



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ANALÍTICA E FÍSICO QUÍMICA
CURSO DE QUÍMICA BACHARELADO

CATARINA FERREIRA CIPAUBA DE LAVOR

VERIFICAÇÃO DA CONFORMIDADE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE PISCINAS
DE ACORDO COM A NBR 10818/2016

FORTALEZA

2019

CATARINA FERREIRA CIPAUBA DE LAVOR

**VERIFICAÇÃO DA CONFORMIDADE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE PISCINAS
DE ACORDO COM A NBR 10818/2016**

Monografia submetida à Coordenação do
Curso de Química Bacharelado, da
Universidade Federal do Ceará, como requisito
parcial para a obtenção do título de Graduação
em Química Bacharelado com habilitação
industrial.

Orientador didático-pedagógico: Prof. L. D.
Francisco Belmino Romero.

Orientador Profissional: Dra. Érika de Almeida
Sampaio Braga.

FORTALEZA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- L436v Lavor, Catarina Ferreira Cipauba de.
Verificação da conformidade da qualidade da água de piscinas de acordo com a norma NBR 10818/2016 / Catarina Ferreira Cipauba de Lavor. – 2019.
45 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Curso de Química, Fortaleza, 2019.
Orientação: Prof. Me. Francisco Belmino Romero.
Coorientação: Profa. Dra. Érika de Almeida Sampaio Braga.
1. Piscinas. 2. Saúde. 3. Qualidade da água. I. Título.

CDD 540

2019

CATARINA FERREIRA CIPAUBA DE LAVOR

**VERIFICAÇÃO DA CONFORMIDADE DA QUALIDADE DA ÁGUA DE PISCINAS
DE ACORDO COM A NBR 10818 2016**

Monografia apresentada ao Programa de Graduação em Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Graduação em Química Bacharelado com habilitação industrial.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. L.D. Francisco Belmino Romero (orientador didático-pedagógico)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dra. Érika de Almeida Sampaio Braga (Orientador Profissional)
Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC)

Msc. Luzia Suerlange Araújo dos Santos Mendes
Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC)

AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me guiado e me concedido a felicidade de conhecer pessoas especiais que me ajudaram durante todo o percurso acadêmico.

Ao meu pai Rosimiro Cipauba de Lavor por ter me incentivado a escolher esse curso antes do ensino médio, por ter me apoiado nos momentos difíceis da graduação, pela confiança e por todo o seu tempo e paciência em me levar e buscar todos os dias para as aulas.

A minha mãe Tereza Regina Ferreira Cipauba por todo o cuidado, apoio incondicional, compreensão, carinho e paciência.

Ao meu marido Ronnie Alexandre Ramos Semedo pelo incentivo nos momentos difíceis, apoio emocional, compreensão, amor e carinho.

A minha orientadora Dra. Érika de Almeida Sampaio Braga por toda a dedicação na execução desse trabalho, pela compressão, pela amiga maravilhosa que se fez para mim, por todo o aprendizado profissional ofertado, pela disponibilidade e paciência.

A meu orientador prof. Dr. Francisco Belmino Romero pela disponibilidade, atenção, incentivo, aprendizado e apoio.

As amigas que encontrei no NUTEC Erilândia e Cris por toda a ajuda, aprendizado, disponibilidade e amizade.

Ao Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC) pela oportunidade e pelo apoio. Aos amigos de laboratório Guilhermina, Leonardo e Fabiano pela ajuda e trocas de conhecimentos.

A prof^ª. Dra. Helena Becker por toda a orientação, aprendizado e experiências profissionais concedidas durante os dois anos que estagiei no laboratório de química ambiental (LAQA).

Ao ballet clássico e a minha amada prof. Mainara Albuquerque por fazer parte da minha formação pessoal e por me proporcionar momentos maravilhosos e necessários para encontrar fôlego nas dificuldades da graduação.

As minhas amigas de graduação Nátalía Gomes, Manuela, Raíssa, Thiciane e Renata pelo imenso apoio, cumplicidade e risadas, pois sem elas eu não teria conseguido.

Aos meus amigos Ruan Sá, Jéssica Gama, Jéssica Rolim, Jéssica Sales, Helena Mendes, Juliana Gomes e Mikaele Reis pela compressão, apoio e momentos maravilhosos compartilhados.

Por fim, a todos os professores que passaram por minha vida e a todos que contribuíram não apenas com este trabalho, mas com a minha formação.

RESUMO

Utilizadas para práticas de esportes aquáticos e lazer, as piscinas têm sua importância em nossa sociedade. A preocupação com a qualidade das águas desses ambientes é de fundamental importância para garantir que essas águas não sejam veículos de agentes patológicos para os usuários. O objetivo desse trabalho foi analisar a qualidade da água de piscinas e verificar se essas estão de acordo com a NBR 10818/2016. O tratamento inadequado empregado às piscinas implica em uma série de riscos para saúde dos banhistas. Para este estudo foram analisadas oito amostras de piscinas em escolas, residências, condomínios e hotéis. Os parâmetros físico-químicos utilizados foram pH, cloro livre, alcalinidade total, dureza total, dureza de cálcio e ferro total. As análises foram baseadas no Standard Methods for The Examination of Water and Wasterwater (APHA, 2012), sendo realizadas no Laboratório de Química Ambiental da Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC) durante o primeiro semestre de 2019. De acordo com os resultados obtidos, todas as amostras encontram-se inadequadas para uso de banhistas, as mesmas apresentaram dois ou mais parâmetros fora da faixa estabelecida como ideal pela norma, colocando em risco a saúde dos banhistas. O tratamento inadequado da água das piscinas, muitas vezes realizado por pessoas sem instrução para a tarefa, é o que justifica os resultados indesejáveis. Assim, temos como necessário uma fiscalização efetiva da qualidade da água das piscinas por parte do governo para preservar a saúde dos banhistas, já que atualmente não existe nenhum órgão competente para fiscalizar a qualidade dessas águas.

Palavras-chave: Piscinas. Saúde. Qualidade da água. Tratamento.

ABSTRACT

Used for water sports and leisure, swimming pools have their importance in our society. The concern with the water quality of these environments is of fundamental importance to ensure that these waters are not vehicles of pathological agents for the users. The objective of this work was to analyze the quality of the swimming pool water and verify if these are in agreement with the NBR 10818. The inadequate treatment used to the swimming pools implies in a series of risks for bathers health. For this study eight swimming pool samples were analyzed in schools, residences, condominiums and hotels. The physical-chemical parameters used were pH, free chlorine, total alkalinity, total hardness, calcium hardness and total iron. The analyzes were based on the Standart Methods for the Examination of Water and Wasterwater (APHA, 2012) and were carried out at the Environmental Chemistry Laboratory of the Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC) during the first half of 2019. According to the results obtained, all samples were inadequate for bathers, they had two or more parameters outside the range established as ideal by the standard, posing a risk to the bathers' health. Improper treatment of pool water, often performed by people with no instruction for the task, is what justifies undesirable results. Thus, we have as necessary an effective inspection of the quality of the water of the swimming pools by the government to preserve the health of the bathers, since at present there is no competent body to supervise the quality of these waters.

