas e a seca mantêm-se, agravando-se em várias regiões do país, entre elas, a região Nordeste, a mais afetada.

Estados nordestinos como o Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco vem sofrendo com a longa estiagem e já possuem uma grande percentagem de suas cidades, em especial os interiores, passando por racionamentos de água, muitas em estado de calamidade pública, tendo como único meio de distribuição carros-pipa, cisternas e caixas d'água comunitárias.

### **2.2 A seca no estado de Pernambuco**

A população do estado do Pernambuco está entre as que vem sofrendo com a seca. Em especial o sertão pernambucano sofre demasiado com a situação.

No período de pesquisa deste trabalho, em várias cidades do estado já não havia água nas torneiras e a população sobrevivia com a água que os carros-pipa distribuía, armazenando em caixas d'água comunitárias que ficam no meio das ruas.

Assim como São José do Egito, muitas cidades do estado de Pernambuco também sofrem com a falta de água que, quando chega, não vem em boa qualidade.

A capital pernambucana, Recife, também passou por racionamento de água em 74 dos 94 bairros da cidade. Quando anunciado o racionamento, a COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento) anunciou que as pessoas teriam água por 20 horas e depois passariam 28 horas sem. Mas, na prática, a população ficou sem o abastecimento por um período bem maior.

Em algumas cidades do Pernambuco, os reservatórios que abasteciam toda a cidade secaram. Reservatórios não utilizados há muitos anos e com águas poluídas foram alternativas para que a população não ficasse completamente sem água.

FIGURA 1: A água que já não chega nas torneiras e não possui boa qualidade é armazenada em caixas d'água comunitárias.



FONTE: Própria (2013)

### 2.3 A água analisada

Devido a grande ausência de chuvas no ano de 2012 e 2013, várias cidades da região Nordeste viram-se obrigadas a tomar atitudes de caráter emergencial, para suprir as necessidades dos seus habitantes.

Localizada no alto sertão pernambucano, a cidade que tem a água analisada distribuída é uma das cidades que mais vem sofrendo com a ausência prolongada de chuvas, e conseqüentemente de água potável.

A barragem de abastecimento da cidade não atingia seu nível máximo há anos e diante da longa estiagem que a cidade enfrentou, o reservatório esgotou e o abastecimento de água para a população ficou comprometido.

Neste município uma barragem com grande quantidade de água não potável e não utilizada há muitos anos tem sido “habitat” de animais como vacas e cavalos, assim como também servido de depósito a céu aberto para rejeitos de diversas origens, entre eles, matéria orgânica. Esta barragem foi vista como solução para o problema da ausência de água nas torneiras. O governo do município, em parceria com o governo do estado fez uma rápida obra a fim de levar a água desta barragem, após tratada, à

população. Nesta cidade, a água que vem sendo distribuída pela Compesa (Companhia Pernambucana de Saneamento) provém deste reservatório.

A água que hoje é tratada na ETA (Estação de Tratamento da Água) da cidade e distribuída para a população é utilizada para diversos fins cotidianos, entre eles: higiene, consumo oral, cozimento de alimentos, manutenção de pequenas indústrias, entre outros.

Há alguns meses a população têm-se reclamado da qualidade da água recebida em suas residências. Dos que utilizam desta para tomar banhos e consumo oral, houve queixas quanto à alteração muito perceptível no sabor e cheiro da água e a dificuldade em cozer alimentos; além de “coceiras” durante/após banhos e ressecamento de pele e cabelos foram os mais citados pelos moradores da cidade.

#### **2.4 Parâmetros físico-químicos de qualidade da água**

As substâncias presentes na água determinam seu conceito de qualidade estando relacionados com seu uso e características por ela apresentadas. Um conjunto de parâmetros compõe o padrão de potabilidade, que tornam a água própria para o consumo humano (BRASIL, 2011).

Esses parâmetros são estabelecidos pelo Ministério da Saúde em sua Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011, que estabelece os padrões de potabilidade para substâncias químicas (inorgânicas, orgânicas, agrotóxicos, cianotoxinas, desinfetantes e produtos secundários da desinfecção), com valores máximos permitidos; de radioatividade; além dos padrões de aceitação para o consumo humano para parâmetros como o cloreto, a dureza, cor aparente e turbidez.

