

SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DO BAIXO TOCANTINS
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM MATEMÁTICA

ANA PAULA GÓES BRABO

**CÁLCULO DO POTENCIAL HIDROGENIÔNICO DA ÁGUA MINERAL
CONSUMIDA NO MUNICÍPIO DE ABAETETUBA-PA E NAS SOLUÇÕES
DILUÍDAS DE ÁCIDO FRACO**

ABAETETUBA- PA

2019

ANA PAULA GÓES BRABO

**CÁLCULO DO POTENCIAL HIDROGENIÔNICO DA ÁGUA MINERAL
CONSUMIDA NO MUNICÍPIO DE ABAETETUBA-PA E NAS SOLUÇÕES
DILUÍDAS DE ÁCIDO FRACO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Pará - Campus Universitário do Baixo Tocantins, como requisito final para obtenção do grau de Licenciada Plena em Matemática, sob orientação do Prof. Dr. Manuel de Jesus dos Santos Costa e coorientação do Prof. Dr. Flávio Vargas Andrade.

ABAETETUBA- PA

2019

ANA PAULA GÓES BRABO

**CÁLCULO DO POTENCIAL HIDROGENIÔNICO DA ÁGUA MINERAL
COMERCIALIZADA NO MUNICÍPIO DE ABAETETUBA-PA E NAS SOLUÇÕES
DILUÍDAS DE ÁCIDO FRACO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado como requisito final para obtenção de grau de Licenciada Plena em Matemática pelo corpo docente da Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia da Universidade Federal do Pará-Campus Universitário do Baixo Tocantins.

Data de aprovação: ___/___/___

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Manuel de Jesus dos Santos Costa

UFPA

Orientador

Prof. Dr. Flávio Vargas Andrade

UFPA

Coorientador

Prof. Dr. José Francisco da Silva Costa

Membro

Dedico este trabalho para minha mãe Ana
Lúcia, por todo amor recebido durante a
realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e oportunidade de ter ingressado nesta Universidade, ter mantido-me firme ao longo do curso, superado os obstáculos existentes e, graças a Ele ter conseguido chegar até aqui.

Aos meus pais Ana Lúcia Passos Góes e Ronaldo Nahum Brabo e minha irmã Rita de Cássia que sempre incentivaram a realização de minhas escolhas e são muito importantes em minha vida.

Aos colegas da turma de Matemática 2015, pela amizade ao longo desses quatro anos de curso.

Aos professores da FACET que contribuíram para minha formação docente. Em especial ao meu Orientador Prof. Dr. Manuel de Jesus dos Santos Costa e ao Coorientador Prof. Dr. Flávio Vargas Andrade, pela dedicação prestadas em suas orientações para produção deste trabalho e pela amizade criada ao longo do tempo, a vocês deixo meus sinceros agradecimentos.

“Não há ramo da Matemática, por mais abstrato que seja, que não possa um dia vir a ser aplicado aos fenômenos do mundo real”.

(Lobachevsky).

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi inicialmente comparar quantitativamente o potencial hidrogeniônico (pH) disposto nos rótulos de três marcas de água mineral comercializadas no município de Abaetetuba-PA com os resultados obtidos experimentalmente, onde neste último utilizou-se uma escala logarítmica presente intrinsecamente no equipamento denominado pHmetro. Posteriormente, utilizou-se uma estratégia similar de comparação utilizando uma solução diluída de um ácido fraco denominado acético, no entanto, agora foram obtidos três valores para o pH quais sejam: teórico, experimental e numérico. Em relação ao resultado teórico utilizou-se uma fórmula analítica que quantifica a chamada constante de acidez, por sua vez no experimental utilizou-se novamente o pHmetro, já o numérico foi determinado através de uma equação (modelagem), onde a raiz da mesma necessária para calcular o pH em questão, foi estimada através do método de Newton-Raphson utilizando um ambiente computacional para determinar os cálculos necessários. Na comparação envolvendo as águas minerais foi possível indicar que as mesmas apresentam valores de pH abaixo do recomendado pela legislação vigente. Já em relação à comparação do pH da solução diluída de ácido acético, constatou-se a eficácia de uma estratégia numérica para determinação do mesmo.

Palavras-chave: Potencial Hidrogeniônico. Água Mineral. Ácido acético. Newton-Raphson. Auxílio Computacional.

ABSTRACT

The objective of this work was firstly to compare quantitatively the hydrogenic potential (pH) on the labels of three brands of mineral water marketed in the city of Abaetetuba-PA with the results obtained experimentally, where in the latter a logarithmic scale was present intrinsically in the equipment called phmetro. Posteriorly, a similar comparison strategy was used using a dilute solution of a weak acid called acetic; however, three pH values have been obtained which are: theoretical, experimental and numerical. In relation to the theoretical result was used an analytical formula that quantifies the so-called acidity constant, in its turns in the experimental was used again the phmetro, and the numerical was determined through an equation (modeling), where the root of the same in which was necessary to calculate the pH in question, was estimated using the Newton-Raphson method using a computational environment to determine the necessary computations. In the comparison involving the mineral waters it was possible to indicate that they have values of pH below that recommended by the current legislation. As for the comparison of the pH of the dilute acetic acid solution, It was verified the effectiveness of a numerical strategy for its determination.

Key words: Hydrogenion potential. Mineral water. Acetic Acid. Newton-Raphson. Computacioanal Help.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação geométrica da localização de uma determinada raiz ξ	22
Figura 2 – Representação esquemática da localização das raízes de uma equação do tipo $f(x) = 0$	23
Figura 3 – Representação esquemática da preservação do sinal de $f'(x)$ no intervalo $[a, b]$	23
Figura 4 – Diagrama de fluxo de um processo iterativo	24
Figura 5 – Representação gráfica do método de Newton – Raphson	25
Figura 6- Representação gráfica do erro relativo quantificado quando comparam-se os valores de pH da solução diluída de ácido acético para diferentes concentrações obtidos teoricamente e numericamente	31
Figura 7 - Representação gráfica do erro relativo quantificado quando comparam-se os valores de pH da solução diluída de ácido acético para diferentes concentrações obtidos experimentalmente e numericamente	31
Figura A1– Aparelho phmetro	35
Figura D1 – Interface do programa Octave.....	62

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de pH obtidos através das rotulagens, bem como utilizando o pHmetro...29

Tabela 2 - Análise comparativa do pH de soluções diluídas de ácido acético..... 30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO DA LITERATURA.....	15
2.1	HISTÓRIA DOS LOGARITMOS	15
2.2	PROPRIEDADES OPERATÓRIAS DOS LOGARITMOS.....	17
2.2.1	Definição	17
2.2.2	Antilogaritmo.....	17
2.2.3	Logaritmo do produto.....	18
2.2.4	Logaritmo do quociente.....	18
2.2.5	Logaritmo da potência.....	19
2.2.6	Logaritmo da base 10.....	19
2.3	O pH DE SOLUÇÕES.....	19
2.3.1	Acidez e basicidade de uma solução.....	19
2.3.2	Determinação do pH em solução de ácido acético	20
2.3.3	Zero de Funções – Método de Newton Raphson	21
2.3.3.1	<i>Teorema de Bolzano</i>	22
2.3.3.2	<i>Método de NEWTON-RAPHSON</i>	25
2.3.3.3	<i>Obtenção da fórmula</i>	25
2.3.3.4	<i>Escolha do x_0</i>	27
2.3.3.5	<i>Critério de parada</i>	27
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	28
3.1	EXPERIMENTAÇÃO – ÁGUA MINERAL	28
3.2	EXPERIMENTAÇÃO – ÁCIDO ACÉTICO	29

4 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33
ANEXO A – PHMETRO	35
ANEXO B – PROGRAMA ESCRITO EM UMA INTERFACE DO PROGRAMA OCTAVE.....	36
ANEXO C – PORTARIA N° 2.914	38
ANEXO D - GNU OCTAVE	62

1. INTRODUÇÃO

Historicamente, a água é o único recurso natural que relaciona-se com todos os aspectos da civilização humana, desde o desenvolvimento agrícola e industrial aos valores culturais e religiosos fixados na sociedade (GOMES, 2012). Gradualmente, ela passou por períodos de transição, tornando-se aos poucos insuficiente, uma vez que a demanda populacional existente crescia cada vez mais, atrelada a uma possível poluição hídrica progressiva. Neste sentido, Guerra (2009) descreve que tal transição foi de um recurso de fácil acesso para um produto escasso e disputado comercialmente, tornando-se um consumo com restrição e dando lugar, por exemplo, à água engarrafada (mineral). Tal produto caracteriza-se por um dos poucos alimentos liberados de maneira quase geral por médicos e nutricionistas, ou seja, ingeri-la não tem contraindicações (GUIA ALIMENTAR PARA A POPULAÇÃO BRASILEIRA, 2008), tendo assim seu consumo aumentado ano após ano. Dessa forma, escolher uma água mineral de acordo com a legislação vigente é uma demanda social. A referida afirmação é ratificada por dados da Associação Brasileira da Indústria de Água Mineral (ABINAM), os quais informam que o mercado apresenta patamares de crescimento próximos a 20% (vinte por cento) ao ano, ranqueando o Brasil na oitava posição como maior produtor mundial de água mineral envasada, possuindo 7% (sete por cento) de participação no mercado global.

No Brasil o que regulamenta as águas minerais é a Resolução Diretoria Colegiada – RDC 274/2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a mesma leva em consideração parâmetros físico-químicos e microbiológicos, no entanto, o presente trabalho abordará apenas um parâmetro químico, qual seja potencial hidrogeniônico - pH. O parâmetro em questão, também será determinado em uma situação problema, no que diz respeito a soluções diluídas de ácido fraco. O ácido de referência será o acético, em virtude do mesmo ser o maior constituinte presente no vinagre, o qual trata-se de um condimento importante na culinária de um modo geral. Assim, pesquisas que auxiliem na ratificação da qualidade do referido produto é mérito de estudo.

Deste modo, segundo as duas abordagens supracitadas, inicialmente será feito um estudo comparativo do nível de acidez referente à água mineral comercializada no município de Abaetetuba-PA, utilizando as informações contidas nos rótulos das marcas escolhidas, bem como dos resultados obtidos utilizando uma experimentação química baseada na fundamentação teórica dos logaritmos. Posteriormente, um processo similar de comparação

será apresentado levando em consideração o pH de uma solução de ácido acético, utilizando logaritmos, bem como uma estratégia numérica para calcular o referido parâmetro, nesta situação serão consideradas diferentes concentrações do ácido em questão.

Além deste capítulo introdutório, este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) é composto pelos seguintes capítulos:

Capítulo 2 - É apresentada de maneira revisão da literatura, com a história dos logaritmos, definição juntamente com as propriedades operatórias, antilogaritmo, logaritmo da potência e logaritmo na base 10. Além do pH de soluções, acidez e basicidade de uma solução e ácido acético em água.

Capítulo 3 - É apresentado os materiais e métodos utilizados na pesquisa,

Capítulo 4 - Conclusões e perspectivas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo será feita uma breve abordagem literária.

2.1 HISTÓRIA DOS LOGARITMOS

Na matemática moderna do século XVII os logaritmos foram desenvolvidos como uma notável invenção que surgiu para que os cálculos se tornassem cada vez mais rápidos e precisos.

Durante o fim do século dezesseis e início do século dezessete, um número crescente de comerciantes, proprietários, cientistas e praticantes de matemática sentiram a necessidade de meios que simplificassem cálculos aritméticos e medidas geométricas e que permitissem que uma população em grande parte analfabeta e com dificuldades numéricas participassem das transações comerciais da época. (BOYER; MERZBACH, 2012, p. 219).