Keywords: Pools. Health. Water quality. Treatment.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo Geral	12
2.2	Objetivos Específicos	12
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1	Qualidade Biológica	13
3.2	Qualidade físico-química	14
3.3	Importância das piscinas	14
3.3.1	Importância social	14
3.3.2	Importância sanitária	14
3.3.3	Importância do tratamento	15
3.3.4	Doenças atribuídas ao uso das piscinas	15
3.4	Tratamento biológico	16
3.4.1	Desinfecção	16
3.5	Tratamento químico	16
3.6	Parâmetros físico-químicos	17
3.6.1	Potencial Hidrogeniônico (pH)	17
3.6.1.1	Importância do pH na faixa de 7,2 a 7,8	18
3.6.1.2	Compostos que afetam o pH	18
3.6.2	Cloro livre (Cl ₂)	19
3.6.2.1	Desinfecção com derivado clorado	19
3.6.2.2	Velocidade de desinfecção	20
3.6.2.3	Relação: pH / HClO / ClO pH	20
3.6.2.4	Vantagens do uso do cloro	20
3.6.2.5	Reações do cloro em meio aquoso	21
3.6.3	Alcalinidade total	21
3.6.3.1	Coagulação química	22
3.6.3.2	Ajuste de pH	23
3.6.3.3	Equações do equilíbrio	23
3.6.3.4	Redução do pH	23
3.6.3.5	Aumento do pH	23
3.6.4	Dureza total	24
3.6.5	Cálcio	24

3.6.6	Ferro total	25
4	MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1	Amostras	28
4.2	Realização das análises físico-químicas	28
4.3	Determinação de cloretos (<i>4500 Cl⁻ B – APHA, 2012</i>).....	28
4.3.1	Solução de cromato de potássio 5 %	28
4.3.2	Solução padrão de cloreto de sódio – 0,0141 N	28
4.3.3	Padronização da Solução de nitrato de prata – 0,0141 N	29
4.3.5	Procedimento para análise	29
4.4	Determinação da dureza total e cálcio (2340 C e 3500 Ca ⁺⁺ – APHA, 2012).....	29
4.4.1	Preparo de solução tampão pH 10	29
4.4.2	Preparo de solução padrão de EDTA 0,01 M	30
4.4.3	Padronização da solução de EDTA 0,01 M.....	30
4.4.4	Dureza total (DT)	30
4.4.5	Dureza de Cálcio (3500 Ca ⁺⁺ B – APHA, 2012)	31
4.5	Determinação de Fe total (<i>3500 Fe – APHA, 2012</i>)	31
4.5.1	Solução Cloridrato de hidroxilamina	31
4.5.2	Solução de Acetato de amônio	31
4.5.3	Solução de ortofenantrolina	31
4.5.4	Procedimento para análise	31
4.6	Determinação de pH (<i>4500 H⁺ B – APHA, 2012</i>)	32
4.7	Alcalinidade parcial (AP) e total (AT) (MACEDO, 2003)	32
4.7.1	Solução padrão de carbonato de sódio 0,02 N	33
4.7.2	Solução alcoólica de fenolftaleína 0,5%	33
4.7.3	Solução de alaranjado de metila 0,1 %	33
4.7.4	Solução de ácido sulfúrico 0,02 N	33
4.7.5	Padronização da solução de ácido sulfúrico 0,02 N	33
4.8	Estudo estatístico	34
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1	Discussão dos resultados para as análises de pH a 25°C	36
5.2	Discussão dos resultados para as análises de cloretos (Cl ⁻)	36
5.3	Discussão dos resultados para as análises de alcalinidade total	36
5.4	Discussão dos resultados para as análises de dureza total	37
5.5	Discussão dos resultados para as análises de dureza de cálcio (Ca ⁺⁺)	37
5.6	Discussão dos resultados para as análises de ferro total.....	38

5.7	Discussão do estudo estatístico	38
6	CONCLUSÃO	42
7	REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

As piscinas são tanques construídos de acordo com normas, podem ser confeccionadas de concreto, fibras ou outros materiais mais sofisticados como vidro e podem ser usadas para vários tipos de atividades tais como práticas de natação, mergulhos, saltos ornamentais e outras atividades desportivas, como polo aquático e hidroginástica, tratamento de doenças e reabilitação física, ou simplesmente para recreação. Geralmente é equipada com uma estação de tratamento de água própria para piscinas, como bomba de água para o bombeamento de água da mesma.

Durante o uso, banhistas deixam na água materiais como cabelos, pelos, cosméticos, células mortas e óleos da pele, suor, urina e outras secreções, além de seus próprios microrganismos. Mesmo com a piscina sem uso, os agentes atmosféricos, como ar, vento, chuvas, trazem poeiras, insetos, folhas, algas, fungos e bactérias, contribuindo para comprometer a qualidade das águas das piscinas. A própria água de abastecimento, conforme sua origem pode conter alguns ou todos contaminantes. Microrganismos mortos pela desinfecção também constituem material orgânico poluente. Os organismos vivos encontram nessa mistura um meio altamente propício para crescer e se multiplicar, ameaçando a saúde e o bem-estar dos banhistas, assim como a aparência da água. A limpeza física eficiente consegue eliminar a parte visível dessa poluição (folhas, insetos, poeira), mas as demais, que são invisíveis aos nossos olhos, misturam-se à água, passam pelo meio filtrante e entram em contato com os usuários. (Genco, 2010).

Os microrganismos vivos precisam ser eliminados para não crescerem e se multiplicarem. Desinfecção é o nome do processo que elimina 99,99% dos microrganismos vivos. O cloro, por suas diversas características, é o produto mais amplamente utilizado em todo o mundo para a desinfecção de águas para fins potáveis, industriais e recreacionais. Logo que é colocado na água, o cloro reage para formar o ácido hipocloroso (HOCl), também chamado cloro livre. Existem diversos tipos de produtos que, adicionados à água, dão formação ao ácido hipocloroso, que é o verdadeiro e poderoso desinfetante que em pouco tempo destrói os microrganismos presentes. Outras substâncias eventualmente presentes na água também reagem com o cloro livre, consumindo-o. Todas as substâncias presentes na água que consomem cloro livre (inclusive microrganismos) constituem o que se chama demanda de cloro. A quantidade de cloro livre que sobra na água após essas reações, ou seja, após atendida a demanda de cloro, é chamada de residual de cloro livre. Para que a água da piscina seja considerada sanitariamente segura ela deve conter residual de cloro livre da ordem de 2 a 4

ppm, porque esse nível assegura a destruição contínua e eficaz dos microrganismos. Esta é a função da cloração no tratamento de águas de piscinas. (Genco, 2010).

Uma ameaça ao poder desinfetante do cloro são os microrganismos mortos que somam-se às impurezas químicas (orgânicas e inorgânicas) e esse conjunto, se acumulado na água, passa a lhe transmitir aspecto desagradável como viscosidade, opacidade e a atrapalhar o processo de desinfecção, servindo de alimento para novos microrganismos. Outras impurezas químicas, aquelas que contém nitrogênio de origem amoniacal (orgânico ou inorgânico), como suor, urina, proteínas, aminoácidos, sais de amônio, entre outros, reagem com o cloro livre, consumindo-o, e dando formação ao cloro combinado e também a subprodutos indesejáveis (subprodutos da cloração). (Genco, 2010).

O cloro combinado, também chamado de cloramina, praticamente não tem poder desinfetante em águas de piscinas, mas apresenta cheiro forte “de cloro”, é irritante aos olhos e mucosas dos usuários e, em geral, é interpretado pelos banhistas como “excesso de cloro na água”. É aqui que se forma a grande confusão: cloro livre não tem cheiro, mesmo em residuais de 20 ppm. Cloro combinado exala cheiro forte e irritante a partir de 0,2 ppm. (Genco, 2010).

Metais presentes na água da piscina podem ser oriundos de corrosão dos equipamentos metálicos ou estar presentes na água de abastecimento. Quando encontram um oxidante, como o cloro, eles reagem para formar compostos coloridos. Parcialmente oxidados, esses metais (como ferro, cobre e manganês) são solúveis e colorem a água; totalmente oxidados, são insolúveis e precipitam para formar incrustações nas superfícies na forma de manchas coloridas. Nas piscinas de fibra de vidro também é comum aparecerem manchas metálicas escuras oriundas da reação de metais (presentes no interior da fibra) com oxidantes. (Genco, 2010).

A água de piscina deve, então, ser tratada para não produzir irritação nos olhos e mucosas dos banhistas, não corroer equipamentos, cimento ou argamassa e não depositar incrustações sobre as superfícies submersas. Obtém-se a água tratada mantendo o pH, a alcalinidade total, a dureza cálcica e a concentração de ferro, dentro da faixa ideal e em equilíbrio harmônico entre si.

Impulsionados por questões sociais e sanitárias o presente trabalho objetivou, de maneira geral, a verificação da qualidade da água de piscinas para a balneabilidade a partir dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos estabelecidos pela norma NBR 10818/2016, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): Qualidade de água para piscina.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O estudo tem como objetivo geral verificar a qualidade de oito amostras de águas de piscinas, coletadas em alguns pontos da cidade de fortaleza, a partir dos parâmetros físico-químicos estabelecidos pela NBR 10818, de maio de 2007, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): Qualidade de água para piscina.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar análises físico-químicas das amostras da água de piscina coletadas durante os meses de março, abril e maio de 2019;
- Comparar os resultados obtidos dos parâmetros analisados com os valores estabelecidos pela norma NBR 10818, de maio de 2007, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): Qualidade de água para piscina;
- Avaliar a qualidade da água da piscina para a balneabilidade.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Conforme citado na Norma brasileira NBR 10818/2016 da Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT), piscina é o conjunto de instalações destinadas às atividades aquáticas, compreendendo o tanque e demais componentes relacionados com o seu uso e funcionamento.