A adequação da água para o consumo humano compõe-se de um tratamento analiticamente simples de transformação, consistindo da retirada e adição de substâncias da matéria-prima por meio de utilização reacional de fenômenos físicos, químicos e biológicos (BATTALHA e PARLATORE, 1993).

A Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde define água potável como aquela destinada para consumo humano cujos parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos atendam ao padrão de potabilidade e que não ofereça riscos à saúde.

### 2.4.1 Potencial hidrogeniônico – pH

O termo pH (potencial hidrogeniônico) segundo SAWYER et, al. (2002) é usado para expressar a intensidade da condição ácida ou básica de uma solução e é uma maneira de expressar a concentração do íon hidrônio. BRANCO (2003) informa que nas águas naturais as variações destes parâmetros são ocasionados geralmente pelo consumo e/ou produção de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), realizados pelos organismos fotossintetizadores e pelos fenômenos de respiração/fermentação de todos os organismos presentes na massa de água, produzindo ácidos orgânicos fracos. O pH indica se a água é ácida, básica/alcalina ou neutra. A água é considerada neutra, quando o seu pH está em torno de 7; ela será ácida quando o intervalo estiver entre 0 e 7; e será básica/alcalina quando estiver entre 7 e 14.

Em águas destinadas à irrigação de culturas a faixa de pH adequada varia de 6,5 a 8,4. Valores fora desta faixa podem provocar deterioração de equipamentos de irrigação (AYRES e WESTCOT, 1999).

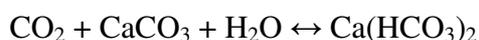
O Ministério da Saúde, em sua Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 orienta que o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,0 no sistema de distribuição.

### 2.4.2 Alcalinidade

A alcalinidade de uma amostra de água pode ser definida como sua capacidade de reagir quantitativamente com um ácido forte até um valor definido de pH.

Os principais componentes da alcalinidade são os sais do ácido carbônico, ou seja, bicarbonatos e carbonatos, e os hidróxidos. Outros sais de ácidos fracos inorgânicos, como boratos, silicatos, fosfatos, ou de ácidos orgânicos, como ácido húmico, ácido acético, entre outros, também conferem alcalinidade às águas, mas seus efeitos normalmente são desconsiderados por serem pouco representativos.

Os bicarbonatos e, em menor extensão, os carbonatos, que são menos solúveis, dissolvem-se na água devido à sua passagem pelo solo. Se este solo for rico em calcáreo, o gás carbônico da água o solubiliza, transformando-o em bicarbonato, conforme a reação:



A principal fonte de alcalinidade de hidróxidos em águas naturais decorre da descarga de efluentes de indústrias, onde se empregam bases fortes como soda cáustica e cal hidratada. Em águas tratadas, pode-se registrar a presença de alcalinidade de hidróxidos em águas abrandadas pela cal.

A alcalinidade das águas não representa risco potencial à saúde pública. Provoca alteração no paladar e a rejeição da água em concentrações inferiores àquelas que eventualmente pudessem trazer prejuízos mais sérios. A alcalinidade não se constitui em padrão de potabilidade, ficando este efeito limitado pelo valor do pH. Também não é padrão de classificação de águas naturais nem de emissão de esgotos, sendo que a importância deste parâmetro se concentra no controle de determinados processos unitários utilizados em estações de tratamento de águas para abastecimento e residuárias. Na etapa de floculação de águas para abastecimento público, a alcalinidade da água assume fundamental importância na ocorrência do fenômeno denominado floculação por varredura, que muitas vezes é o mecanismo de floculação mais atuante. Neste processo, o coagulante reage com a alcalinidade da água formando hidróxidos metálicos polimerizados altamente insolúveis (de alumínio ou de ferro, dependendo do coagulante utilizado), que arrastam partículas coloidais em seus percursos de sedimentação.

A medida da alcalinidade é de fundamental importância durante o processo de tratamento de água, pois, é em função do seu teor que se estabelece a dosagem dos produtos químicos utilizados.

Normalmente as águas superficiais possuem alcalinidade natural em concentração suficiente para reagir com o sulfato de alumínio nos processos de tratamento. Quando a alcalinidade é muito baixa ou inexistente há a necessidade de se provocar uma alcalinidade artificial com aplicação de substâncias alcalinas tal como cal hidratada ou Barrilha (carbonato de sódio) para que o objetivo seja alcançado. Quando a alcalinidade é muito elevada, procede-se ao contrário, acidificando-se a água até que se obtenha um teor de alcalinidade suficiente para reagir com o sulfato de alumínio ou outro produto utilizado no tratamento da água.