Essa descoberta apresentou-se como um momento importante na história da matemática. Um motivo necessário como justificativa ocorreu aos avanços políticos, econômicos e sociais da época. Segundo Iezzi (2010, apud NASCIMENTO; MACHADO, 2017, p. 194), define que “[...] A invenção dos logaritmos causou grande impacto nos meios científicos da época, pois eles representavam um poderoso instrumento para cálculo numérico que impulsionaria o desenvolvimento do comércio, da navegação e da Astronomia [...]” Até então, multiplicações e divisões com números muito grande eram feitas com auxílio de relações trigonométricas. Sendo assim, a invenção de tal fator que revolucionaria os cálculos numéricos destacaram o desenvolvimento do estudo, uma vez que seriam resolvidos muitos problemas tanto no ramo da Matemática quanto em áreas afins. Entre os estudiosos que destacaram-se com a resolução de problemas matemáticos e o desenvolvimento dos logaritmos, cita-se: Henry Briggs (1561-1639); Jonh Napier (1550-1617) e Jobst Burgi (1552-1632).

A palavra logaritmo tem como significado “número de razão” e foi adotada por Jonh Napier (ou Neper) que destinava seus interesses por certos aspectos da matemática, sobretudo a computação e trigonometria, especificamente estudos relacionados à simplificação de cálculos. Trabalhou em sua invenção dos logaritmos durante vinte anos antes de publicar seus resultados. Com o objetivo de simplificar as operações, principalmente de produtos e

quocientes. Em 1614, publicou “*Murifici logarithmorum canonis constructio* (Uma construção da maravilhosa regra dos logaritmos). Em seus estudos, ele apresenta quatro produções referentes à aplicação dos cálculos matemáticos sendo estas: a notação indo-arábica, as frações decimais, os logaritmos e os modernos computadores. Segundo Miorim e Miguel (2001, apud FERREIRA, 2006, p. 49) “[...] os logaritmos foram concebidos dentro de um quadro simultaneamente geométrico, cinemático, aritmético, funcional e trigonométrico”.

Geométrico, porque o logaritmo não aparecia com um número puro, mas como a medida de um segmento de reta; cinemático, porque a situação utilizada para descrever tal conceito envolvia a ordenação de dois movimentos; aritmético, porque o mesmo conceito era expresso por meio do relacionamento entre duas sequências de números, uma geométrica e outra aritmética; funcional, porque a situação cinemática envolvia uma grandeza variando em função de outra; e trigonométrica, porque, Napier se propôs a determinar, não os logaritmos de segmentos de reta genéricos, mas os de logaritmos de segmentos de reta representativos dos senos de certos ângulos. (FERREIRA, 2006, p. 49).

Desta forma, a contribuição de John Napier para essa ciência, procedeu-se em uma nova linha de investigação, oportunizando novos rumos para o desenvolvimento dos cálculos matemáticos, baseados em simples operações de adição e subtração. Henry Briggs também foi um estudioso que destinou seus estudos com pesquisas, contribuindo ainda mais para o surgimento dos logaritmos. Juntamente com Napier, discutiram sobre as possíveis modificações no método dos logaritmos.

Briggs propôs o uso de potências de dez, e Napier disse que tinha proposto uma tabela usando $\log 1 = 0$ e $\log 10 = 10^{10}$ (para evitar frações). Os dois homens finalmente decidiram que o logaritmo de um deveria ser zero e que o logaritmo de dez deveria ser um. (BOYER; MERZBACH, 2012, p. 223).

Em 1617, Napier faleceu e reincidiu sobre Briggs a tarefa de construir a primeira tabela de logaritmos comuns ou briggsianos. Ao invés das potências serem de um número próximo de 1, Briggs começou com o $\log 10 = 1$ e depois achou outros logaritmos tomando raízes sucessivas. Dando continuidade, ele calculou outros logaritmos comuns. Em 1624 publicou a versão mais ampliada da tábua de logaritmos.

O suíço Jobst Bürgi, sabedor em matemática e astronomia concebeu e construiu uma tábua de logaritmos independente de Napier e publicou seus resultados em 1620 com o título de *Arithmetische und geometrisch Progress Tabulen*. Isso indica que as influências que

guiaram seu trabalho foram semelhantes às que ocorreram no caso de Napier. As diferenças entre as obras dos dois estão na terminologia e nos valores numéricos que usavam; os princípios fundamentais eram os mesmos. No entanto, enquanto a abordagem de Napier era geométrica, a de Bürgi era algébrica.

Atualmente, a importância dos logaritmos reside em seu aspecto funcional, isto é, no fato de ser o logaritmo uma função. Nos modelos ideais que descrevem matematicamente certos fenômenos de variação, são utilizadas as funções logarítmicas juntamente com as suas inversas. Exemplos deste tipo de variação, chamados variação exponencial, são encontrados em áreas do conhecimento científico, sendo assim suficientes para justificar o interesse das funções exponenciais e logarítmicas na Matemática, nas Ciências e na Tecnologia. As funções algébricas dos logaritmos fizeram um rompimento com a escola cartesiana, produzindo esta nova situação, que veria a dar sustentação a vários fatos naturais, de ciências farmacêuticas e bioquímicas, estudo de pH, intensidade de acontecimentos como ruídos, entre outros.

2.2 DEFINIÇÃO E PROPRIEDADES OPERATÓRIAS DOS LOGARITMOS

Nesta seção será apresentada a definição, bem como as propriedades operatórias dos logaritmos.

2.2.1 Definição

Sendo a e b números reais e positivos com $a \neq 1$, chama-se logaritmo de b na base a o expoente x o qual se deve elevar a base a de modo que a potência a^x seja igual a b , isto é (Iezzi 2016, 150 p.):

$$\log_a b \Leftrightarrow a^x = b \quad (1)$$

2.2.2 Antilogaritmo

Sejam a e b com números reais positivos com $a \neq 1$; se o logaritmo de b na base a é x , então b é o antilogaritmo de x na base a . Em símbolos, se $a, b \in \mathbb{R}$, $0 < a \neq 1$ e $b > 0$, então (IEZZI, DOLCE, MURAKAMI, p. 58):

$$\log_a b = x \Leftrightarrow b = \text{antilog}_a x \quad (2)$$

A partir de (1), existem determinadas restrições, quais sejam: $(0 < a \neq 1)$ e $(b > 0)$, garantindo desta maneira a existência e a unicidade de $\log_a b$. Nestas condições, têm-se:

I) O logaritmo de 1 em qualquer base a é igual a 0, ou seja:

$$\log_a 1 = 0 \quad (3)$$

II) O logaritmo da base, qualquer que seja ela, é igual a 1, como segue:

$$\log_a a = 1 \quad (4)$$

III) A potência de base a e expoente $\log_a b$ é igual a b , isto é:

$$a^{\log_a b} = b \quad (5)$$

2.2.3 Logaritmo do produto

Em qualquer base, o logaritmo do produto de dois números reais e positivos é igual à soma dos logaritmos de cada um deles (IEZZI, 2016, p. 154). Em símbolos, se $a, b \in \mathbb{R}$, $0 < a \neq 1$ e $b > 0$, tem-se:

$$\log_a (b \cdot c) = \log_a b + \log_a c \quad (6)$$

2.2.4 Logaritmo do quociente

Em qualquer base, o logaritmo do quociente de dois números reais positivos é igual à diferença entre o logaritmo do numerador e o logaritmo do denominador (IEZZI, 2016, p. 154). Em símbolos, se $a > 0$, $a \neq 1$, $b > 0$, $c > 0$, tem-se:

$$\log_a \left(\frac{b}{c} \right) = \log_a b - \log_a c \quad (7)$$

2.2.5 Logaritmo da potência

Em qualquer base, o logaritmo de uma potência de base real e positiva é igual ao produto do expoente pelo logaritmo da base da potência. (IEZZI, 2016, p. 155). Em símbolos, se $a > 0, a \neq 1, b > 0, r \in \mathbb{R}$, então:

$$\log_a b^r = r \cdot \log_a b \quad (8)$$

2.2.6 Logaritmo na base 10

Pela existência de muitas aplicações nas ciências e engenharia, as expressões exponenciais com a base 10 requerem a manipulação de maneira simplificada e as calculadoras científicas trazem teclas específicas para calcular potências e logaritmos na base 10, também chamados logaritmos decimais (BONETTO; MUROLO, 2016). Neste sentido, quando a base do logaritmo é 10, escreve-se o mesmo omitindo essa base, como segue:

$$\log_{10} x = \log x \quad (9)$$

2.3 pH DE SOLUÇÕES

Nesse tópico serão abordados conceitos, os quais serão utilizados para contextualizar o estudo abordado no capítulo posterior.

2.3.1 Acidez e basicidade de uma solução aquosa

Muitas expressões quantitativas que envolvem ácidos e bases são simplificadas quando se utiliza logaritmos. Neste contexto, existe na literatura uma generalização de tais expressões definida pelo parâmetro pX, o qual pode ser determinado por (ATKINS; JONES, 2012, p. 521):

$$pX = -\log X \quad - \quad (10)$$

Assim, para analisar o grau de acidez e basicidade de uma solução aquosa, a qual consiste na atividade do íon hidrogênio (H^+) em mol/L e considerando uma temperatura de $25^\circ C$, faz-se uma analogia com a formulação (10) onde $pX = pH$ e $X = H^+$, obtendo-se (BONETTO; MUROLO, 2016, p. 165):

$$pH = -\log[H^+] \quad (11)$$

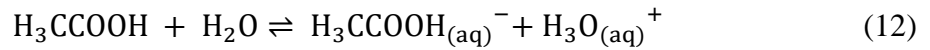
Ainda como informação, destaca-se a teoria de Brønsted-Lowry, que descreve as interações ácido-base em termos de transferência de prótons entre as espécies químicas, ela apresenta um ácido de Brønsted-Lowry como qualquer espécie capaz de doar um próton H^+ e uma base como qualquer espécie capaz de aceitar um próton. Isso significa, em termos de estrutura química, que qualquer ácido de Brønsted-Lowry deve conter um hidrogênio capaz de dissociar-se como H^+ , proveniente de outras fontes de efluentes industriais, dissociação de ácidos orgânicos como ácido, bem como outras substâncias que venham a apresentar reação ácida com o solvente (água). Por exemplo, o ácido acético é uma espécie doadora de H^+ , logo também é considerado ácido. (SILVA; DUPIM; CHAZIN, 2015).

Em 1909 o químico dinamarquês Soren Sørensen, criou a escala que define o fator de intensidade de acidez, a qual se baseia no antilogaritmo (ver, 2.2.2), das concentrações de H^+ (ver, 11). O referido parâmetro possui valores que variam de 0 a 14, sendo que em um meio neutro, tem-se $pH = 7$; em um meio ácido, o mesmo varia de $0 \leq pH < 7$; e em um meio básico (ou alcalino), varia segundo a seguinte desigualdade $7 < pH \leq 14$ (BONETTO; MUROLO, 2016, p. 166).

2.3.2 Determinação do pH em solução do ácido acético

O ácido acético (A_COH), é também conhecido como ácido etanoico ou de vinagre, e possui origem do latim, *acetum*. A importância dele reincide sobre o uso comercial. A acidez (pH) presente torna-se um parâmetro importante a ser quantificado, embora a metodologia atual (Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento - MAPA) recomende o uso de hidróxido de sódio padronizado. A escolha de tal ácido para a pesquisa visa minimizar

eventuais erros com as concentrações sendo que uma das possibilidades para determiná-lo em soluções consiste em utilizar a constante de acidez K_a (*constante de ionização* ou *constante de dissociação do ácido*), tendo base a equação do ácido acético em água, como segue:



Neste sentido, torna-se válido a aproximação de substituir as atividades das espécies de soluto pelos valores numéricos das concentrações molares, onde para o valor experimental de K_a , em 25°C é $1,8 \times 10^{-5}$, $[\text{H}_3\text{O}^+]$ sendo a concentração em mol/L do íon hidrônio, $[\text{CH}_3\text{CO}_2^-]$ representando a concentração em mol/L do ácido acético e por fim $[\text{CH}_3\text{COOH}]$ a concentração em mol/L do ácido. Desta maneira define-se (ATKINS; JONES, 2012, p. 436):

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{CH}_3\text{CO}_2^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} \quad (13)$$

Na presente pesquisa, utilizou-se (13) como fundamentação teórica para encontrar os valores das respectivas forças do ácido (acidez), substituindo os valores da constante do ácido em análise, do íon hidrônio e do ácido acético com a mesma variável.