A NBR 10818/2016, qualidade de água de piscina, fixa as condições exigíveis para que a qualidade de água de piscina garanta sua utilização de maneira segura, sem causar prejuízos à saúde e ao bem-estar dos usuários.

A qualidade da água do tanque deve atender aos critérios estabelecidos da NBR 10818/2016 em relação a qualidade biológica e as qualidades físicas, químicas e físico-químicas.

Figura 1 – Piscina adequada para uso



Fonte: sanfordconstrutora (2019)

3.1 Qualidade biológica

A água da piscina não deve conter bactérias do grupo coliforme e/ou *Staphylococcus Aureus* e deve ser evitada a proliferação de algas. Quando da ocorrência de epidemias, ou quando a situação o exigir, recomenda-se a verificação de outros parâmetros como, a ausência *Pseudomonas aeruginosa* e *Cândida albicans*.

3.2 Qualidade físico-química

A água da piscina deve ter limpidez que permita perfeita visibilidade da parte mais profunda do tanque, a superfície deve estar livre de materiais flutuantes, e o fundo do tanque livre de detritos. O pH deve ser mantido entre 7,2 e 7,8.

3.3 Importância das piscinas

As piscinas se apresentam como locais que facilitam a prática de atividades consideradas importantes para a saúde e a convivência social.

O conceito de saúde da Organização Mundial de Saúde (OMS) considera a saúde como estado completo de bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doenças. A piscina é um lugar no qual se consegue combinar a atividade física com atividade social.

3.3.1 Importância social

Trata-se de um local de encontro nas residências, em escolas, em prédios, em condomínios, em clubes, em hotéis etc. No uso das piscinas a natação é encarada como um elemento necessário à saúde, à recreação, ao equilíbrio psico-fisiológico, levando a uma melhor qualidade de vida, por permitir a prática de esportes aquáticos.

3.3.2 Importância sanitária

Em um grupo de pessoas, entre os banhistas, podem existir portadores de patologias que, em função das mucosas e pele, apresentam menor resistência por causa das imersões prolongadas e do atrito com a água, e estas patologias têm facilidade de transmissão.

Outro aspecto importante é a qualidade da água da piscina, que com um tratamento inadequado, não assegura a redução da sua flora bacteriana a níveis considerados seguros, o que também facilita a transmissão de doenças.

Neste contexto, o saneamento tem importância no projeto, na operação, na manutenção e o funcionamento das piscinas, exigindo responsabilidade técnica e operadores capacitados, para manutenção da qualidade da água, impedindo a transmissão de doenças aos banhistas.

3.3.3 Importância do tratamento

Esvaziar e encher a piscina com água nova era o procedimento mais utilizado por grande parcela dos proprietários e tratadores de piscina para solucionar seus problemas quanto à qualidade da água. Isso era possível porque os custos com água nova, produtos químicos para atingir seu balanceamento, estabilização, oxidação e desinfecção nunca eram computados.

Com a imposição de restrições ao consumo de água e energia elétrica, a realidade é outra. Precisamos aprender a fazer melhor uso das riquezas disponíveis e nos empenharmos na sua manutenção. A piscina e sua água, devidamente tratadas, são riquezas importantes.

A ausência de tratamento deixará a água da piscina exposta a todo o tipo de contaminação, podendo ficar verde, turva e malcheirosa, provocando um visual desagradável e constituindo-se excelente foco de instalação e reprodução de microrganismos e larvas de mosquitos, inclusive do transmissor da dengue (*Aedes aegypti*). Podendo assim resultar alergias, irritações e infecções para os banhistas.

A melhor forma de manter a água livre de problemas, e a mais econômica, é manter a água da piscina bem tratada. A água bem tratada dispensa o uso frequente de corretivos, que sempre demandam funcionamento da filtração/recirculação (e consumo de energia) durante e ou após sua adição.

Uma piscina bem tratada fica com visual agradável o ano todo, ornamentando e justificando o investimento na sua construção.

3.3.4 Doenças atribuídas ao uso das piscinas

As doenças associadas ao uso de instalações como vestiários, solários, dentre outros, podem provocar a infecção de pele e dos olhos, tais como: pé-de-atleta (micose), impetigo (inflamação cutânea bacteriana) dermatites, conjuntivites etc.

As doenças associadas ao uso da piscina, propriamente dita, podem ser devidas à água não ser tratada adequadamente, ou ter passado por um tratamento precário ou, ainda, à água ter sido contaminada por algum banhista doente ou portador.

Dentre muitas destacam-se: a candidíase cutânea, a pitiríase versicolor, as piодermites, os resfriados, as sinusites, as inflamações da garganta, dos olhos, dos ouvidos, do nariz, além da febre tifoide, da paratifoide, da desintéria, da hepatite, dentre outras.

3.4 Tratamento biológico

3.4.1 Desinfecção

É o processo que tem por objetivo destruir os microrganismos patogênicos, ou seja, microrganismos que causam doenças, que podem estar presentes nas águas das piscinas e que tenham resistido às outras etapas do tratamento.

É o processo mais importante (crítico) de todo o tratamento, pois além de garantir a inexistência de microrganismo que são nocivos à saúde, tem por objetivo a manutenção da qualidade biológica da água. Esta condição é obtida normalmente por intermédio do cloro residual livre.

A desinfecção é obtida por meio físico (radiações ultravioleta e micro-ondas) e por ação de agentes químicos, tais como: o cloro, o ozônio, o permanganato de potássio, o bromo, o iodo, dentre outros.

Os melhores resultados, no entanto, têm sido obtidos com o cloro, seja na forma gasosa ou de seus compostos. Daí o termo cloração ser usado como sinônimo de desinfecção na prática de tratamento de água.

3.5 Tratamento químico

Os sólidos em suspensão, turbidez, são removidos por sedimentação simples ou sedimentados por coagulação / floculação, e posterior aspiração. Os microrganismos também são removidos, entretanto, o processo de desinfecção é o mais apropriado para reduzir os microrganismos a níveis seguros.

Para garantir a qualidade das águas das piscinas é necessário verificar o pH no início do tratamento e corrigir o pH devendo ser levemente alcalino. A alcalinidade total e o cloro livre também são parâmetros iniciais do tratamento químico.

Se houver grande variação de pH da água, verificar se a alcalinidade se encontra entre 80 a 120 ppm. Corrigir a alcalinidade adicionando bicarbonato de sódio (NaHCO₃). O íon bicarbonato (HCO₃⁻) funcionará como um tampão, conforme as reações 1 e 2:

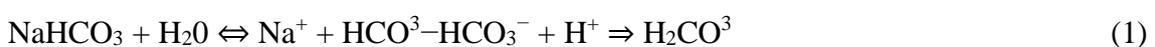


Tabela 1 – Problemas mais comuns em águas de piscinas

Problema	Causa provável	Solução
Água turva	Partículas ou organismos em suspensão	Supercloração e filtração
Água verde e turva	Presença de algas	Supercloração
Água marrom	Presença de Fe e/ou Mn na forma oxidada	Supercloração e filtração
Cheiro forte de cloro	Cloraminas, pH baixo	Supercloração e elevar o pH
Barrado gorduroso	Protetor solar, bronzeadores e/ou fuligem	Limpar as bordas com solução de Hipoclorito a 2%
Corrosão de metais	Valor de pH baixo	Elevar o pH
Irritação dos olhos e pele	Valor de pH inadequado	Corrigir o pH
Cabelos duros e/ou verdes e pele ressecada	Excesso de metais como alumínio ou cobre	Remover os metais pela floculação
Pele brilhando quando está molhada parecendo plástico	Valor de pH inadequado	Corrigir o pH

Fonte: (SBRT, 2007)

3.6 Parâmetros físico-químicos

3.6.1 Potencial Hidrogeniônico (pH)

O pH mostra o quanto uma água está ácida ou alcalina. O ajuste do pH assegura a interação química do cloro com as bactérias que ele deve eliminar.