### 2.4.3 Gás Carbônico (CO<sub>2</sub>) livre

O teor de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) livre, de ácidos minerais, de ácidos orgânicos e sais ácidos fortes, os quais na hidrólise produzem íons de hidrogênio para a solução representam a Acidez total da água.

O gás carbônico contido na água pode contribuir significativamente para a corrosão das estruturas metálicas e de materiais à base de cimento (tubos de fibrocimento) de um sistema de abastecimento de água, por reagir com esse material, produzindo carbonato de cálcio, o qual é insolúvel em água. Por essa razão o seu teor deve ser conhecido e controlado.

As águas naturais, em geral, tem uma reação alcalina, porém, acidez não é necessariamente indesejável. A importância da determinação de acidez total se prende ao fato de que sua variação brusca pode se caracterizar pelo lançamento de algum resíduo industrial.

O gás carbônico livre existente em águas superficiais normalmente está em concentração menor do que 10 mg/L, enquanto que em águas subterrâneas pode existir em maior concentração.

### 2.4.4 Dureza Total

Dureza é um parâmetro característico da qualidade de águas de abastecimento industrial e doméstico. Quase toda a dureza da água é provocada pela presença de sais de cálcio e de magnésio (bicarbonatos, sulfatos, cloretos e nitratos) encontrados em solução. Assim, os principais íons causadores da dureza são cálcio e magnésio, tendo um papel secundário o zinco e o estrôncio. Algumas vezes alumínio e ferro férrico são considerados como contribuintes da dureza.

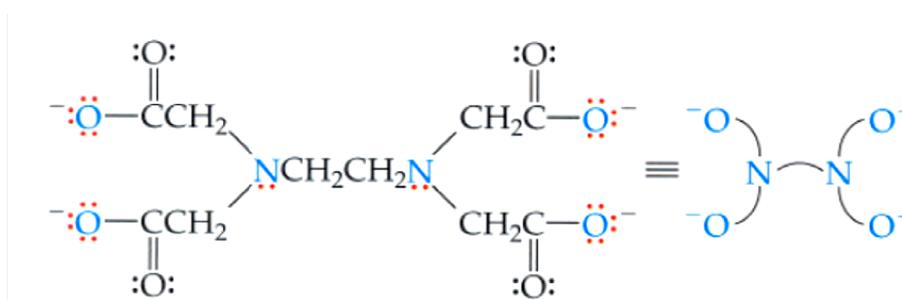
A dureza total da água compõe-se de duas: temporária e permanente. A dureza é dita temporária quando desaparece a altas temperaturas, e permanente quando não desaparece ao calor. A dureza temporária da água é resultante de íons cálcio e magnésio que podem se combinar com bicarbonatos e carbonatos presentes.

As águas duras caracterizam-se por exigirem considerável quantidade de sabão para produzir espuma, e esta característica já foi, no passado, um método de definição. Esse caráter da água dura foi, por muito tempo, para o cidadão comum, o aspecto mais importante por causa das dificuldades de limpeza de roupas e utensílios. Também

durante a fervura da água os carbonatos precipitam-se. Este fenômeno prejudica o cozimento de alimentos, provoca “encardido” em panelas e é potencialmente perigoso para o funcionamento de caldeiras ou outros equipamentos que trabalhem ou funcionem com vapor d’água, podendo provocar explosões desastrosas.

O ácido etilenodiamintetracético – também chamado ácido (etilenodinitrilo) tetracético –, comumente abreviado para EDTA (do inglês Ethilene Diamine Tetraacetic Acid), é o titulante complexométrico mais largamente utilizado (SKOOG, 2005). A Figura 2 ilustra este agente complexante.

FIGURA 2: EDTA (Ácido etilenodiamintetracético)



FONTE: A Ciência Central, BROWN, 2010

O EDTA forma complexos estáveis de estequiometria 1:1 com um grande número de íons metálicos em solução aquosa.

Partindo do princípio de que “as concentrações de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> são normalmente muito maiores que as concentrações dos outros íons alcalino-terrosos, a dureza total pode ser igualada a [Ca<sup>2+</sup>] + [Mg<sup>2+</sup>]”. (HARRIS, 2005).