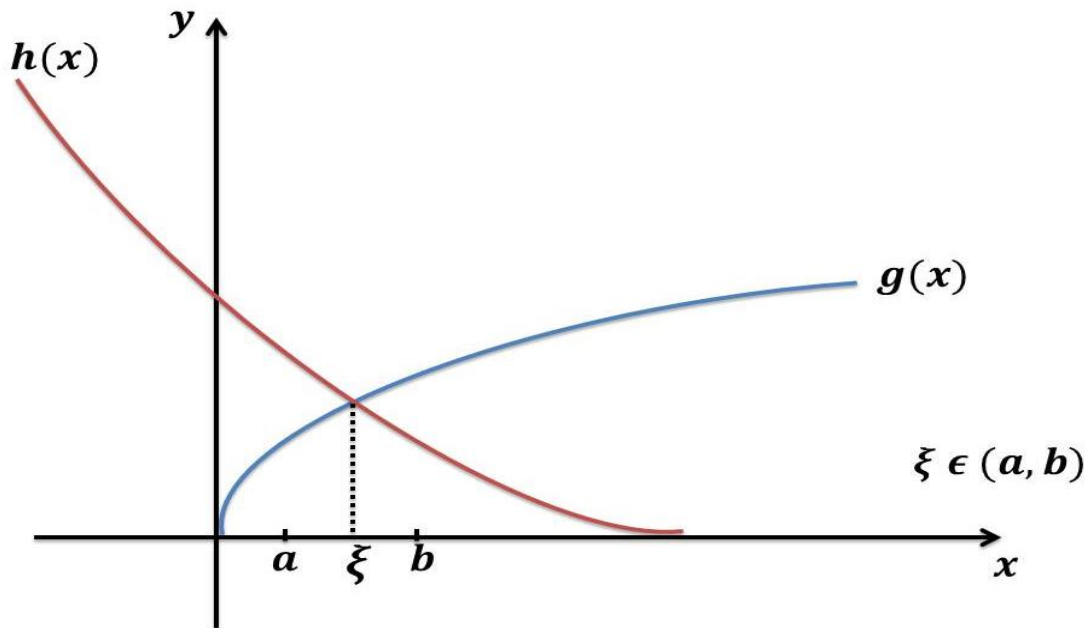
2.3.3 Zero de Funções – Método de Newton – Raphson

Será mostrada uma estratégia numérica para estimar o zero de uma função ou raiz de uma equação, isto é $f(x) = 0$. Tal estratégia é composta por duas fases, como segue:

Fase I: Isolamento da raiz

Na fase I o processo utilizado para isolar a raiz da equação será o seguinte: a partir da equação $f(x) = 0$, obtém-se uma equação equivalente $f(x) = g(x) - h(x)$, ou seja, $g(x) = h(x)$, em seguida faz-se o esboço dos gráficos das funções $g(x)$ e $h(x)$ no mesmo sistema de eixos, localizando o ponto x onde as curvas se interceptam, pois neste ponto $f(\xi) = 0 \Leftrightarrow g(\xi) = h(\xi)$, caracterizando a referida raiz (ver, Figura 1).

Figura 1 - Representação geométrica da localização de uma determinada raiz ξ .



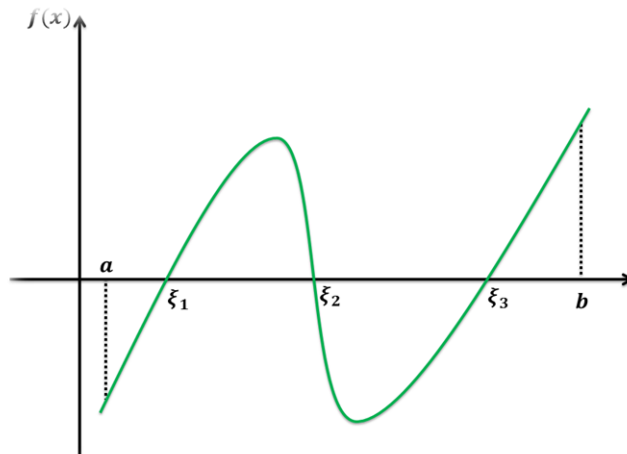
Fonte: Adaptado RUGGIERO, 1996

É importante salientar, que para justificar a análise gráfica será necessária à utilização do teorema de Bolzano enunciado a seguir.

2.3.3.1 Teorema de Bolzano

Se uma função contínua $f(x)$ assume valores de sinal opostos nos pontos extremos do intervalo $[a, b]$, isto é $f(a) \cdot f(b) < 0$, então o intervalo conterá, no mínimo, uma raiz equação $f(x) = 0$, em outras palavras haverá, um número $\xi \in (a, b)$ tal que $f(\xi) = 0$ (ver, Figura 2) (BARROSO, 1987).

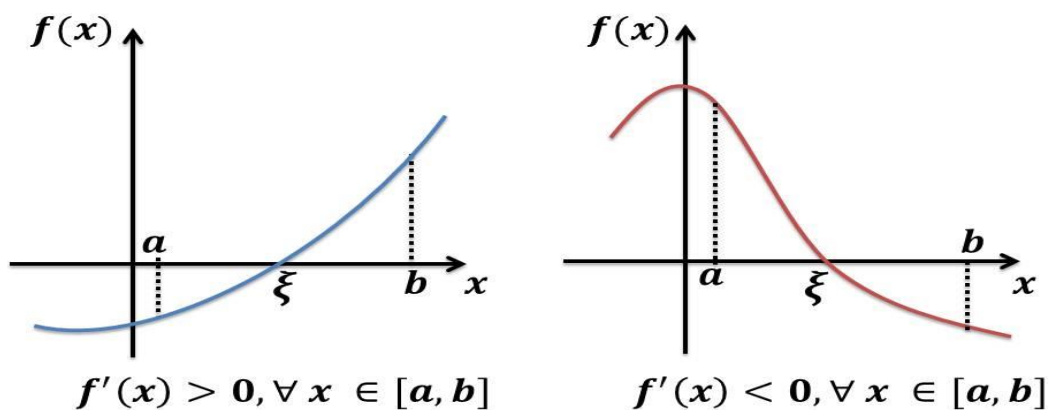
Figura 2 – Representação esquemática da localização das raízes de uma equação do tipo $f(x) = 0$



Fonte: Adaptado BARROSO, 1987

Obs.: A raiz ξ será definida e única se a derivada $f'(x)$ existir e preservar o sinal dentro do intervalo (a, b) , isto é, se $f'(x) > 0$ ou $f'(x) < 0$ para $a < x < b$ (ver, Figura 3).

Figura 3 – Representação esquemática da preservação do sinal de $f'(x)$ no intervalo $[a, b]$.



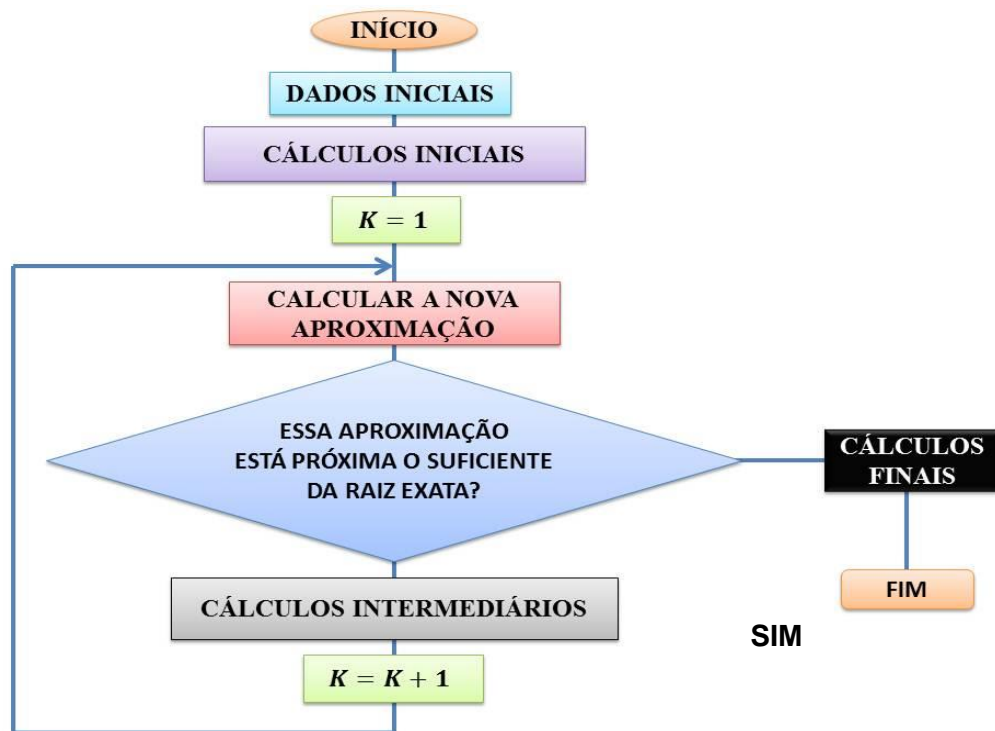
Fonte: Adaptado RUGGIERO, 1996

Fase II: Refinamento da raiz

A fase II consiste na utilização de um método iterativo que segue uma sequência de instruções que são executadas passo a passo. Estas instruções por sua vez têm etapas que são

repetidas sistematicamente tornando-a um ciclo, até que se chegue a uma precisão pré-estabelecida. Esta repetição é chamada de iteração. Portanto, cada iteração executada obtém-se um resultado, se este resultado estiver satisfazendo à aproximação requerida da raiz exata, a iteração para, e é finalizado o cálculo, caso contrário o processo reinicializa-se novamente a partir do resultado encontrado anteriormente até que se chegue a uma aproximação a mais próxima possível da raiz exata da equação em questão. Tal procedimento está representado através de um diagrama de fluxo (ver, Figura 4) (RUGGIERO, 1996).

Figura 4 – Diagrama de fluxo de um processo iterativo.