Representa a intensidade das condições ácidas ou alcalinas por meio da medição da presença do íon H^+ . É a medida quantitativa do valor da acidez ou basicidade do meio e varia de 0 a 14.

pH < 7 faixa ácida;

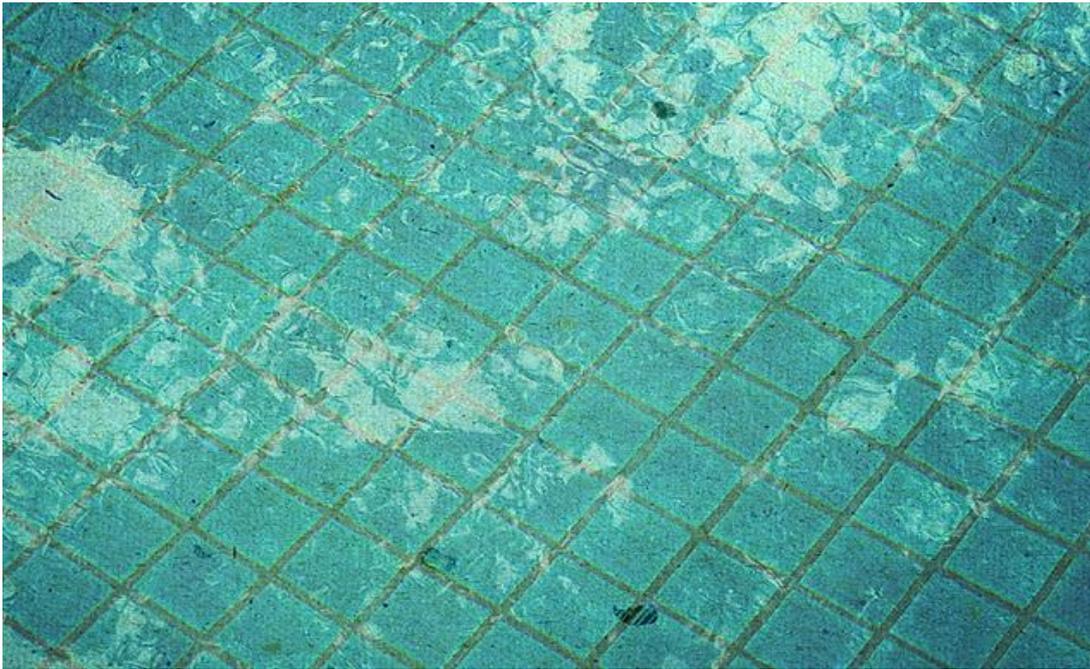
pH = 7 ponto neutro;

pH > 7 faixa alcalina.

De acordo com a NBR 10818/2016, o equilíbrio físico-químico das águas de piscinas é atingido quando o valor do pH do meio é ajustado na faixa de 7,2 a 7,8.

O pH fora da faixa causar irritação nos olhos e pele dos usuários e outras consequências indesejáveis como corrosão a equipamentos metálicos caso o pH esteja ácido e incrustações em equipamentos e nas superfícies internas das piscinas caso o pH esteja alcalino.

Figura 2 – Piscina com incrustações



Fonte: GENCO (2010)

Outra consequência se dá sobre o desempenho dos outros produtos químicos que se usam na piscina, o poder desinfetante do cloro é mais eficiente quando o pH está na faixa ideal. O pH deve ser medido diariamente e corrigido se necessário.

3.6.1.1 Importância do pH na faixa de 7,2 a 7,8

- Conforto dos banhistas: evita a irritação dos olhos e da pele dos usuários;
- Desinfecção: o cloro é instável na faixa ácida, embora ele seja mais ativo nesta faixa, o que não acontece de modo tão intenso na faixa alcalina. Em pH muito elevado ($\text{pH} > 8,0$), o cloro tem sua ação desinfetante bastante reduzida. A água ácida é irritante aos olhos e mucosas, e quando alcalina é desengraxante.
- Coagulação: existe um pH ótimo para ocorrer à coagulação, entretanto, no tratamento a água deve apresentar uma alcalinidade entre 80 a 120ppm, como CaCO_3 , para melhor floculação.
- Corrosão: baixos valores de pH podem contribuir para sua corrosividade e agressividade no sistema de recirculação.
- Incrustações: valores altos de pH possibilitam a formação de incrustações nas tubulações.
- Turbidez: valores de pH muito alto ($\text{pH} > 11$) provoca precipitação de metais (Cálcio /Ferro), resultando em turbidez.
- Algas: pH acima de 8,0 favorece o crescimento de algas.

3.6.1.2 Compostos que afetam o pH

- cloro gasoso, cloro orgânico, ácido clorídrico, bissulfato de sódio, são compostos ácidos que abaixam o pH.
- hipoclorito de cálcio, hipoclorito de sódio, carbonato de sódio (barrilha), hidróxido de sódio, hidróxido de cálcio, são compostos alcalinos que elevam o pH.
- suor, urina, água de chuva, abaixam o pH.

3.6.2 Cloro livre (Cl_2)

A concentração de cloro na água do tanque deve ser mantida entre 0,8 a 3,0 $mgCl_2L^{-1}$ e na água do lava-pés deve ser no mínimo de 3,0 $mgCl_2L^{-1}$. Um dos principais constituintes aniônicos das águas e efluentes é o cloreto. Ele ocorre naturalmente ou devido a poluição em águas doces. As descargas de esgotos sanitários em águas superficiais e efluentes domésticos são fontes importantes. Cada pessoa expele através da urina aproximadamente 6 g de cloreto ao dia, logo, os esgotos apresentam concentrações de cloreto que ultrapassam 15 mg/L, assim esse íon pode funcionar como indicador de poluição por parte de esgotos sanitário. (BECKER, 2010).

Concentrações elevadas de cloretos na água a tornam corrosiva, podendo causar danos a tubulações metálicas e estruturas de concreto. Nos processos de tratamento o teor de cloreto não é afetado, pode ser apenas reduzido por diluição ou eliminado por trocadores iônicos, osmose reversa ou evaporação. (POHLING, 2009). Devido a boa solubilidade dos cloretos em água, elas não causam incrustações.

3.6.2.1 Desinfecção com derivado clorado

Quando um derivado clorado é adicionado à água, desejamos que exista no meio apenas HClO (ácido hipocloroso) e ClO^- (hipoclorito), que é o denominado cloro residual livre (CRL) responsável pelo processo de desinfecção.

O chamado cloro residual combinado (CRC) e as cloraminas inorgânicas são indesejáveis, pois além de consumir o HClO, levam à formação do odor característico de cloro. A presença de CRC é devido à reação da amônia (NH_3) com HClO. Cada 1mg de NH_3 leva ao consumo de quase 19,0 mg de CRL.

Deve-se adicionar mais cloro até oxidar todas as cloraminas inorgânicas. A origem dos compostos nitrogenada pode ser de origem natural ou resultante da presença de urina, suor, algas etc. A ação bacteriana das cloraminas inorgânicas é muito menor que do ácido hipocloroso e do ânion hipocloroso. As cloraminas são eliminadas pela supercloração.

3.6.2.2 Velocidade de desinfecção

Ácido Hipocloroso (HClO) = 2 minutos

Íon Hipocloroso (ClO⁻) = 110 minutos

Cloraminas NH₂Cl / NHCl₂ / NCl₃) = 6 horas

3.6.2.3 Relação: pH / HClO / ClO⁻

Tabela 2 – relação pH/HClO/ClO⁻

pH	HClO	ClO ⁻
5	100%	0%
6	97%	3%
7	80%	20%
8	30%	70%

Fonte: (SBRT, 2007)

A faixa ideal de CRL é de 1 a 3mg/l, expressos em função de Cl₂. Nos lava-pés é recomendado um residual de 15 a 25mg Cl₂.L⁻¹.

O tratamento clássico para desinfecção das águas de piscinas, assim com as águas de abastecimento público, é por meio da cloração, seja empregado cloro gasoso, um de seus derivados líquidos ou sólidos ou, ainda, pela geração eletrolítica de cloro a partir do cloreto de sódio (sal de cozinha).

Outros métodos alternativos de desinfecção, tais como: radiação ultravioleta, gás ozônio, água oxigenada, íons de metais de transição (Cu/Ag), dentre outros, na verdade não prescindem do uso do cloro, seja como oxidante, como desinfetante ou como mantenedor de residual desinfetante, assim como nenhum reúne tantas vantagens, como baixo custo e a longa experiência adquirida (quase um século).