O tratamento de águas é determinado a partir da classificação da água. Para isso utilizam-se parâmetros. FERNANDES (2001) classifica as águas, em relação à dureza total, em dura, moderadamente dura e branda, conforme Tabela 1.

TABELA 1: Classificação de água, quanto à dureza.

Classificação	Dura	Moderadamente dura	Branda
Dureza total (mg/L de CaCO <sub>3</sub> )	D.T. > 150	75 < D.T. < 150	D.T. < 75

FONTE: Adaptada de FERNANDES (2001)

A despeito do sabor desagradável que referidos níveis podem suscitar, no Brasil, o valor máximo permissível de dureza total fixado pelo padrão de potabilidade, ora em vigor é de 500 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  (Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011, Ministério da Saúde).

#### **2.4.5 Cloro residual – Íons cloreto( $\text{Cl}^-$ )**

O cloro é um produto químico altamente tóxico e venenoso ao ser humano, utilizado para remoção de resíduos de graxa, óleos, fungos, mofos e lodos; ainda, utilizado para a eliminação de bactérias, vírus e germes.

Segundo o Ministério da Saúde, em sua Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011, o teor máximo de cloreto permissível, em águas de abastecimento e consumo humano, é de 250 mg/L de  $\text{Cl}^-$ . Níveis acima do permitido na água ingerida podem ter efeito laxativo.

Um importante fator a ser considerado é a pele; o cloro destrói o equilíbrio natural das bactérias benéficas da nossa pele que tem uma ecologia própria que precisa ser preservada, a fim de manter a pele saudável e sua beleza associada.

A ação do cloro tem sido documentada por agravar a asma, rinite, sinusite reações alérgicas no sistema respiratório, olhos, garganta; especialmente nas crianças que fazem uso de piscinas com cloro e chuveiro na posição de quente por produzir a solução aquosa de ácido clorídrico. O chuveiro quente vaporiza o cloro da água causando edemas nos pulmões e atacando a pele e cabelo; deixando os cabelos secos e quebradiços e a pele escamosa, além de eritemas que provocam coceiras. Nestas condições, longos banhos são um grave risco a saúde.

O cloro na água do banho é prontamente absorvido pela pele e por inalação do vapor e spray. Em um banho de dez minutos, podemos absorver até 600% os contaminantes mais do que na água da torneira. Isto devido o vapor quente da água dilatar os poros da pele, facilitando a penetração dos mesmos.

A exposição regular ao cloro gasoso mesmo em níveis baixos como no banho normal, reduz a capacidade de transferência de oxigênio dos pulmões, sendo fator crítico para os atletas e pessoas propensas a insuficiência cardíaca.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Processo de Amostragem

As amostras analisadas da água da rede de abastecimento de uma determinada cidade localizada no alto sertão pernambucano foram coletadas da torneira de entrada de diversas residências e da própria Estação e Tratamento de Água (ETA) da cidade. As amostras foram armazenadas em frascos de vidro limpos e transparentes, devidamente lavados e identificados.

Após a coleta, os frascos foram mantidos sob refrigeração, e as análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Pesquisas em Ciências Ambientais (LAPECA) da Universidade Estadual da Paraíba.

#### 3.2 Métodos analíticos para determinação de cada parâmetro

##### 3.2.1 Potencial hidrogeniônico – pH

O termo pH representa a concentração de íons hidrogênio em uma solução. O pH da amostra analisada foi determinado seguindo as normas do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2006)*.

##### 3.2.2 Alcalinidade

A alcalinidade da água foi determinada seguindo o método descrito pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2006)*.

Determinou-se através de uma titulação de neutralização ácido-base, empregando ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) como agente titulante sobre uma alíquota da amostra de água.

### 3.2.3 Gás carbônico (CO<sub>2</sub>) livre

O nível de acidez caracterizado pelo grau de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) livre foi determinado segundo o *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2006)*.

O método utilizado foi o volumétrico de titulação ácido-base, utilizando o hidróxido de sódio (NaOH) como agente titulante sobre a alíquota da amostra com fenolftaleína (C<sub>20</sub>H<sub>14</sub>O<sub>4</sub>), para detecção visual do ponto de viragem.

A titulação deu-se até a observação do ponto de viragem.