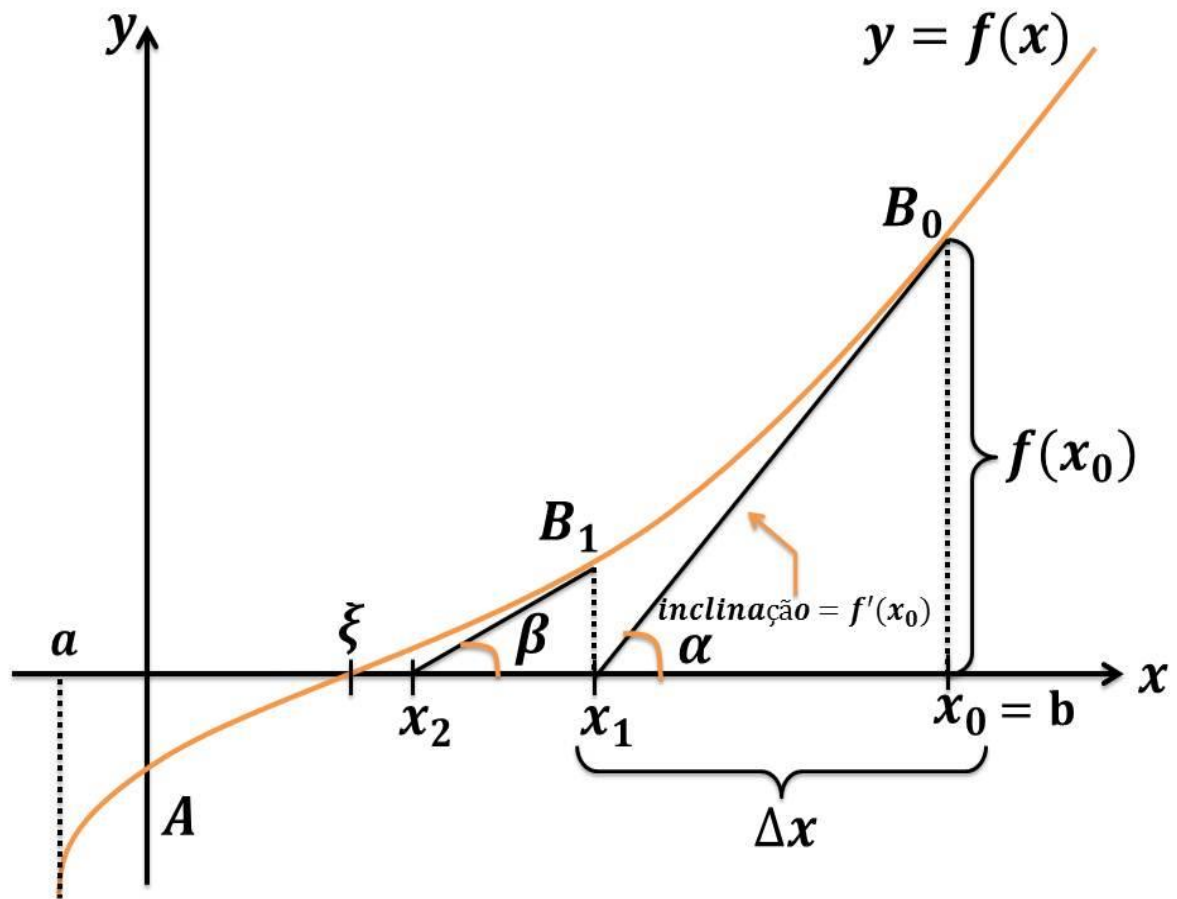
Fonte: Adaptado RUGGIERO, 1996

Existem vários métodos iterativos para o cálculo de uma raiz referente a uma equação do tipo $f(x) = 0$, entretanto neste trabalho será utilizado o método de Newton-Raphson o qual segue abaixo. A escolha deste método deve-se a uma ampla aplicabilidade como ferramenta auxiliar na solução de diversos problemas de Ciências e Engenharia.

2.3.3.2 Método de NEWTON-RAPHSON

Seja $f(x)$ uma função contínua no intervalo $[a, b]$ e ξ o seu único zero neste intervalo; as derivadas $f'(x)$ ($f'(x) \neq 0$) e $f''(x)$ devem também ser contínuas (BARROSO, 1987). Desta forma, o método de Newton-Raphson consiste em substituir um pequeno arco de curva $y = f(x)$ por uma reta tangente, traçada a partir de um ponto da curva. (ver, Figura 5).

Figura 5 – Representação gráfica do método de Newton - Raphson.



Fonte: Adaptado STARK, 1979.

2.3.3.3 Obtenção da fórmula

No método de Newton-Raphson quatro casos são possíveis de ocorrer, isto é:

$$f''(x) > 0 \begin{cases} f'(x) > 0 : \text{Caso I} & (1) \\ f'(x) < 0 : \text{Caso II} & (2) \end{cases}$$

$$f''(x) < 0 \begin{cases} f'(x) > 0 : \text{Caso III} \\ f'(x) < 0 : \text{Caso IV} \end{cases} \quad (3)$$

$$(4)$$

No entanto a fórmula do método de Newton-Raphson será deduzida a partir do Caso I, isto é, conforme a Figura (B5), embora todos os casos forneçam a mesma fórmula. Neste contexto a fim de se obter uma melhor aproximação x_0 da raiz ξ , traça-se, a partir do ponto $B_0[x_0, f(x_0)]$, uma reta tangente à curva $y = f(x)$, que intercepta o eixo dos x no ponto x_1 . Do ponto $B_1[x_1, f(x_1)]$ traça-se outra reta tangente à curva que corta o eixo dos x no ponto x_2 , sendo este ponto uma melhor aproximação da raiz (ver, Figura 5). O processo se repete até que se encontre $\xi = x_n$ com uma tolerância requerida (BARROSO, 1987).

Utilizando a Figura (5) de maneira geométrica, tem-se:

$$\text{tg}(\alpha) = \frac{f(x_0)}{x_0 - x_1} = f'(x_0) \quad (5)$$

$$x_0 - x_1 = \frac{f(x_0)}{f'(x_0)} \quad (6)$$

$$x_1 = x_0 - \frac{f(x_0)}{f'(x_0)} \quad (7)$$

Analogamente,

$$\text{tg}(\beta) = \frac{f(x_1)}{x_1 - x_2} = f'(x_1) \quad (8)$$

$$x_1 - x_2 = \frac{f(x_1)}{f'(x_1)} \quad (9)$$

$$x_2 = x_1 - \frac{f(x_1)}{f'(x_1)} \quad (10)$$

Por indução, obtém-se a fórmula analítica do método Newton - Raphson, como segue:

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)} \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (11)$$

2.3.3.4 Escolha do x_0 .

O x_0 é um dos extremos do intervalo $[a, b]$ que contenha a raiz, sendo assim para que seja deduzido o valor inicial x_0 , basta verificar qual valor dos extremos satisfaz a seguinte desigualdade (BARROSO, 1987):

$$f(x_0) \cdot f''(x_0) > 0 \quad (12)$$

2.3.3.5 Critério de parada.

Um método iterativo consiste em repetir várias vezes o processo de iteração até que se chegue a uma precisão desejada. Portanto para se obter uma raiz com uma determinada precisão será utilizado o seguinte critério.

$$\frac{|x_n - x_{n-1}|}{|x_n|} \leq \varepsilon \text{ (tolerância)} \quad (13)$$

onde $n = 1, 2, 3, \dots$, com ε sendo uma precisão pré-estabelecida, sendo x_{n-1} e x_n raízes encontradas sequencialmente nesta ordem (BARROSO, 1987). Portanto se as raízes x_{n-1} e x_n satisfizerem o critério da precisão desejada será considerado $x_n = \xi$.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Utilizou-se três marcas de águas minerais, comercializadas no loco da pesquisa (Abaetetuba-PA), bem como soluções de ácido acético Glacial, marca Vetec 99,7%. Os processos para os cálculos experimentais foram similares às substâncias envolvidas utilizando o equipamento pHmetro (ver, Anexo A), o qual obedece a padrões de calibração pré-definidos, determinando assim o pH das mesmas e tendo como fundamentação teórica os logaritmos. Também foi inserida uma estratégia numérica (método de Newton-Raphson) para a determinação do pH, sendo que nesta situação direcionou-se para a solução diluída de ácido acético. O método em questão estima o zero de funções através de duas etapas, quais sejam: isolamento de raiz e refinamento, ainda como informação foi utilizada uma equação que modela a problemática abordada, vinculando um auxílio computacional com a utilização de um código (ver, Anexo B) escrito em uma interface do programa Octave (ver, Anexo D) para otimizar os cálculos necessários.

3.1 EXPERIMENTAÇÃO – ÁGUA MINERAL

Para obter os valores de pH das amostras analisadas, inicialmente fez-se uma retirada direta dos rótulos referente a esta informação, os quais foram comparados com os obtidos através do pHmetro, enfatiza-se que o referido equipamento utiliza-se da formulação (11). Neste contexto, tais valores encontram-se dispostos na Tabela 1. Analisando os valores e com base na Portaria nº 2914, 12/12/2011, artigo 39, § 1º (ver, Anexo D) do Ministério da Saúde (MS) que dispõe sobre o padrão de potabilidade das águas, a qual indica que o pH da água para consumo seja mantido na faixa entre 6,0 a 9,5, observa-se que tanto a informação (pH) oriunda da rotulagem quanto a advinda do experimento utilizando o pHmetro, as mesmas encontram-se fora da referência estipulada pela legislação, indicando dessa maneira uma similaridade como uma solução ácida, logo inadequado para consumo principalmente a longo prazo, como por exemplo: gastrite, úlceras, entre outras.

Tabela 1 - Valores de pH obtidos através das rotulagens, bem como utilizando o pHmetro

Amostras referentes às marcas realizadas	pH (rotulagem)	pH experimental (pHmetro)
Marca A	4,78	4,83
Marca B	4,48	4,20
Marca C	4,32	4,17

Fonte: Autoria Própria

3.2 EXPERIMENTAÇÃO – ÁCIDO ACÉTICO

Os valores referentes ao pH de soluções diluídas de ácido acético para diferentes concentrações foram obtidos através de três procedimentos, isto é: teórico, experimental e numérico. Em relação ao teórico foi utilizada a formulação matemática (13), já no experimental utilizou-se o pHmetro e no numérico uma estratégia que utilizou uma equação, um método numérico que estima raízes vinculada a um auxílio computacional. Em relação à equação supracitada, a mesma é definida por (BARROSO, L. C. et al. 1987, p. 149):

$$[\text{H}^+]^3 + K_a[\text{H}^+]^2 - (K_a C_a + K_\omega) [\text{H}^+] - K_\omega K_a = 0 \quad (14)$$

onde, considera-se:

H^+ : íon hidrogênio

K_a : constante de dissociação do ácido

C_a : concentração do ácido

K_ω : produto iônico da água

O método numérico implementado foi o de Newton-Raphson, o qual é amplamente utilizado na literatura científica, tal processo visa estimar raízes de equações de maneira aproximada. Neste sentido, após substituir $K_a = 1,8 \times 10^{-5}$, $C_a = 0,001; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5$ e $K_w = 1,0 \times 10^{-14}$ em (14), aplicou-se Newton-Raphson para cada concentração supracitada, estimando as raízes H^+ com tolerâncias (precisão) $\varepsilon = 0.001$ e $\varepsilon = 0.00001$. Em seguida, os resultados obtidos foram inseridos em (11), determinando desta forma o parâmetro em questão (ver, Tabela 2). É válido destacar que necessitou-se utilizar valores diferentes de tolerâncias para constatar que a alternativa numérica aplicada a menos de uma precisão é válida. Tal afirmação foi ratificada através da quantificação do erro relativo, o mesmo foi determinado fazendo uma comparação entre os valores de pH, quais sejam: teórico-numérico e experimental-numérico (ver, Figuras 6 e 7), respectivamente.

Tabela 2 – Análise comparativa do pH de soluções diluídas de ácido acético

Concentração de ácido acético (mol.L ⁻¹)	pH teórico	pH experimental	pH numérico (tolerância 0.001)	pH numérico (tolerância 0.00001)
0,01	3,37	3,38	2,81	3,38
0,05	3,02	3,03	2,78	3,03
0,1	2,87	2,87	2,74	2,88
0,25	2,67	2,68	2,55	2,68
0,5	2,52	2,52	2,48	2,52

Fonte: Autoria própria

Figura 6 - Representação gráfica do erro relativo quantificado quando comparam-se os valores de pH da solução diluída de ácido acético para diferentes concentrações obtidos teoricamente e numericamente