Alguns protozoários são resistentes ao cloro (ex: *Kriptosporidium*), porém, estes mesmos são retidos nos filtros.

Vale destacar que o Cloro granulado não deve ser jogado diretamente em piscinas de fibra de vidro, vinil ou pintadas. Deve antes ser dissolvido anteriormente num balde. O residual de cloro livre, até 20ppm, não tem cheiro.

3.6.2.4 Vantagens do uso do cloro

- Elevado poder germicida que elimina a maioria dos tipos de microrganismos patogênicos;
- Elevado poder oxidante que elimina resíduos dos microrganismos mortos.

- Manutenção de residual impedindo a reinfecção;
- Baixa toxicidade nas concentrações recomendadas para uso;
- Capacidade de reação com compostos sulfurados e nitrogenados que conferem sabor e odor desagradáveis;
- Facilidade de análises no campo;
- Disponibilidade sob diferentes formas, como gás, líquido, sólido (grânulos, tabletes).

De acordo com a OMS, a desinfecção por cloração ainda é melhor garantia de se ter água micro biologicamente segura.

3.6.2.5 Reações do cloro em meio aquoso



- O ácido hipocloroso (HClO) é o agente bactericida e oxidante mais potente.
- O cloro residual livre (CRL) é o cloro nas formas Cl_2 , HClO e ClO^- .

3.6.3 Alcalinidade total

A alcalinidade indica a concentração de ânions de sais de ácidos fracos e álcalis cáusticos livres, presentes na água. Entre os sais responsáveis pela alcalinidade das águas citam-se os bicarbonatos (mais frequentes), os carbonatos, os boratos, os silicatos, os fosfatos e os humatos.

Em águas com pH na faixa de 6 a 8, a alcalinidade está na forma de bicarbonato (HCO_3^-) em equilíbrio com o gás carbônico, conforme a equação 5:



Este equilíbrio pode ser deslocado para a esquerda ou para a direita dependendo do produto usado na fase de tratamento. Compostos alcalinos aumentam o pH, e compostos ácidos abaixam o pH.

3.6.3.1 Coagulação Química

A adição do coagulante (geralmente sal de Alumínio) às águas provoca abaixamento do pH pela liberação do íon H^+ ao meio aquoso, conforme a equação 6:



A alcalinidade atua como tampão, combinando com o íon H^+ conforme a equação 7, impedindo demasiado abaixamento do pH, e proporcionando um pH dentro da faixa ideal de coagulação:



Para uma completa coagulação de uma água há necessidade de certo residual de alcalinidade. A faixa de residual desejada é de 80 a 120 mg $CaCO_3L^{-1}$. A alcalinidade deve ser ajustada com bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$). Deve ser evitado o uso de carbonato de sódio (Na_2CO_3), pois este composto aumenta o pH e não contribui para o aumento da alcalinidade do bicarbonato, parâmetro importante para o equilíbrio físico-químico da água e para o controle do crescimento de algas.

Figura 3 – Piscina com algas



Fonte: GENCO (2010)

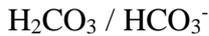
Para aumentar a alcalinidade de 1 litro de água em 10 mgL^{-1} ($10 \text{ mgCaCO}_3L^{-1}$) é necessário adicionar 0,0168g de bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$).

A quantidade de coagulante (normalmente sais de Al) pode ser calculada, estequiometricamente, conhecendo a concentração da alcalinidade, conforme a equação 8:



3.6.3.2 Ajuste de pH

Na faixa de pH de 6,0 a 8,0 o equilíbrio carbônico das águas apresenta um interesse especial:



3.6.3.3 Equações do equilíbrio:



$$K = [\text{H}^+] \times [\text{HCO}_3^-] / [\text{H}_2\text{CO}_3] \quad (1)$$

$$\log K = \log [\text{H}^+] + \log \{ [\text{HCO}_3^-] / [\text{H}_2\text{CO}_3] \} ; x(-1) \quad (2)$$

$$-\log K = -\log [\text{H}^+] - \log \{ [\text{HCO}_3^-] / [\text{H}_2\text{CO}_3] \} \quad (3)$$

$$\log [\text{H}_2\text{CO}_3] = \text{pk} - \text{pH} + \log [\text{HCO}_3^-] \quad (4)$$

$$\text{temos: } [\text{HCO}_3^-] = [\text{alcalinidade} / 61] \text{ e } \text{pK} = 6,35 \quad (5)$$

$$\log [\text{H}_2\text{CO}_3] = 10,635 + \log [\text{alcalinidade} / 61] - \text{pH} \quad (6)$$

Conhecendo o número de moles/litro da alcalinidade e o valor do pH do meio calcula-se, pela equação 6, a concentração do ácido carbônico (H_2CO_3) em moles/litro. Com este valor encontramos a dosagem necessária de ácido ou base para reduzir ou aumentar o pH da água da piscina.

3.6.3.4 Redução do pH:

$$\text{N}^\circ \text{ de moles do ácido a ser adicionado} = [\text{H}_2\text{CO}_3] \text{ no pH final} - [\text{H}_2\text{CO}_3] \text{ no pH inicial} \quad (7)$$

3.6.3.5 Aumento do pH:

$$\text{N}^\circ \text{ de moles da base a ser adicionado} = [\text{H}_2\text{CO}_3] \text{ no pH inicial} - [\text{H}_2\text{CO}_3] \text{ no pH final} \quad (8)$$

3.6.4 Dureza Total

A dureza indica a concentração de cátions na água, principalmente cálcio e magnésio, além de outros metais, excetuando o sódio e o potássio. A dureza pode ser classificada como dureza temporária e dureza permanente.

A dureza temporária, ou dureza carbonato, é quimicamente equivalente aos bicarbonatos presentes na água, correspondendo à alcalinidade. É denominada temporária, porque a serem fervidas o cálcio e o magnésio precipitam na forma de carbonato insolúvel.

A dureza permanente, ou dureza não carbonato, corresponde a toda dureza não ligada quimicamente aos bicarbonatos.

A dureza é expressa em termos de mg/L de CaCO_3 e, em relação à concentração, pode ser classificada em:

Branda: < 50 mg/L de CaCO_3

Moderada: entre 50 mg/L e 150 mg/L de CaCO_3

Dura: entre 150 e 300 mg/L de CaCO_3

Muito dura: > 300 mg/L de CaCO_3

Os inconvenientes de uma água dura são incrustações, entupimento de filtros, dentre outros, provocando desfavoráveis ao equilíbrio.

O uso de produtos à base de cálcio aumenta a dureza da água e, conseqüentemente, a possibilidade de formação de incrustações na piscina.

Para diminuir a dureza deve-se escoar parte da água da piscina e repor o volume com água da rede. As águas duras (dureza > 100 $\text{mgCaCO}_3\cdot\text{L}^{-1}$) são tamponadas, não variando o pH devido à água de chuva (que é ácida). (BECKER, 2008).

3.6.5 Cálcio

Dureza cálcica de uma água é a medida, geralmente expressa em ppm, de seu conteúdo em sais de cálcio dissolvidos. Nas águas de piscinas, a preocupação com a dureza cálcica é justificada pelo fato de os sais de cálcio se combinarem com a alcalinidade, em pH elevado, para formar compostos insolúveis, os quais, quando presentes em grandes quantidades, provocam turbidez da água e incrustações calcáreas nos aquecedores e em outras superfícies. Alta dureza cálcica também diminui a eficiência da desinfecção. Águas com dureza

excessivamente baixa também podem causar problemas como corrosão de argamassa (e outros materiais que contenham cálcio em sua composição, como cimento, cal, gesso etc.) e de metais. A dureza cálcica recomendada para águas de piscinas é aquela que, situando-se na faixa ideal de 200 a 400 ppm, completa o seu equilíbrio, em alinhamento com o pH ideal e a alcalinidade total ideal. (Genco Química Industrial, 2010).

3.6.6. Ferro total

As águas naturais contêm ferro em quantidades pequenas e variáveis, embora sua distribuição e abundância sejam significativas. A concentração e a carga dos íons de compostos de ferro nos diferentes tipos de água dependem das condições do meio. (POHLING, 2009).