### 3.2.4 Dureza Total

Foi utilizado para análise da dureza total da água o método descrito pelo *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2006)*.

Utilizou-se a volumetria de complexação, empregando EDTA (ácido etilenodiamintetracético) como agente titulante com detecção visual do ponto de equivalência através do indicador Negro de eriocromo T.

### 3.2.5 Cloro Residual - Quantificação de íons cloreto (Cl<sup>-</sup>)

Para quantificação dos íons cloreto, foi utilizado o método volumétrico de Mohr com detecção visual do ponto de equivalência através do indicador cromato de potássio, utilizando Nitrato de Prata como titulante, como descrito no *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (2006)*.

O Nitrato de Prata é um composto químico de fórmula molecular AgNO<sub>3</sub>. Comercialmente, costuma chamar-se também de "cáustico lunar". Apresenta amplo emprego na ciência analítica e na técnica, por ser um nitrato inorgânico primordial na indústria, na medicina entre outros.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A amostra da água, distribuída para consumo em uma determinada cidade do estado de Pernambuco foi analisada sob diversos parâmetros físico-químicos de qualidade de águas. Os resultados obtidos a partir das análises realizadas são confrontados com o valor padrão de Potabilidade fixado pelo Ministério da Saúde em sua Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011.

O resultado das análises de cada parâmetro são apresentados e discutidos a seguir, separadamente.

### 4.1 Potencial hidrogeniônico – pH

A análise do pH da amostra da água analisada, que mede a concentração de íons hidrogênio na solução, indicando se a mesma é ácida, neutra ou alcalina, determinou um valor de pH igual a 7,4.

Sendo assim, quanto ao pH a água analisada está dentro dos padrões de Potabilidade, entre 7,0 e 9,0, estabelecidos pelo Ministério da Saúde em sua Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011.

### 4.2 Alcalinidade

O volume gasto na titulação com  $H_2SO_4$  e o resultado da alcalinidade total a água está apresentado na Tabela 02.

TABELA 2: Volumes consumidos na titulação para análise da Alcalinidade

Volume da amostra (mL)	pH	Volume (médio) de $H_2SO_4$ consumido (mL) utilizando o Metilorange como indicador	Valor quantificado (mg/L $CaCO_3$ )	VMP
50	7,4	6,2	91,14	-

FONTE: Própria, 2013

Nos ensaios realizados, determinou-se para alcalinidade total da água um valor de 91,14 mg/L  $\text{CaCO}_3$ . Tal valor não representa risco nem alteração perceptível. A água não apresentou concentração de hidróxidos, não possuindo assim alcalinidade cáustica.

FIGURA 3: Amostra da água após (direita) e antes (esquerda) da titulação de neutralização, para determinação da Alcalinidade total.



FONTE: Própria (2013)

FIGURA 4: Amostras em triplicata após procedimento analítico de determinação da alcalinidade total.



FONTE: Própria (2013)

### 4.3 Gás carbônico (CO<sub>2</sub>) livre

Os dados da determinação de gás carbônico livre na amostra de água tem seus valores apresentados na Tabela 3.

TABELA 3: Dados da análise para determinação do Gás carbônico livre total

Volume da alíquota (mL)	Volume (médio) consumido de NaOH (mL)	Valor quantificado (mg/L)	VMP (mg/L)
50,0	0,76	11,12	10

FONTE: Própria, 2013

A presença de gás carbônico livre total nas amostras de água analisadas foi de 11,12 mg/L de CO<sub>2</sub> total .

Segundo o Ministério da Saúde em sua Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011, a presença desse gás nas quantidades encontradas poderá ocasionar futuros problemas para as tubulações de abastecimento. O dióxido de carbono em contato com os tubos de fibrocimento reagirá, produzindo carbonato de cálcio (CaCO<sub>3</sub>), o qual é insolúvel em água e contribui significativamente para a corrosão das estruturas metálicas e de materiais à base de cimento (tubos de fibrocimento) do sistema de abastecimento de água da cidade.

### 4.4 Dureza Total

Utilizando o método da volumetria de complexação, quantificou-se os cátions metálicos que estão freq/uentemente associados à dureza de água.

O procedimento analítico quantitativo foi realizado em triplicata, e tem seus dados apresentados na Tabela 4.

TABELA 4: Dados da titulação para determinação da Dureza total.