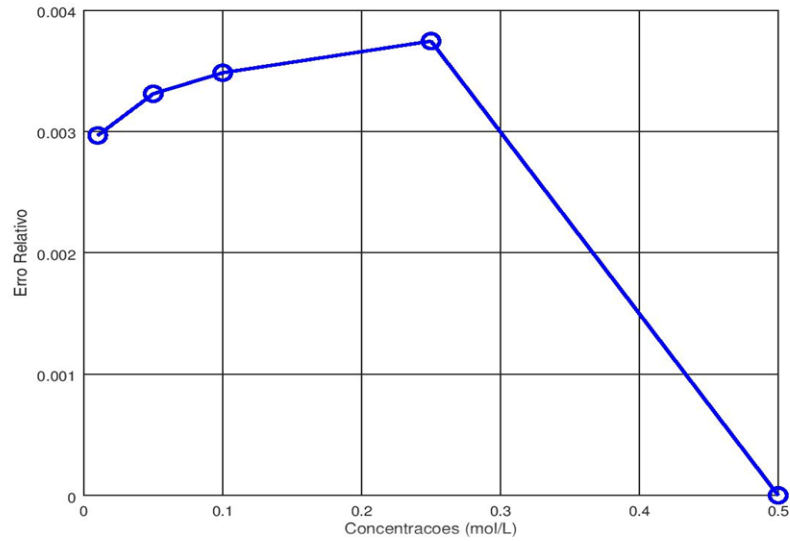
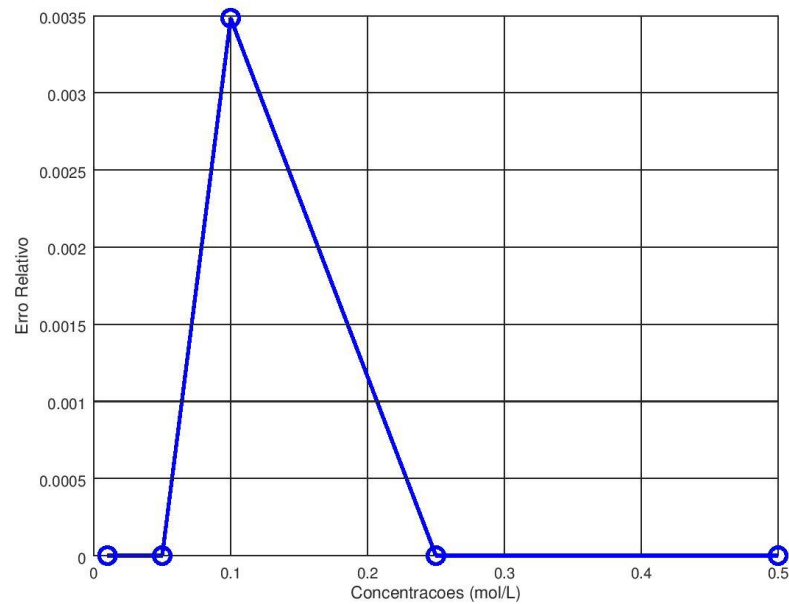


Figura 7 - Representação gráfica do erro relativo quantificado quando comparam-se os valores de pH da solução diluída de ácido acético para diferentes concentrações obtidos experimentalmente e numericamente



4. CONCLUSÃO E PERSPECTIVAS

Neste trabalho foi utilizado a fundamentação teórica dos logaritmos para auxiliar na determinação do potencial hidrogeniônico – pH, inicialmente fazendo uma comparação entre os valores informados na rotulagem das marcas de água mineral utilizadas com os determinados experimentalmente. Em seguida, similarmente fez-se também uma comparação entre os valores de pH tendo como objeto de estudo uma solução diluída de ácido acético, onde nesta abordagem determinou-se o referido parâmetro de maneira teórica, experimental e numérica. Ao analisar os resultados foi possível concluir que às águas no que se refere ao parâmetro pH indicado nos rótulos das mesmas como também os determinados experimentalmente encontram discordantes da legislação vigente. Já em relação à quantificação de pH na solução de ácido fraco analisada, indicou-se uma atraente estratégia numérica na determinação do parâmetro em questão, sendo a mesma ratificada através do erro relativo.

Como perspectiva indica-se um estudo similar para analisar a qualidade dos vinagres comercializados no município de Abaetetuba-PA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATKINS, Peter; JONES, Loretta. **Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 5 ed. Porto Alegre: Bookman, 2012. 436- 874p.

BARROSO, L. C. et al. **Cálculo Numérico** (com aplicações). 2 ed. São Paulo: HARBRA, 1987, 189 p.

BONETTO, Giacomo Augusto; MUROLO, Afrânio Carlos. **Fundamentos de Matemática para Engenharias e Tecnologias**. São Paulo: Cengage Learning, 2016. 368p.

BOYER, Carl; MERZBACH, Uta; **História da Matemática**. 3 ed. São Paulo: Blucher, 2012. 219-223 p.

BRASIL. **Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011**. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html. Acesso em: 19 de jun. 2019

FERREIRA, R. L. **Uma sequência de ensino para o estudo de logaritmos usando a engenharia didática**. 2006. 149f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e de Matemática) - Centro Universitário Franciscano. Santa Maria. 2006.

GELSON, Iezzi; DOLCE, Osvaldo. **Fundamentos da Matemática Elementar: logaritmos**. Atual Editora, p. 198.

GOMES, Márcio. **Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã**. DF, 03 mar., 2012. Disponível em: http://www.redepeabirus.com.br/redes/form/post?pub_id=86583. Acesso em: 29 mar. 2019.

GUERRA. **Influências no consumo de água mineral em Porto Alegre**. Porto Alegre, RS, 2009

IEZZI, G. et al. **Matemática: Ciências e Aplicações**. 9. ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2016. 444p.

NASCIMENTO, A. F. S.; MACHADO, E. S. **Análise do nível de intensidade dos ruídos no centro comercial do Município de Abaetetuba-PA utilizando a Fundamentação Teórica dos Logaritmos**. Abaetetuba, 23 jan. 2019. Disponível em: <https://sigaa.ufpa.br/sigaa/verProducao?idProducao=180885&key=9be74471a94518f77816f6b4393dd899>. Acesso em: 23 jan. 2019

RUGGIERO, Márcia A. Gomes; LOPES, Vera Lúcia da Rocha. Interpolação. In: _____. **Cálculo numérico: aspectos teóricos e computacionais**. 2. ed. São Paulo: Person Makron Books, 1996. Cap. II, pg. 27-101.

SILVA, P. A. S.; DUPIM, M. S.; CHAZIN, E. L. **Métodos de Preparação Industrial de Solventes e Reagentes Químicos**. Rio de Janeiro: Niterói, 2015.

SINGER. **Capitalismo teoria e dinâmica atual**. SP, São Paulo, 1998.

STARK, Peter. **Introdução aos métodos numéricos**/Peter Stark; tradução de João Bosco Pitombeira de Carvalho. Rio de Janeiro: Interciência, 1979, pg. 87.

VOGEL, Arthur. **Química Analítica Qualitativa**. 5 ed. São Paulo: Mestre Jou, 1979. 36 p.

ANEXO A – PHMETRO

O aparelho pHmetro da marca Ion modelo PHS- 3E com eletrodo Ag/AgCl (ver, Figura A1) foi utilizado para a análise experimental das soluções envolvidas no presente trabalho. Os padrões de calibração do equipamento foram disponibilizados pela Faculdade de Química, campus Belém-PA. Os resultados dispostos pelo aparelho são obtidos após um minuto devido a estabilização do eletrodo como recomenda o manual.

Figura A1 – Aparelho phmetro



Fonte: Autoria própria

ANEXO B – PROGRAMA ESCRITO EM UMA INTERFACE DO PROGRAMA OCTAVE

```

function [] = Newton (x0,TOL,ITERMAX)
%.....
%ESTE PROGRAMA CALCULA O ZERO DE UMA FUNÇÃO DO TIPO
y=f(x)UTILIZANDO
%O METODO ITERATIVO DE NEWTON-RAPHSON.
% ESQUEMA DO METODO DE NEWTON
%
%          f[x(i)]
%  x(i+1) = x(i) - -----
%          df[x(i)]
%
% IMPLEMENTADO POR
%  Manuel Costa & Paula Brabo
%
%.....
x0 = input('entre com o valor de x0');
ka = input('entre com o valor de ka');
ca = input('entre com o valor de ca');
k2 =10.^(-14);
ITERMAX = ('entre com o valor de ITERMAX');
TOL= input ('entre com o valor de TOL');

format short;
    x = zeros (1,ITERMAX);
    f = zeros (1,ITERMAX-1);
    Df = zeros (1,ITERMAX-1);

%INICIO DO PROCESSO DE ITERAÇÃO
%.....
x(1) = x0;

```

```
for i = 1: ITERMAX-1
    %i
    f(i)=x(i).^3+ka.*x(i).^2-(ka.*ca+k2).*x(i)-k2.*ka;

    Df(i)=3.*x(i).^2+2.*ka.*x(i)-(ka.*ca+k2);

    x(i+1) = x(i) - f(i)/Df(i);

    erro = abs(x(i+1) - x(i));

    if erro < TOL
        fprintf('A TOLERANCA FOI ALCANCADA');erro
        break;
    end
end
fprintf('VALOR APROXIMADO');x(i+1)
```

ANEXO C – PORTARIA Nº 2.914

PORTARIA Nº 2.914, DE 12 DE DEZEMBRO DE 2011

Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

O MINISTRO DE ESTADO DA SAÚDE, no uso das atribuições que lhe conferem os incisos I e II do parágrafo único do art. 87 da Constituição, e

Considerando a Lei nº 6.437, de 20 de agosto de 1977, que configura infrações à legislação sanitária federal e estabelece as sanções respectivas;

Considerando a Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990, que dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes;

Considerando a Lei nº 9.433, de 1º de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989;

Considerando a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, que dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos;

Considerando a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978;

Considerando o Decreto nº 79.367, de 9 de março de 1977, que dispõe sobre normas e o padrão de potabilidade de água;

Considerando o Decreto nº 5.440, de 4 de maio de 2005, que estabelece definições e procedimentos sobre o controle de qualidade da água de sistemas de abastecimento e institui

mecanismos e instrumentos para divulgação de informação ao consumidor sobre a qualidade da água para consumo humano; e

Considerando o Decreto nº 7.217, de 21 de junho de 2010, que regulamenta a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, que estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico, resolve:

Art. 1º Esta Portaria dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

CAPÍTULO I DAS DISPOSIÇÕES GERAIS

Art. 2º Esta Portaria se aplica à água destinada ao consumo humano proveniente de sistema e solução alternativa de abastecimento de água.

Parágrafo único. As disposições desta Portaria não se aplicam à água mineral natural, à água natural e às águas adicionadas de sais, destinadas ao consumo humano após o envasamento, e a outras águas utilizadas como matéria-prima para elaboração de produtos, conforme Resolução (RDC) nº 274, de 22 de setembro de 2005, da Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).

Art. 3º Toda água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, deve ser objeto de controle e vigilância da qualidade da água.

Art. 4º Toda água destinada ao consumo humano proveniente de solução alternativa individual de abastecimento de água, independentemente da forma de acesso da população, está sujeita à vigilância da qualidade da água.

CAPÍTULO II DAS DEFINIÇÕES

Art. 5º Para os fins desta Portaria, são adotadas as seguintes definições:

I - água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação e produção de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem;

II - água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido nesta Portaria e que não ofereça riscos à saúde;

III - padrão de potabilidade: conjunto de valores permitidos como parâmetro da qualidade da água para consumo humano, conforme definido nesta Portaria;

IV - padrão organoléptico: conjunto de parâmetros caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam risco à saúde;

V - água tratada: água submetida a processos físicos, químicos ou combinação destes, visando atender ao padrão de potabilidade;

VI - sistema de abastecimento de água para consumo humano: instalação composta por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição;

VII - solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano: modalidade de abastecimento coletivo destinada a fornecer água potável, com captação subterrânea ou superficial, com ou sem canalização e sem rede de distribuição;

VIII - solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano: modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares;

IX - rede de distribuição: parte do sistema de abastecimento formada por tubulações e seus acessórios, destinados a distribuir água potável, até as ligações prediais;

X - ligações prediais: conjunto de tubulações e peças especiais, situado entre a rede de distribuição de água e o cavalete, este incluído;

XI - cavalete: kit formado por tubos e conexões destinados à instalação do hidrômetro para realização da ligação de água;

XII - interrupção: situação na qual o serviço de abastecimento de água é interrompido temporariamente, de forma programada ou emergencial, em razão da necessidade de se efetuar reparos, modificações ou melhorias no respectivo sistema;

XIII - intermitência: é a interrupção do serviço de abastecimento de água, sistemática ou não, que se repete ao longo de determinado período, com duração igual ou superior a seis horas em cada ocorrência;

XIV - integridade do sistema de distribuição: condição de operação e manutenção do sistema de distribuição (reservatório e rede) de água potável em que a qualidade da água produzida pelos processos de tratamento seja preservada até as ligações prediais;

XV - controle da qualidade da água para consumo humano: conjunto de atividades exercidas regularmente pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água, destinado a verificar se a água fornecida à população é potável, de forma a assegurar a manutenção desta condição;

XVI - vigilância da qualidade da água para consumo humano: conjunto de ações adotadas regularmente pela autoridade de saúde pública para verificar o atendimento a esta Portaria, considerados os aspectos socioambientais e a realidade local, para avaliar se a água consumida pela população apresenta risco à saúde humana;

XVII - garantia da qualidade: procedimento de controle da qualidade para monitorar a validade dos ensaios realizados;

XVIII - coleta: ação de coletar nova amostra de água para consumo humano no ponto de coleta que apresentou alteração em algum parâmetro analítico; e

XIX - passagem de fronteira terrestre: local para entrada ou saída internacional de viajantes, bagagens, cargas, contêineres, veículos rodoviários e encomendas postais.