Figura 4 – Piscina com manchas metálicas



Fonte: vidaagropecuaria.com.br (2019)

O ferro normalmente ocorre em águas subterrâneas como ferro ferroso (Fe^{2+}) dissolvido. O ferro se dissolve no solo pela ação da água de chuva saturada com dióxido de carbono (CO_2) em condições de redução na sua forma bivalente, como hidrogenocarbonato de ferro $[\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2]$. Na presença de teores de CO_2 elevados de íons de amônio e do gás sulfídrico (H_2S) com deficiência de oxigênio, a água de chuva pode também dissolver, em camadas mais profundas do solo, compostos de ferro como hematita (Fe_2O_3), magnetita (Fe_3O_4), siderita (FeCO_3) ou pirita (FeS_2), mesmo sendo estas dificilmente solúveis. (POHLING, 2009).

O ferro está presente na água em seus estados de oxidação Fe^{2+} (íon férrico) e Fe^{3+} (íon ferroso) e geralmente está associado ao manganês. O ferro ferroso é mais solúvel, portanto, é responsabilizado pelos inconvenientes na água. O ferro, embora não seja tóxico, causa problemas aos sistemas de abastecimento, por conferir cor e sabor a água, provocar manchas em roupas e utensílios. Causa ainda deposição em canalizações e o desenvolvimento de ferro-

bactérias, que provocam contaminação biológica. Logo, o ferro é um padrão que indica a potabilidade das águas, a Portaria 36 do Ministério da saúde estabelece 0,3 mg/L como limite aceitável de Ferro. (BECKER, 2010).

Em piscinas quando há ocorrência de corrosão ou formação de depósitos no tanque, ou quando a água se apresentar com coloração anormal ou falta de limpidez, recomenda-se a verificação do teor de ferro na piscina. (NRT 10818, NOV/1989).

O ferro é determinado em água, comumente, por meio de espectrometria. Através de reação de complexação com a ortofenantrolina. Na determinação de ferro total é necessária a redução de Fe^{3+} a Fe^{2+} , antes da determinação espectrofotométrica. Para isso são adicionados hidroxilamina em meio ácido sob aquecimento. Para a remoção pode ser realizada por filtros, osmose reversa ou precipitação do Fe^{3+} . (POHLING, 2009).

4. MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de água de piscinas foram coletadas no período de março a maio de 2019 seguindo-se os procedimentos descritos no Guia Nacional de Coletas e Preservação de Águas e Efluentes da Agência Nacional de Águas. (ANA, 2012).

Os parâmetros selecionados para o estudo da qualidade das amostras das águas das piscinas foram baseados nos parâmetros estabelecidos pela ABNT/NBR 10818/2016 para a água da piscina.

As análises foram realizadas em duplicata no Laboratório de Química Ambiental da Fundação Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará (NUTEC) de acordo com Standard Methods for The Examinations of Water and Wastewater, (APHA, 2012). A tabela 1 mostra os parâmetros analisados, equipamentos e metodologia.

Tabela 1 – Parâmetros e materiais para as análises

PARÂMETROS	EQUIPAMENTOS	MÉTODOS	REAGENTES
Cloretos (mgCl.L ⁻¹)		4500 Cl ⁻ B - APHA, 2012	Solução padrão de AgNO ₃ 0,0141 M Cromato de potássio
Dureza total (mgCaCO ₃ .L ⁻¹)		2340 DT – APHA, 2012	Solução padrão de EDTA 0,01 M Solução tampão pH 10 Trietanolamina Negro de Eriocromo T
Cálcio (mgCa ₂ .L ⁻¹)		2340 DT – APHA, 2012	NaOH 10% Murexida EDTA 0,01 M
Ferro total (mgFe.L ⁻¹)		3500 Fe – APHA, 2012	Solução padrão de Ferro de 10,0 ppm HCl concentrado Cloridrato de hidroxilamina Acetato de amônia Ortofenantrolina
pH à 25°C		4500 H ⁺ B – APHA, 2012	Soluções tampões pH 4,0 e 7,0
Alcalinidade (mgCaCO ₃ .L ⁻¹)		MACEDO, 2003	H ₂ SO ₄ 0,01 M Fenolftaleína Amaranjado de metila

Fonte: elaborada pelo autor.

4.1 Amostras

As oito amostras analisadas foram nomeadas como P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P8 para facilitar o estudo. Os nomes dos hotéis, da escola e dos residenciais foram preservados.

Amostra P1- Piscina do Hotel 1
Amostra P2- Piscina do Hotel 1
Amostra P3- Piscina do Hotel 2
Amostra P4- Piscina de Residência
Amostra P5- Piscina do Hotel 3
Amostra P6- Piscina de Escola
Amostra P7- Piscina do Condomínio 1
Amostra P8- Piscina do Condomínio 2

4.2 Realização das análises físico-químicas

Para a realização das análises físico-químicas das amostras coletadas, foram utilizados os métodos titulométrico e espectrofotométrico. O método titulométrico foi utilizado para as análises dos parâmetros alcalinidade total, dureza total, cálcio e cloretos.

O método espectrofotométrico foi utilizado para a determinação de ferro total.

O equipamento utilizado foi o espectrofotômetro marca Thermo Scientific, modelo Orion Aquamate 8000. Foram construídas curvas de calibração de soluções padrões de concentrações conhecidas de cada parâmetro versus a leitura da absorbância para o cálculo da concentração através da regressão linear, para obter a equação da reta, construída pelo próprio equipamento, que também, já mostra o valor da concentração diretamente no visor. Os reagentes utilizados para o preparo das soluções necessárias para as análises foram de pureza analítica (P.A.) de procedência Merck e Vetec.

4.3 Determinação de cloretos (4500 Cl⁻ B – APHA, 2012)

4.3.1 Solução de cromato de potássio 5 %

Pesou-se 5 g de cromato de potássio fez-se diluição com água milliQ transferiu-se para um balão volumétrico de 100 ml e aferiu-se.

4.3.2 Solução padrão de cloreto de sódio – 0,0141 N

Secou-se o reagente cloreto de sódio (NaCl) por 2 horas em estufa à temperatura de 100-105°C, esfriou-se em dessecador por 30 minutos e pesou-se 0,8240 g. Transferiu-se para balão volumétrico de 1 L e aferiu-se com água milliQ.

4.3.3 Solução de nitrato de prata – 0,0141 N

Pesou-se 2,395 g de nitrato de prata, dissolveu-se com água miliQ, em seguida a solução foi transferida para um balão volumétrico de 1L e aferiu-se.

4.3.4 Padronização da solução de nitrato de prata – 0,0141N

Pipetou-se 20 ml da solução padrão de cloreto de sódio - 0,0141N, transferiu-se para um erlenmeyer de 250 ml. Adicionou-se 1 ml de cromato de potássio 5% e foi realizada titulação com a solução de nitrato de prata até mudança de coloração de amarelo para marrom telha.

a) O cloreto será expresso em (mg Cl⁻.L⁻¹), segundo a equação 9:

$$\text{Cl}^- (\text{mg Cl}^- \cdot \text{L}^{-1}) = V \times F \times N \times 500 / V_{\text{amostra}} \quad (9)$$

Onde:

V = volume médio gasto da solução AgNO₃ 0,0141N de gasto na titulação

F = fator de correção da solução de AgNO₃ 0,0141N

M = concentração da solução de AgNO₃ 0,0141N

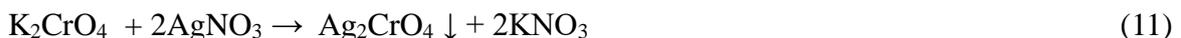
4.3.5 Procedimento para análise

Por meio de volumetria direta, utilizando-se o método de Mohr, foi determinado a concentração de cloretos das amostras. Foi adicionado 1 ml da solução de cromato de potássio (K₂CrO₄) - 5 % em 50 ml ou um volume diluído da amostra e em seguida titulou-se com nitrato de prata (AgNO₃) – 0,0141 N até a mudança de coloração amarela para a cor marrom telha.