Volume da alíquota (mL)	Volume (médio) consumido de EDTA (mL)	Valor quantificado (ppm de CaCO <sub>3</sub> )	VMP (ppm de CaCO <sub>3</sub> )
50,0	28,0	560	500

FONTE: Própria, 2012

Obteve-se um resultado para dureza total da água igual a 560 ppm de  $\text{CaCO}_3$ . O valor máximo permissível de dureza total para águas de consumo particular e alimentação, fixado pelo padrão de potabilidade, ora em vigor, é de 500 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  (Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011, Ministério da Saúde). Sendo assim, a água analisada é classificada como dura, devido à alta concentração íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , estando fora dos padrões de Potabilidade ora em vigor.

FIGURA 6: Amostras em triplicata da água após procedimento analítico de determinação da dureza total.



FONTE: Própria (2013)

As reclamações citadas pelos moradores da cidade, em especial os que utilizam desta água para cozer alimentos e consumo oral, foram quanto ao sabor e dificuldade em fazer espuma durante banho ou atividades domésticas, como lavar roupa, tomar banho ou lavar louça, entre outros. Tais reclamações devem-se à alta concentração de íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , que alteram, quando em grandes quantidades, como nesse caso, o sabor da água e dificultam a formação de espumas por sabões.

#### 4.5 Cloro residual - Íons cloreto ( $Cl^-$ )

Durante o processo analítico para quantificação de cloretos presentes na água, os volumes consumidos do agente titulante são apresentados na Tabela 5.

TABELA 5: Dados da titulação para quantificação dos íons cloreto.

Volume da alíquota (mL)	Volume (médio) consumido de $AgNO_3$ (mL)	Valor quantificado (mg/L)	VMP (mg/L)
50,0	19,0	674,5	250

FONTE: Própria, 2013

De acordo com os dados obtidos no processo analítico, foi quantificada uma concentração igual a 673 mg/L de  $Cl^-$ .

Segundo o Ministério da Saúde, em sua Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011, o teor máximo de cloreto permissível em águas de abastecimento para consumo humano é de 250 mg/L de  $Cl^-$ . Sendo assim, a água analisada não está no padrão das leis nacionais, sendo classificada como imprópria para consumo humano por colocar em risco a saúde da população que dela faz uso devido à alta concentração de íons  $Cl^-$ .

As reclamações vindas da população que utiliza desta água principalmente para banhos e consumo oral devem-se principalmente à alta concentração de íons cloreto presentes na mesma.

#### 4.6 Valores comparativos dos parâmetros analisados

A partir dos procedimentos e cálculos dos parâmetros analisados foi possível comparar os valores encontrados, como pode ser observado na Tabela 6.

TABELA 6: Valores comparativos dos parâmetros analisados

Parâmetros	Unidade	VMP	Resultados da análise
pH	UT	6,0 a 9,0	7,4
Alcalinidade	mg/L $CaCO_3$	-	91,4
Gás Carbônico livre	mg/L	10	11,12
Dureza Total	ppm de $CaCO_3$	500	560,0
Cloro residual ( $Cl^-$ )	mg/L	250	674,5

FONTE: Própria, 2013

## 5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com os resultados obtidos com esta pesquisa, averiguou-se que os níveis de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) livre na água de abastecimento da cidade alvo, localizada no estado de Pernambuco, são considerados altos, podendo auxiliar na incrustação de encanamentos e tubulações devido à formação de carbonato de cálcio, quando em contato com tubos de fibrocimento usados no sistema de abastecimento de água da cidade.

Quanto ao parâmetro de Dureza, a amostra de água analisada foi classificada como sendo uma água dura, devido à alta concentração de íons  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ . A água, utilizada pela população para diversos fins, tais como, cozer alimentos e consumo oral está fora dos padrões permitidos pela Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011, a qual limita a concentração de até 500 mg/L de  $\text{CaCO}_3$  para águas de consumo particular e alimentação.

Para a Alcalinidade obteve-se um valor de 91,14 mg/L  $\text{CaCO}_3$ . A água não apresentou concentração de hidróxidos.

Quanto aos íons cloreto, utilizando o método de Mohr, a água analisada foi classificada como imprópria para consumo humano devido à alta concentração desses íons, tendo sido quantificado uma concentração igual a 674,5 mg/L de  $\text{Cl}^-$ . De modo que a água está fora dos padrões permitidos.