CAPÍTULO III
DAS COMPETÊNCIAS E RESPONSABILIDADES

Seção I

Das Competências da União

Art. 6º Para os fins desta Portaria, as competências atribuídas à União serão exercidas pelo Ministério da Saúde e entidades a ele vinculadas, conforme estabelecido nesta Seção.

Art. 7º Compete à Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS/MS):

I - promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água para consumo humano, em articulação com as Secretarias de Saúde dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios e respectivos responsáveis pelo controle da qualidade da água;

II - estabelecer ações especificadas no Programa Nacional de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (VIGIAGUA);

III - estabelecer as ações próprias dos laboratórios de saúde pública, especificadas na Seção V desta Portaria;

IV - estabelecer diretrizes da vigilância da qualidade da água para consumo humano a serem implementadas pelos Estados, Distrito Federal e Municípios, respeitados os princípios do SUS;

V - estabelecer prioridades, objetivos, metas e indicadores de vigilância da qualidade da água para consumo humano a serem pactuados na Comissão Intergestores Tripartite; e

VI - executar ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano, de forma complementar à atuação dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios.

Art. 8º Compete à Secretaria Especial de Saúde Indígena (SESAI/MS) executar, diretamente ou mediante parcerias, incluída a contratação de prestadores de serviços, as ações de vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano nos sistemas e soluções alternativas de abastecimento de água das aldeias indígenas.

Art. 9º Compete à Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) apoiar as ações de controle da qualidade da água para consumo humano proveniente de sistema ou solução alternativa de abastecimento de água para consumo humano, em seu âmbito de atuação, conforme os critérios e parâmetros estabelecidos nesta Portaria.

Art. 10. Compete à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) exercer a vigilância da qualidade da água nas áreas de portos, aeroportos e passagens de fronteiras terrestres, conforme os critérios e parâmetros estabelecidos nesta Portaria, bem como diretrizes específicas pertinentes.

Seção II

Das Competências dos Estados

Art. 11. Compete às Secretarias de Saúde dos Estados:

I - promover e acompanhar a vigilância da qualidade da água, em articulação com os Municípios e com os responsáveis pelo controle da qualidade da água;

II - desenvolver as ações especificadas no VIGIAGUA, consideradas as peculiaridades regionais e locais;

III - desenvolver as ações inerentes aos laboratórios de saúde pública, especificadas na Seção V desta Portaria;

IV - implementar as diretrizes de vigilância da qualidade da água para consumo humano definidas no âmbito nacional;

V - estabelecer as prioridades, objetivos, metas e indicadores de vigilância da qualidade da água para consumo humano a serem pactuados na Comissão Intergestores Bipartite;

VI - encaminhar aos responsáveis pelo abastecimento de água quaisquer informações referentes a investigações de surto relacionado à qualidade da água para consumo humano;

VII - realizar, em parceria com os Municípios em situações de surto de doença diarréica aguda ou outro agravo de transmissão fecal-oral, os seguintes procedimentos:

a) análise microbiológica completa, de modo a apoiar a investigação epidemiológica e a identificação, sempre que possível, do gênero ou espécie de microorganismos;

b) análise para pesquisa de vírus e protozoários, no que couber, ou encaminhamento das amostras para laboratórios de referência nacional, quando as amostras clínicas forem confirmadas para esses agentes e os dados epidemiológicos apontarem a água como via de transmissão; e

c) envio das cepas de *Escherichia coli* aos laboratórios de referência nacional para identificação sorológica;

VIII - executar as ações de vigilância da qualidade da água para consumo humano, de forma complementar à atuação dos Municípios, nos termos da regulamentação do SUS.

Seção III

Das Competências dos Municípios

Art. 12. Compete às Secretarias de Saúde dos Municípios:

I - exercer a vigilância da qualidade da água em sua área de competência, em articulação com os responsáveis pelo controle da qualidade da água para consumo humano;

II - executar ações estabelecidas no VIGIAGUA, consideradas as peculiaridades regionais e locais, nos termos da legislação do SUS;

III - inspecionar o controle da qualidade da água produzida e distribuída e as práticas operacionais adotadas no sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, notificando seus respectivos responsáveis para sanar a(s) irregularidade(s) identificada(s);

IV - manter articulação com as entidades de regulação quando detectadas falhas relativas à qualidade dos serviços de abastecimento de água, a fim de que sejam adotadas as providências concernentes a sua área de competência;

V- garantir informações à população sobre a qualidade da água para consumo humano e os riscos à saúde associados, de acordo com mecanismos e os instrumentos disciplinados no Decreto nº 5.440, de 4 de maio de 2005;

VI - encaminhar ao responsável pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano informações sobre surtos e agravos à saúde relacionados à qualidade da água para consumo humano;

VII - estabelecer mecanismos de comunicação e informação com os responsáveis pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água sobre os resultados das ações de controle realizadas;

VIII - executar as diretrizes de vigilância da qualidade da água para consumo humano definidas no âmbito nacional e estadual;

IX - realizar, em parceria com os Estados, nas situações de surto de doença diarréica aguda ou outro agravo de transmissão fecaloral, os seguintes procedimentos:

a) análise microbiológica completa, de modo a apoiar a investigação epidemiológica e a identificação, sempre que possível, do gênero ou espécie de microrganismos;

b) análise para pesquisa de vírus e protozoários, quando for o caso, ou encaminhamento das amostras para laboratórios de referência nacional quando as amostras clínicas forem confirmadas para esses agentes e os dados epidemiológicos apontarem a água como via de transmissão; e

c) envio das cepas de *Escherichia coli* aos laboratórios de referência nacional para identificação sorológica;

X - cadastrar e autorizar o fornecimento de água tratada, por meio de solução alternativa coletiva, mediante avaliação e aprovação dos documentos exigidos no art. 14 desta Portaria.

Parágrafo único. A autoridade municipal de saúde pública não autorizará o fornecimento de água para consumo humano, por meio de solução alternativa coletiva, quando houver rede de distribuição de água, exceto em situação de emergência e intermitência.

Seção IV

Do Responsável pelo Sistema ou Solução Alternativa Coletiva de Abastecimento de Água para Consumo Humano

Art. 13. Compete ao responsável pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano:

I - exercer o controle da qualidade da água;

II - garantir a operação e a manutenção das instalações destinadas ao abastecimento de água potável em conformidade com as normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e das demais normas pertinentes;

III - manter e controlar a qualidade da água produzida e distribuída, nos termos desta Portaria, por meio de:

a) controle operacional do(s) ponto(s) de captação, adução, tratamento, reservação e distribuição, quando aplicável;

b) exigência, junto aos fornecedores, do laudo de atendimento dos requisitos de saúde estabelecidos em norma técnica da ABNT para o controle de qualidade dos produtos químicos utilizados no tratamento de água;

c) exigência, junto aos fornecedores, do laudo de inocuidade dos materiais utilizados na produção e distribuição que tenham contato com a água;

d) capacitação e atualização técnica de todos os profissionais que atuam de forma direta no fornecimento e controle da qualidade da água para consumo humano; e

e) análises laboratoriais da água, em amostras provenientes das diversas partes dos sistemas e das soluções alternativas coletivas, conforme plano de amostragem estabelecido nesta Portaria;

IV - manter avaliação sistemática do sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água, sob a perspectiva dos riscos à saúde, com base nos seguintes critérios:

a) ocupação da bacia contribuinte ao manancial;

b) histórico das características das águas;

c) características físicas do sistema;

d) práticas operacionais; e

e) na qualidade da água distribuída, conforme os princípios dos Planos de Segurança da Água (PSA) recomendados pela Organização Mundial de Saúde (OMS) ou definidos em diretrizes vigentes no País;

V - encaminhar à autoridade de saúde pública dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios relatórios das análises dos parâmetros mensais, trimestrais e semestrais com informações sobre o controle da qualidade da água, conforme o modelo estabelecido pela referida autoridade;

VI - fornecer à autoridade de saúde pública dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios os dados de controle da qualidade da água para consumo humano, quando solicitado;

VII - monitorar a qualidade da água no ponto de captação, conforme estabelece o art. 40 desta Portaria;

VIII - comunicar aos órgãos ambientais, aos gestores de recursos hídricos e ao órgão de saúde pública dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios qualquer alteração da qualidade da água no ponto de captação que comprometa a tratabilidade da água para consumo humano;

IX - contribuir com os órgãos ambientais e gestores de recursos hídricos, por meio de ações cabíveis para proteção do(s) manancial(ais) de abastecimento(s) e das bacia(s) hidrográfica(s);

X - proporcionar mecanismos para recebimento de reclamações e manter registros atualizados sobre a qualidade da água distribuída, sistematizando-os de forma compreensível aos consumidores e disponibilizando-os para pronto acesso e consulta pública, em atendimento às legislações específicas de defesa do consumidor;

XI - comunicar imediatamente à autoridade de saúde pública municipal e informar adequadamente à população a detecção de qualquer risco à saúde, ocasionado por anomalia operacional no sistema e solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano ou por não conformidade na qualidade da água tratada, adotando-se as medidas previstas no art. 44 desta Portaria; e

XII - assegurar pontos de coleta de água na saída de tratamento e na rede de distribuição, para o controle e a vigilância da qualidade da água.

Art. 14. O responsável pela solução alternativa coletiva de abastecimento de água deve requerer, junto à autoridade municipal de saúde pública, autorização para o fornecimento de água tratada, mediante a apresentação dos seguintes documentos:

I - nomeação do responsável técnico habilitado pela operação da solução alternativa coletiva;

II - outorga de uso, emitida por órgão competente, quando aplicável; e

III - laudo de análise dos parâmetros de qualidade da água previstos nesta Portaria.

Art. 15. Compete ao responsável pelo fornecimento de água para consumo humano por meio de veículo transportador:

I - garantir que tanques, válvulas e equipamentos dos veículos transportadores sejam apropriados e de uso exclusivo para o armazenamento e transporte de água potável;

II - manter registro com dados atualizados sobre o fornecedor e a fonte de água;

III - manter registro atualizado das análises de controle da qualidade da água, previstos nesta Portaria;

IV - assegurar que a água fornecida contenha um teor mínimo de cloro residual livre de 0,5 mg/L; e

V - garantir que o veículo utilizado para fornecimento de água contenha, de forma visível, a inscrição "ÁGUA POTÁVEL" e os dados de endereço e telefone para contato.

Art. 16. A água proveniente de solução alternativa coletiva ou individual, para fins de consumo humano, não poderá ser misturada com a água da rede de distribuição.

Seção V

Dos Laboratórios de Controle e Vigilância

Art. 17. Compete ao Ministério da Saúde:

I - habilitar os laboratórios de referência regional e nacional para operacionalização das análises de maior complexidade na vigilância da qualidade da água para consumo humano, de acordo com os critérios estabelecidos na Portaria nº 70/SVS/MS, de 23 de dezembro de 2004;

II - estabelecer as diretrizes para operacionalização das atividades analíticas de vigilância da qualidade da água para consumo humano; e

III - definir os critérios e os procedimentos para adotar metodologias analíticas modificadas e não contempladas nas referências citadas no art. 22 desta Portaria.

Art. 18. Compete às Secretarias de Saúde dos Estados habilitar os laboratórios de referência regional e municipal para operacionalização das análises de vigilância da qualidade da água para consumo humano.