Para o cloreto, reação da titulação direta formando precipitado branco cloreto de prata (AgCl), segundo a reação 10:



Reação do nitrato de prata com o indicador cromato de potássio, reação que indica o ponto final formando o precipitado marrom avermelhado cromato de potássio (Ag₂CrO₄), segundo a reação 11:



4.4 Determinação da dureza total e cálcio (2340 C e 3500 Ca⁺⁺ – APHA, 2012)

4.4.1 Preparo de solução tampão pH 10

Inicialmente pesou-se 67,5 g de cloreto de amônio, dissolvendo-o em 570 ml de hidróxido de amônio. Transferiu-se a solução para um balão volumétrico de 1L e aferiu-se com

água destilada.

4.4.2 Preparo de solução padrão de EDTA 0,01 M

Pesou-se 3,723 g de EDTA P.A. que foi dissolvido em água destilada. Transferiu-se para um balão volumétrico de 1 L e aferiu-se.

4.4.3 Padronização da solução de EDTA 0,01 M

Pipetou-se, em duplicata, 20 mL da solução padrão de óxido de zinco 0,01M utilizando uma pipeta volumétrica que foi transferido para um erlenmeyer. Adicionou-se 20mL de água destilada a seguir acrescentou-se 5 mL de hidróxido de amônio P.A. por fim, foi adicionada uma pitada de negro de eriocromo T e Titulou-se com a solução de EDTA 0,01 M até mudança de coloração de rosa para azul.

a) a dureza de cálcio será expressa em (mg Ca⁺⁺.L⁻¹), segundo a equação 10:

$$\text{Ca}^{++} \text{ (mg Ca}^{++}\text{.L}^{-1}\text{)} = V \times F \times M \times 400 / V_{\text{amostra}} \quad (10)$$

Onde:

V = volume médio gasto da solução EDTA 0,01 M de gasto na titulação

F = fator de correção da solução de EDTA 0,01 M

M = concentração da solução de EDTA 0,01 M

4.4.4 Dureza total (DT)

A presença de sais de cálcio e magnésio são responsáveis pela dureza da água. A partir da determinação da concentração total de Ca²⁺ e Mg²⁺ verifica-se o grau da dureza total de cada amostra, através da volumetria de complexação. Inicialmente 50 ml ou um volume diluído da amostra foi tamponada para pH 10 com solução tampão (hidróxido de amônio e cloreto de amônio). Em seguida adicionou-se o indicador negro de eriocromo T e titulou-se com ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) – 0,01 M, até mudança de coloração de vinho para azul.

As reações 12 e 13 ilustram as reações de complexação ocorridas durante a análise:



a) a dureza total será expressa em (mg CaCO₃.L⁻¹), segundo a equação 11:

$$DT \text{ (mgCaCO}_3\text{.L}^{-1}\text{)} = V \times f \times M \times 1000 / V_{\text{amostra}} \quad (11)$$

Onde:

V = volume médio gasto da solução EDTA 0,01 M de gasto na titulação

F = fator de correção da solução de EDTA 0,01 M

M = concentração da solução de EDTA 0,01 M

4.4.5 Dureza de Cálcio (3500 Ca⁺⁺ B – APHA, 2012)

Para determinação de Ca²⁺ foi realizada a titulação de 50 ml da amostra ou de um volume diluído, adicionados com 2 ml de uma solução de hidróxido de sódio 10%, para ajustar o pH para 7 e o indicador murexida, até a mudança de coloração de róseo para lilás.

4.5 Determinação de Fe total (3500 Fe – APHA, 2012)

4.5.1 Solução Cloridrato de hidroxilamina

Dissolveu-se 50 g de cloridrato de hidroxilamina em água destilada. Transferiu-se para um balão volumétrico de 500 ml e aferiu-se.

4.5.2 Solução de Acetato de amônio

Dissolveu-se 250 g de acetato de amônio em 150 ml de água destilada e adicionou-se 700 ml de ácido acético glacial concentrado.

4.5.3 Solução de ortofenantrolina

Dissolveu-se 1 g de ortofenantrolina P.A. com água destilada a quente, esfriou-se e então adicionou-se 2 gotas de ácido clorídrico. Transferiu-se para balão de 1 L e aferiu-se.

4.5.4 Procedimento para análise

Para a realização desta determinação é necessário a presença do íon Fe²⁺, para tanto foram adicionados 2 ml de ácido clorídrico (H₂SO₄) P.A. e 1 ml de cloridrato de hidroxilamina em 50 ml da amostra e, em seguida a amostra foi aquecida. Esperou-se esfriar, e então se acrescentou 10 ml da solução de acetato de sódio e 4 ml da solução de ortofenantrolina. A leitura foi realizada no espectrofotômetro em comprimento de onda = 510 nm.

A concentração de ferro é obtida, segundo a equação 12:

$$C \text{ (mgFe.L}^{-1}\text{)} = ((\text{Abs} - A) / B) \times F \quad (12)$$

Onde:

Abs = absorvância da amostra

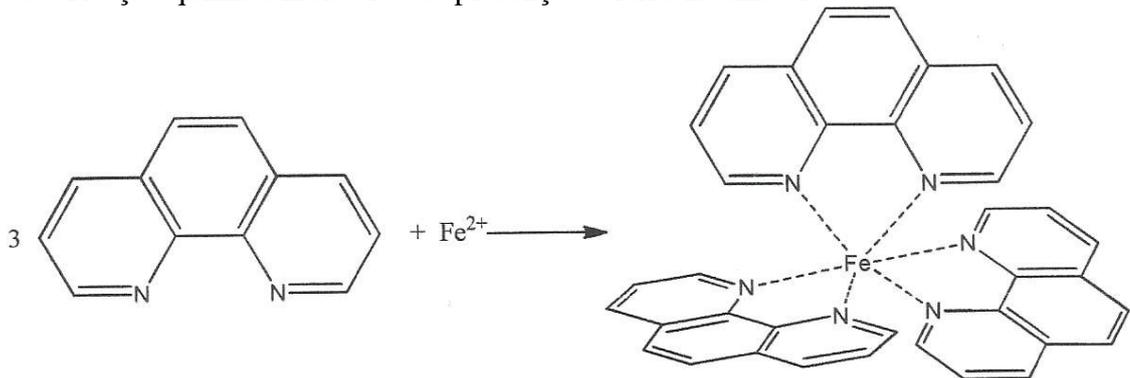
A = coeficiente linear da reta

B = coeficiente angular da reta

F = fator de diluição da amostra, se existir

A figura 1 abaixo mostra a reação ocorrida durante a análise.

Figura 5 - Reação química indicativa da presença de ferro na amostra.



Fonte: Souza, 2013.

4.6 Determinação de pH (4500 H⁺ B – APHA, 2012)

Ajustou-se o equipamento com soluções tampões pH = 4,00 e 7,00 segundo manual de instruções do fabricante.

Transferiu-se uma quantidade da amostra homogeneizada para um bécker de 100 mL. Lavou-se o eletrodo com água destilada e enxugou-se com um papel macio, em seguida fez-se a imersão do eletrodo no bécker contendo a amostra. Aguardou-se estabilização e anotou-se o resultado mostrado no visor do pHmetro.

4.7 Alcalinidade parcial (AP) e total (AT) (MACEDO, 2003)

A determinação da alcalinidade foi realizada através da titulação de neutralização da amostra com ácido sulfúrico (H₂SO₄), utilizando-se os indicadores, fenolftaleína e alaranjado de metila. Utilizou-se o indicador fenolftaleína para determinação da alcalinidade parcial que é referente a alcalinidade gerada pela presença de íons hidróxidos e carbonatos e para a alcalinidade total, que indica a presença de íons bicarbonatos, o indicador alaranjado de metila.

a) Alcalinidade de hidróxidos

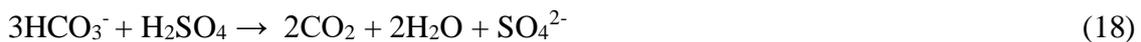


b) Alcalinidade de carbonatos



Na sequência, adicionou-se o indicador alaranjado de metila e então foi continuada a titulação.

c) Alcalinidade devido a presença de bicarbonatos



d) A alcalinidade total será expressa em mg $\text{CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$, segundo a equação 13 :

$$\text{AT (mg CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}) = V \times f \times N \times 1000 / V_{\text{amostra}} \quad (13)$$

Onde:

V = volume médio gasto da solução de H_2SO_4 0,02 N gasto na titulação

F = fator de correção da solução de H_2SO_4 0,02 N

N = concentração da solução de H_2SO_4 0,02 N

4.7.1 Solução padrão de carbonato de sódio 0,02 N

Pesou-se, com o auxílio de um becker, 1,0599 g de carbonato de sódio (Na_2CO_3) previamente seco. Com o auxílio de um bastão, dissolveu-se o cloreto de potássio em 500 ml água destilada ou deionizada. Transferiu-se para balão de 1 L e aferiu-se.