O pH determinado para a amostra foi o único parâmetro que não ficou fora dos padrões estabelecidos pela legislação, estando entre 7,0 e 9,0.

Diante dos resultados, percebe-se que a água distribuída para a população da cidade alvo, localizada no alto sertão pernambucano, não está dentro dos padrões permitidos por lei, colocando em risco a saúde pública dos moradores desta cidade. Os motivos podem ser diversos, desde tratamento não adequado da água na ETA à necessidade de adição de muitos agentes de tratamento, como os floculantes. Vê-se necessário uma atitude por parte dos governantes do município para que possa ser levada uma água de qualidade e que não ofereça riscos à população que dela faz uso.

## REFERÊNCIAS

APHA – AWWA- WPCF. **Standart methods for the examination of water and wastewater**. 19th edition. Wasghington D.C. American Public Health Association. 2006.

AYRES, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura. Estudos, irrigação e drenagem**, 29. Revisado 1º 2º edição. Tradução H.R. Ghety e J. f. de Medeiros, UFPB, Campina Grande - PB. 1999. 153p.

ATKINS, Peter; JONES, Loretta. **Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente**. Bookman editora. 5ª ed. 2011.

BATALHA, B.H.L. & PARLATORE, A.C. **Controle da qualidade da água para consumo humano: bases conceituais e operacionais**. São Paulo, CETESB, 1993.

BRANCO, S. M. **Água: origem, uso e preservação**. São Paulo: Moderna, 2ª ed. 2003 71p.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011**. Dispõe sobre normas de potabilidade de água para o consumo humano. Brasília: SVS, 2011.

BRASIL. Fundação Nacional da Saúde FUNASA. **Manual prático de análise de água**. Brasília, 2006.

CASTRO, R. P. O., et al. **A eficácia da aplicação do CO<sub>2</sub> para redução do pH em águas de abastecimento público**. Disponível em: <<http://www.unisalesiano.edu.br/encontro2007/trabalho/aceitos/PO01137630850.pdf>>. Acesso em: 22 nov 2013.

HARRIS, D. C. **Análise Química Quantitativa**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005. 876p.

OLIVEIRA, R., FERNANDES, C. **Determinação da dureza total (Dureza de Cálcio e Magnésio)**. Disponível em: <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Dureza.html>> . Acesso em 03 de novembro de 2012.

SAWYER, C.N.; McCARTY, P.L.; PARKIN, G. F.. **Chemidtry for envitonmental engineering**. 5º ed. New York. McGraw-Hill Book Company. 2002. 658p.

SHRIVER, D. F; ATKINS, P. W. **Química Inorgânica**. Bookman Editora. 4ª ed. 2008

SKOOG, WEST, HOLLER, CROUCH. **Fundamentos de Química Analítica**. Tradução da 8ª edição norte-americana. 1 ed. Thomson Learning, 2005.

**STANDARD methods for the examination of water and wastewater**. 22th ed. Washington: APHA, 2006.

THEODORE, L. Brown; LEMAY, H. Eugene Jr.; BURSTEN, E. Bruce. **Química: A ciência central**. 9ª ed. PEARSON Prentice Hall, 2005.

TRATAMENTO DE ÁGUA, 2006. **Ensaio Analítico - Determinação da Alcalinidade**. São Paulo. Disponível em : <[http://www.tratamentodeagua.com.br/a1/biblio/ensaio\\_analitico.php?cp=est&chave=13](http://www.tratamentodeagua.com.br/a1/biblio/ensaio_analitico.php?cp=est&chave=13)> Acesso em 5 de maio de 2013.

TRATAMENTO DE ÁGUA, 2006. **Acidez total – Gás Carbônico livre**. São Paulo. Disponível em: <[http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Biblioteca\\_Detalhe.aspx?codigo=394](http://www.tratamentodeagua.com.br/r10/Biblioteca_Detalhe.aspx?codigo=394)>. Acesso em: 18 de janeiro de 2013

TUNDISI, J.G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: RiMa, IIE, 248p, 2003.

VOGEL, Arthur Israel. [tradução por GIMENO, Antônio da] **Química Analítica Qualitativa**. 5ª Ed. São Paulo: Editora Mestre Jou, 1981.

VOGEL, A.I. **Análise Química Quantitativa**. Ltc Editora., Rio de Janeiro, RJ. 6ª ed. 2002.