Art. 19. Compete às Secretarias de Saúde dos Municípios indicar, para as Secretarias de Saúde dos Estados, outros laboratórios de referência municipal para operacionalização das análises de vigilância da qualidade da água para consumo humano, quando for o caso.

Art. 20. Compete aos responsáveis pelo fornecimento de água para consumo humano estruturar laboratórios próprios e, quando necessário, identificar outros para realização das análises dos parâmetros estabelecidos nesta Portaria.

Art. 21. As análises laboratoriais para controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano podem ser realizadas em laboratório próprio, conveniado ou subcontratado, desde que se comprove a existência de sistema de gestão da qualidade, conforme os requisitos especificados na NBR ISO/IEC 17025:2005.

Art. 22. As metodologias analíticas para determinação dos parâmetros previstos nesta Portaria devem atender às normas nacionais ou internacionais mais recentes, tais como:

I - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater de autoria das instituições American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) e Water Environment Federation (WEF);

II - United States Environmental Protection Agency (USEPA);

III - normas publicadas pela International Standardization Organization (ISO); e

IV - metodologias propostas pela Organização Mundial da Saúde (OMS).

CAPÍTULO IV
DAS EXIGÊNCIAS APLICÁVEIS AOS SISTEMAS E SOLUÇÕES
ALTERNATIVAS COLETIVAS DE ABASTECIMENTO
DE ÁGUA PARA CONSUMO HUMANO

Art. 23. Os sistemas e as soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano devem contar com responsável técnico habilitado.

Art. 24. Toda água para consumo humano, fornecida coletivamente, deverá passar por processo de desinfecção ou cloração.

Parágrafo único. As águas provenientes de manancial superficial devem ser submetidas a processo de filtração.

Art. 25. A rede de distribuição de água para consumo humano deve ser operada sempre com pressão positiva em toda sua extensão.

Art. 26. Compete ao responsável pela operação do sistema de abastecimento de água para consumo humano notificar à autoridade de saúde pública e informar à respectiva entidade reguladora e à população, identificando períodos e locais, sempre que houver:

I - situações de emergência com potencial para atingir a segurança de pessoas e bens;

II - interrupção, pressão negativa ou intermitência no sistema de abastecimento;

III - necessidade de realizar operação programada na rede de distribuição, que possa submeter trechos a pressão negativa;

IV - modificações ou melhorias de qualquer natureza nos sistemas de abastecimento; e

V - situações que possam oferecer risco à saúde.

CAPÍTULO V DO PADRÃO DE POTABILIDADE

Art. 27. A água potável deve estar em conformidade com padrão microbiológico, conforme disposto no Anexo I e demais disposições desta Portaria.

§ 1º No controle da qualidade da água, quando forem detectadas amostras com resultado positivo para coliformes totais, mesmo em ensaios presuntivos, ações corretivas devem ser adotadas e novas amostras devem ser coletadas em dias imediatamente sucessivos até que revelem resultados satisfatórios.

§ 2º Nos sistemas de distribuição, as novas amostras devem incluir no mínimo uma recoleta no ponto onde foi constatado o resultado positivo para coliformes totais e duas amostras extras, sendo uma à montante e outra à jusante do local da recoleta.

§ 3º Para verificação do percentual mensal das amostras com resultados positivos de coliformes totais, as recoletas não devem ser consideradas no cálculo.

§ 4º O resultado negativo para coliformes totais das recoletas não anula o resultado originalmente positivo no cálculo dos percentuais de amostras com resultado positivo.

§ 5º Na proporção de amostras com resultado positivo admitidas mensalmente para coliformes totais no sistema de distribuição, expressa no Anexo I a esta Portaria, não são tolerados resultados positivos que ocorram em recoleta, nos termos do § 1º deste artigo.

§ 6º Quando o padrão microbiológico estabelecido no Anexo I a esta Portaria for violado, os responsáveis pelos sistemas e soluções alternativas coletivas de abastecimento de

água para consumo humano devem informar à autoridade de saúde pública as medidas corretivas tomadas.

§ 7º Quando houver interpretação duvidosa nas reações típicas dos ensaios analíticos na determinação de coliformes totais e *Escherichia coli*, deve-se fazer a coleta.

Art. 28. A determinação de bactérias heterotróficas deve ser realizada como um dos parâmetros para avaliar a integridade do sistema de distribuição (reservatório e rede).

§ 1º A contagem de bactérias heterotróficas deve ser realizada em 20% (vinte por cento) das amostras mensais para análise de coliformes totais nos sistemas de distribuição (reservatório e rede).

§ 2º Na seleção dos locais para coleta de amostras devem ser priorizadas pontas de rede e locais que alberguem grupos populacionais de risco à saúde humana.

§ 3º Alterações bruscas ou acima do usual na contagem de bactérias heterotróficas devem ser investigadas para identificação de irregularidade e providências devem ser adotadas para o restabelecimento da integridade do sistema de distribuição (reservatório e rede), recomendando-se que não se ultrapasse o limite de 500 UFC/mL.

Art. 29. Recomenda-se a inclusão de monitoramento de vírus entéricos no(s) ponto(s) de captação de água proveniente(s) de manancial(is) superficial(is) de abastecimento, com o objetivo de subsidiar estudos de avaliação de risco microbiológico.

Art. 30. Para a garantia da qualidade microbiológica da água, em complementação às exigências relativas aos indicadores microbiológicos, deve ser atendido o padrão de turbidez expresso no Anexo II e devem ser observadas as demais exigências contidas nesta Portaria.

§ 1º Entre os 5% (cinco por cento) dos valores permitidos de turbidez superiores ao VMP estabelecido no Anexo II a esta Portaria, para água subterrânea com desinfecção, o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser de 5,0 uT, assegurado, simultaneamente, o atendimento ao VMP de 5,0 uT em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede).

§ 2º O valor máximo permitido de 0,5 uT para água filtrada por filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta), assim como o valor máximo permitido de 1,0 uT

para água filtrada por filtração lenta, estabelecidos no Anexo II desta Portaria, deverão ser atingidos conforme as metas progressivas definidas no Anexo III a esta Portaria.

§ 3º O atendimento do percentual de aceitação do limite de turbidez, expresso no Anexo II a esta Portaria, deve ser verificado mensalmente com base em amostras, preferencialmente no efluente individual de cada unidade de filtração, no mínimo diariamente para desinfecção ou filtração lenta e no mínimo a cada duas horas para filtração rápida.

Art. 31. Os sistemas de abastecimento e soluções alternativas coletivas de abastecimento de água que utilizam mananciais superficiais devem realizar monitoramento mensal de *Escherichia coli* no(s) ponto(s) de captação de água.

§ 1º Quando for identificada média geométrica anual maior ou igual a 1.000 *Escherichia coli*/100mL deve-se realizar monitoramento de cistos de *Giardia spp.* e oocistos de *Cryptosporidium spp.* no(s) ponto(s) de captação de água.

§ 2º Quando a média aritmética da concentração de oocistos de *Cryptosporidium spp.* for maior ou igual a 3,0 oocistos/L no(s) pontos(s) de captação de água, recomenda-se a obtenção de efluente em filtração rápida com valor de turbidez menor ou igual a 0,3 uT em 95% (noventa e cinco por cento) das amostras mensais ou uso de processo de desinfecção que comprovadamente alcance a mesma eficiência de remoção de oocistos de *Cryptosporidium spp.*

§ 3º Entre os 5% (cinco por cento) das amostras que podem apresentar valores de turbidez superiores ao VMP estabelecido no § 2º do art. 30 desta Portaria, o limite máximo para qualquer amostra pontual deve ser menor ou igual a 1,0 uT, para filtração rápida e menor ou igual a 2,0 uT para filtração lenta.

§ 4º A concentração média de oocistos de *Cryptosporidium spp.* referida no § 2º deste artigo deve ser calculada considerando um número mínimo de 24 (vinte e quatro) amostras uniformemente coletadas ao longo de um período mínimo de um ano e máximo de dois anos.

Art. 32. No controle do processo de desinfecção da água por meio da cloração, cloraminação ou da aplicação de dióxido de cloro devem ser observados os tempos de contato e os valores de concentrações residuais de desinfetante na saída do tanque de contato expressos nos Anexos IV, V e VI a esta Portaria.

§ 1º Para aplicação dos Anexos IV, V e VI deve-se considerar a temperatura média mensal da água.

§ 2º No caso da desinfecção com o uso de ozônio, deve ser observado o produto concentração e tempo de contato (CT) de 0,16 mg.min/L para temperatura média da água igual a 15° C.

§ 3º Para valores de temperatura média da água diferentes de 15° C, deve-se proceder aos seguintes cálculos:

I - para valores de temperatura média abaixo de 15°C: duplicar o valor de CT a cada decréscimo de 10°C.

II - para valores de temperatura média acima de 15°C: dividir por dois o valor de CT a cada acréscimo de 10°C.

§ 4º No caso da desinfecção por radiação ultravioleta, deve ser observada a dose mínima de 1,5 mJ/cm² para 0,5 log de inativação de cisto de *Giardia spp.*

Art. 33. Os sistemas ou soluções alternativas coletivas de abastecimento de água supridas por manancial subterrâneo com ausência de contaminação por *Escherichia coli* devem realizar cloração da água mantendo o residual mínimo do sistema de distribuição (reservatório e rede), conforme as disposições contidas no art. 34 a esta Portaria.

§ 1º Quando o manancial subterrâneo apresentar contaminação por *Escherichia coli*, no controle do processo de desinfecção da água, devem ser observados os valores do produto de concentração residual de desinfetante na saída do tanque de contato e o tempo de contato expressos nos Anexos IV, V e VI a esta Portaria ou a dose mínima de radiação ultravioleta expressa no § 4º do art. 32 a desta Portaria.

§ 2º A avaliação da contaminação por *Escherichia coli* no manancial subterrâneo deve ser feita mediante coleta mensal de uma amostra de água em ponto anterior ao local de desinfecção.

§ 3º Na ausência de tanque de contato, a coleta de amostras de água para a verificação da presença/ausência de coliformes totais em sistemas de abastecimento e soluções

alternativas coletivas de abastecimento de águas, supridas por manancial subterrâneo, deverá ser realizada em local à montante ao primeiro ponto de consumo.

Art. 34. É obrigatória a manutenção de, no mínimo, 0,2 mg/L de cloro residual livre ou 2 mg/L de cloro residual combinado ou de 0,2 mg/L de dióxido de cloro em toda a extensão do sistema de distribuição (reservatório e rede).

Art. 35. No caso do uso de ozônio ou radiação ultravioleta como desinfetante, deverá ser adicionado cloro ou dióxido de cloro, de forma a manter residual mínimo no sistema de distribuição (reservatório e rede), de acordo com as disposições do art. 34 desta Portaria.

Art. 36. Para a utilização de outro agente desinfetante, além dos citados nesta Portaria, deve-se consultar o Ministério da Saúde, por intermédio da SVS/MS.

Art. 37. A água potável deve estar em conformidade com o padrão de substâncias químicas que representam risco à saúde e cianotoxinas, expressos nos Anexos VII e VIII e demais disposições desta Portaria.

§ 1º No caso de adição de flúor (fluoretação), os valores recomendados para concentração de íon fluoreto devem observar a Portaria nº 635/GM/MS, de 30 de janeiro de 1976, não podendo ultrapassar o VMP expresso na Tabela do Anexo VII a esta Portaria.

§ 2º As concentrações de cianotoxinas referidas no Anexo VIII a esta Portaria devem representar as contribuições da fração intracelular e da fração extracelular na amostra analisada.

§ 3º Em complementação ao previsto no Anexo VIII a esta Portaria, quando for detectada a presença de gêneros potencialmente produtores de cilindrospermopsinas no monitoramento de cianobactérias previsto no § 1º do art. 40 desta Portaria, recomenda-se a análise dessas cianotoxinas, observando o valor máximo aceitável de 1,0 µg/L.

§ 4º Em complementação ao previsto no Anexo VIII a esta Portaria, quando for detectada a presença de gêneros de cianobactérias potencialmente produtores de anatoxina-a(s) no monitoramento de cianobactérias previsto no § 1º do art. 40 a esta Portaria, recomenda-se a análise da presença desta cianotoxina.

Art. 38. Os níveis de triagem que conferem potabilidade da água do ponto de vista radiológico são valores de concentração de atividade que não excedem 0,5 Bq/L para atividade alfa total e 1Bq/L para beta total.

Parágrafo único. Caso os níveis de triagem citados neste artigo sejam superados, deve ser realizada análise específica para os radionuclídeos presentes e o resultado deve ser comparado com os níveis de referência do Anexo IX desta Portaria.

Art. 39. A água potável deve estar em conformidade com o padrão organoléptico de potabilidade expresso no Anexo X a esta Portaria.

§ 1º Recomenda-se que, no sistema de distribuição, o pH da água seja mantido na faixa de 6,0 a 9,5.

§ 2º Recomenda-se que o teor máximo de cloro residual livre em qualquer ponto do sistema de abastecimento seja de 2 mg/L.

§ 3º Na verificação do atendimento ao padrão de potabilidade expresso nos Anexos VII, VIII, IX e X, eventuais ocorrências de resultados acima do VMP devem ser analisadas em conjunto com o histórico do controle de qualidade da água e não de forma pontual.

§ 4º Para os parâmetros ferro e manganês são permitidos valores superiores ao VMPs estabelecidos no Anexo X desta Portaria, desde que sejam observados os seguintes critérios:

I - os elementos ferro e manganês estejam complexados com produtos químicos comprovadamente de baixo risco à saúde, conforme preconizado no art. 13 desta Portaria e nas normas da ABNT;

II - os VMPs dos demais parâmetros do padrão de potabilidade não sejam violados; e

III - as concentrações de ferro e manganês não ultrapassem 2,4 e 0,4 mg/L, respectivamente.

§ 5º O responsável pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água deve encaminhar à autoridade de saúde pública dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios informações sobre os produtos químicos utilizados e a comprovação de baixo risco à saúde, conforme preconizado no art. 13 e nas normas da ABNT.

CAPÍTULO VI DOS PLANOS DE AMOSTRAGEM

Art. 40. Os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistemas ou soluções alternativas coletivas de abastecimento de água para consumo humano, supridos por manancial superficial e subterrâneo, devem coletar amostras semestrais da água bruta, no ponto de captação, para análise de acordo com os parâmetros exigidos nas legislações específicas, com a finalidade de avaliação de risco à saúde humana.

§ 1º Para minimizar os riscos de contaminação da água para consumo humano com cianotoxinas, deve ser realizado o monitoramento de cianobactérias, buscando-se identificar os diferentes gêneros, no ponto de captação do manancial superficial, de acordo com a Tabela do Anexo XI a esta Portaria, considerando, para efeito de alteração da frequência de monitoramento, o resultado da última amostragem.

§ 2º Em complementação ao monitoramento do Anexo XI a esta Portaria, recomenda-se a análise de clorofila-a no manancial, com frequência semanal, como indicador de potencial aumento da densidade de cianobactérias.

§ 3º Quando os resultados da análise prevista no § 2º deste artigo revelarem que a concentração de clorofila-a em duas semanas consecutivas tiver seu valor duplicado ou mais, deve-se proceder nova coleta de amostra para quantificação de cianobactérias no ponto de captação do manancial, para reavaliação da frequência de amostragem de cianobactérias.

§ 4º Quanto a densidade de cianobactérias exceder 20.000 células/ml, deve-se realizar análise de cianotoxinas na água do manancial, no ponto de captação, com frequência semanal.

§ 5º Quando as concentrações de cianotoxinas no manancial forem menores que seus respectivos VMPs para água tratada, será dispensada análise de cianotoxinas na saída do tratamento de que trata o Anexo XII a esta Portaria.

§ 6º Em função dos riscos à saúde associados às cianotoxinas, é vedado o uso de algicidas para o controle do crescimento de microalgas e cianobactérias no manancial de abastecimento ou qualquer intervenção que provoque a lise das células.

§ 7º As autoridades ambientais e de recursos hídricos definirão a regulamentação das excepcionalidades sobre o uso de algicidas nos cursos d'água superficiais.

Art. 41. Os responsáveis pelo controle da qualidade da água de sistema e solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano devem elaborar e submeter para análise da autoridade municipal de saúde pública, o plano de amostragem de cada sistema e solução, respeitando os planos mínimos de amostragem expressos nos Anexos XI, XII, XIII e XIV.

§ 1º A amostragem deve obedecer aos seguintes requisitos:

I - distribuição uniforme das coletas ao longo do período; e

II - representatividade dos pontos de coleta no sistema de distribuição (reservatórios e rede), combinando critérios de abrangência espacial e pontos estratégicos, entendidos como:

a) aqueles próximos a grande circulação de pessoas: terminais rodoviários, terminais ferroviários entre outros;

b) edifícios que alberguem grupos populacionais de risco, tais como hospitais, creches e asilos;

c) aqueles localizados em trechos vulneráveis do sistema de distribuição como pontas de rede, pontos de queda de pressão, locais afetados por manobras, sujeitos à intermitência de abastecimento, reservatórios, entre outros; e

d) locais com sistemáticas notificações de agravos à saúde tendo como possíveis causas os agentes de veiculação hídrica.

§ 2º No número mínimo de amostras coletadas na rede de distribuição, previsto no Anexo XII, não se incluem as amostras extras (recoletas).

§ 3º Em todas as amostras coletadas para análises microbiológicas, deve ser efetuada medição de turbidez e de cloro residual livre ou de outro composto residual ativo, caso o agente desinfetante utilizado não seja o cloro.

§ 4º Quando detectada a presença de cianotoxinas na água tratada, na saída do tratamento, será obrigatória a comunicação imediata às clínicas de hemodiálise e às indústrias de injetáveis.

§ 5º O plano de amostragem para os parâmetros de agrotóxicos deverá considerar a avaliação dos seus usos na bacia hidrográfica do manancial de contribuição, bem como a sazonalidade das culturas.

§ 6º Na verificação do atendimento ao padrão de potabilidade expressos nos Anexos VII, VIII, IX e X a esta Portaria, a detecção de eventuais ocorrências de resultados acima do VMP devem ser analisadas em conjunto com o histórico do controle de qualidade da água.

§ 7º Para populações residentes em áreas indígenas, populações tradicionais, dentre outras, o plano de amostragem para o controle da qualidade da água deverá ser elaborado de acordo com as diretrizes específicas aplicáveis a cada situação.

CAPÍTULO VII DAS PENALIDADES

Art. 42. Serão aplicadas as sanções administrativas previstas na Lei nº 6.437, de 20 de agosto de 1977, aos responsáveis pela operação dos sistemas ou soluções alternativas de abastecimento de água que não observarem as determinações constantes desta Portaria, sem prejuízo das sanções de natureza civil ou penal cabíveis.

Art. 43. Cabe ao Ministério da Saúde, por intermédio da SVS/MS, e às Secretarias de Saúde dos Estados, do Distrito Federal dos Municípios, ou órgãos equivalentes, assegurar o cumprimento desta Portaria.

CAPÍTULO VIII DAS DISPOSIÇÕES FINAIS E TRANSITÓRIAS

Art. 44. Sempre que forem identificadas situações de risco à saúde, o responsável pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água e as autoridades de saúde

pública devem, em conjunto, elaborar um plano de ação e tomar as medidas cabíveis, incluindo a eficaz comunicação à população, sem prejuízo das providências imediatas para a correção da anormalidade.

Art. 45. É facultado ao responsável pelo sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água solicitar à autoridade de saúde pública a alteração na frequência mínima de amostragem de parâmetros estabelecidos nesta Portaria, mediante justificativa fundamentada.

Parágrafo único. Uma vez formulada a solicitação prevista no caput deste artigo, a autoridade de saúde pública decidirá no prazo máximo de 60 (sessenta) dias, com base em análise fundamentada no histórico mínimo de dois anos do controle da qualidade da água, considerando os respectivos planos de amostragens e de avaliação de riscos à saúde, da zona de captação e do sistema de distribuição.

Art. 46. Verificadas características desconformes com o padrão de potabilidade da água ou de outros fatores de risco à saúde, conforme relatório técnico, a autoridade de saúde pública competente determinará ao responsável pela operação do sistema ou solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano que:

- I - amplie o número mínimo de amostras;
- II - aumente a frequência de amostragem; e
- III - realize análises laboratoriais de parâmetros adicionais.

Art. 47. Constatada a inexistência de setor responsável pela qualidade da água na Secretaria de Saúde dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, os deveres e responsabilidades previstos, respectivamente, nos arts. 11 e 12 desta Portaria serão cumpridos pelo órgão equivalente.

Art. 48. O Ministério da Saúde promoverá, por intermédio da SVS/MS, a revisão desta Portaria no prazo de 5 (cinco) anos ou a qualquer tempo.

Parágrafo único. Os órgãos governamentais e não governamentais, de reconhecida capacidade técnica nos setores objeto desta regulamentação, poderão requerer a revisão desta Portaria, mediante solicitação justificada, sujeita a análise técnica da SVS/MS.

Art. 49. Fica estabelecido o prazo máximo de 24 (vinte e quatro) meses, contados a partir da data de publicação desta Portaria, para que os órgãos e entidades sujeitos à aplicação desta Portaria promovam as adequações necessárias ao seu cumprimento, no que se refere ao monitoramento dos parâmetros gosto e odor, saxitoxina, cistos de *Giardia* spp. e oocistos de *Cryptosporidium* spp.

§ 1º Para o atendimento ao valor máximo permitido de 0,5 uT para filtração rápida (tratamento completo ou filtração direta), fica estabelecido o prazo de 4 (quatro) anos para cumprimento, contados da data de publicação desta Portaria, mediante o cumprimento das etapas previstas no § 2º do art. 30 desta Portaria.

§ 2º Fica estabelecido o prazo máximo de 24 (vinte e quatro) meses, contados a partir da data de publicação desta Portaria, para que os laboratórios referidos no art. 21 desta Portaria promovam as adequações necessárias para a implantação do sistema de gestão da qualidade, conforme os requisitos especificados na NBR ISO/IEC 17025:2005.

§ 3º Fica estabelecido o prazo máximo de 24 (vinte e quatro) meses, contados a partir da data de publicação desta Portaria, para que os órgãos e entidades sujeitos à aplicação desta Portaria promovam as adequações necessárias no que se refere ao monitoramento dos parâmetros que compõem o padrão de radioatividade expresso no Anexo VIII a esta Portaria.

Art. 50. A União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios deverão adotar as medidas necessárias ao fiel cumprimento desta Portaria.

Art. 51. Ao Distrito Federal competem as atribuições reservadas aos Estados e aos Municípios.

Art. 52. Esta Portaria entra em vigor na data de sua publicação.

Art. 53. Fica revogada a Portaria nº 518/GM/MS, de 25 de março de 2004, publicada no Diário Oficial da União, Seção 1, do dia 26 seguinte, página 266.

ALEXANDRE ROCHA SANTOS PADILHA

ANEXO D– GNU OCTAVE

Diante da disponibilidade de programas disponíveis em meio a tantos outros, o programa GNU Octave (ver, Figura D1) destaca-se na literatura científica por tratar-se de um software de domínio público sendo considerado com um pacote genérico, já consolidado do Matlab, onde neste último, destaca-se por ser de domínio comercial, o qual necessita de uma licença paga. Obtém-se o arquivo de instalação ao acessar o endereço eletrônico <https://www.gnu.org/software/octave/#install>. O programa em questão pode ser executado nas plataformas Windows, Linux, BSD e macOS. Salienta-se ainda que o Octave, disponibiliza um manual acessando a links (<https://octave.org/doc/interpreter/>) ou em PDF (<https://octave.org/octave.pdf>)

Figura D1 – Interface do programa Octave