4.7.2 Solução alcoólica de fenolftaleína 0,5%

Dissolveu-se 1 g de fenolftaleína em 199 ml de álcool etílico.

4.7.3 Solução de alaranjado de metila 0,1 %

Com o auxílio de um becker, pesou-se 0,1 g de alaranjado de metila; a seguir foi feita a diluição em 50 ml de água quente. Após esfriar completou-se o volume para 100 ml com água destilada.

4.7.4 Solução de ácido sulfúrico 0,02 N

Pipetou-se 0,6 ml de ácido sulfúrico concentrado, transferindo para balão volumétrico de 1000 ml e aferiu-se com água destilada ou deionizada.

4.7.5 Padronização da solução de ácido sulfúrico 0,02 N

Transferiu-se 20 ml da solução padrão de carbonato de sódio 0,02 N para um

erlenmeyer de 250 ml, então adicionou-se 0,5 ml de alaranjado de metila 0,1 %. Titulou-se com a solução de ácido sulfúrico até a mudança de coloração amarela para rosa alaranjado.

4.8 Estudo estatístico

Para uma maior confiabilidade dos resultados obtidos, foi feito um estudo estatístico onde foi calculado o coeficiente de variação (CV). O cálculo do coeficiente de variação foi feito através da equação 14:

$$CV = S/X \cdot 100$$

Onde,

(S) é o desvio padrão

(X) é média dos dados

(CV) é o coeficiente de variação

Como o coeficiente de variação analisa a dispersão em termos relativos, ele será dado em %. Quanto menor for o valor do coeficiente de variação, mais homogêneos serão os dados, ou seja, menor será a dispersão em torno da média. De uma forma geral, se o coeficiente de variação (CV) for:

- a) Menor ou igual a 15% - baixa dispersão: dados homogêneos
- b) Entre 15 e 30% - média dispersão
- c) Maior que 30% - alta dispersão: dados heterogêneos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas 4 e 5 mostram os resultados médios obtidos para os parâmetros pH, alcalinidade total (AT), dureza total (DT), cálcio (Ca^{++}), cloretos (Cl) e ferro total, para as oito amostras de água de piscinas analisadas.

Tabela 4 – Resultados médios obtidos para as amostras de água das piscinas

PARÂMETROS	RESULTADOS MÉDIOS			
	P1	P2	P3	P4
pH	7,30	7,76	6,44	6,14
Cloro livre ($\text{mgCl}_2\text{L}^{-1}$)	1,0	0,9	0,6	0,8
Alcalinidade total ($\text{mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$)	108,0	93,8	95,9	40,1
Dureza total ($\text{mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$)	153,8	166,4	268,3	774,9
Cálcio ($\text{mgCa}_2+\text{L}^{-1}$)	2,0	34,1	77,6	249,2
Ferro total (mgFeL^{-1})	0,1	0,08	0,05	0,05

Fonte: elaborada pelo autor.

Tabela 5 – Resultados médios obtidos para as amostras de água das piscinas

PARÂMETROS	RESULTADOS MÉDIOS			
	P5	P6	P7	P8
pH	7,20	7,40	4,99	4,27
Cloro livre ($\text{mgCl}_2\text{L}^{-1}$)	0,8	0,2	0,2	0,2
Alcalinidade total ($\text{mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$)	72,6	58,9	23,9	6,0
Dureza total ($\text{mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$)	212,1	82,2	562,8	48,1
Cálcio ($\text{mgCa}_2+\text{L}^{-1}$)	16,5	13,6	185,7	2,0
Ferro total (mgFeL^{-1})	0,05	0,1	0,4	0,2

Fonte: elaborada pelo autor.

A ABNT/NBR 10818/2016 estabelece os valores ideais para os parâmetros pH e cloro livre nas piscinas. Os demais parâmetros analisados nesse trabalho não estão especificados na norma. Mas, essa cita que, quando da ocorrência de epidemias, ou quando a situação exigir, recomenda-se a verificação de parâmetros microbiológicos, como a ausência de patogênicos. Quando da ocorrência de corrosão ou formação de depósitos na piscina e/ou sistema de recirculação e tratamento, ou quando a água de apresentar com coloração anormal e/ou falta de limpidez, recomenda-se a verificação de outros parâmetros, como teor de sólidos dissolvidos, alcalinidade total, dureza e metais contidos na água (ferro, cobre, manganês e outros). O Manual Básico para Tratamento de Piscinas Residências, da linha de produtos hth e o Manual de Tratamento de Piscinas Residenciais GENCO, 2010 serão utilizado para a discussão dos resultados dos parâmetros não especificados na NBR 10818.

5.1 Discussão dos resultados para as análises de pH a 25°C

A faixa de pH estabelecida como ideal, pela ABNT/NBR 10818/2016, para a água das piscinas é de 7,2 a 7,8, levemente básico para garantir eficácia à desinfecção, conforto dos banhistas e proteção dos equipamentos metálicos. De acordo com os as tabelas de resultados, 4 e 5 as amostras das piscinas P1, P2, P5 e P6 encontram-se dentro das especificações da norma. Enquanto que as piscinas P3, P4, P7 e P8 estão apresentando pH mais baixo do que o ideal. O pH é uma medida que verifica se a água está ácida (pH baixo), neutra (pH 7,0) ou básica (pH alto). Nas piscinas com águas com pH ácido, poderá causar irritação na pele e nos olhos dos banhistas, corrosão e agressividade aos equipamentos e gerar um consumo maior de cloro. Alguns fatores que podem abaixar o pH nas piscinas são a urina, suor ou água de chuva, segundo o Manual Básico para Tratamento de Piscinas Residências, da linha de produtos hth.

5.2 Discussão dos resultados para as análises de cloretos (Cl)

O cloro livre é a medida do teor do agente sanificante presente na água da piscina para combater os microrganismos que podem contaminar a água. Segundo a ABNT/NBR 10818/2016 a faixa permitida de cloro livre é de 0,8 a 3,0 ppm. A partir dos resultados expressos nas tabelas 4 e 5 percebe-se que as piscinas P1, P2, P4 e P5 atendem aos limites ideais de cloro livre. Enquanto que as piscinas P3, P6, P7 e P8 estão abaixo da faixa ideal. As piscinas que apresentaram concentrações inferiores a faixa ideal estão suscetíveis a promoção de doenças e infecções aos banhistas, já que o cloro livre é o maior responsável pela desinfecção microbiológica. Portanto, é adequado que se faça a reposição de cloro livre semanalmente, após chuvas intensas e após uso excessivo da piscina.

5.3 Discussão dos resultados para as análises de alcalinidade total

Segundo o Manual Básico para Tratamento de Piscinas Residenciais, da linha de produtos hth, é essencial o equilíbrio químico entre os valores da alcalinidade, pH e cloro livre, por isso esses valores precisam estar ajustados sempre.

A alcalinidade total é a medida indireta da capacidade da água em resistir a grandes variações de pH. Se a alcalinidade estiver fora da faixa ideal, que é de 80 a 120 ppm, será mais difícil ajustar o pH.

A alcalinidade total abaixo de 80 ppm pode corroer e danificar os acessórios e equipamentos da piscina. Acima de 120 ppm pode causar turbidez na água, formação de

incrustações brancas, cinzentas ou marrons nos tubos e em outras partes do sistema de circulação de água e crescimento de algas.

Observando-se os resultados expressos nas tabelas 4 e 5, verificou-se que apenas as amostras das piscinas P1, P2 e P3 atendem a faixa de adequação de alcalinidade total. Enquanto as amostras das piscinas P4, P5, P6, P7 e P8 encontram-se abaixo da faixa ideal que é de 80 a 120 ppm. Os sais alcalinos dissolvidos na água reagem com ácidos, neutralizando-os, e dessa forma, impedem o abaixamento do pH. A alcalinidade total, portanto, confere estabilidade ao pH, por isso águas com baixa alcalinidade têm seu pH facilmente alterado até pelas águas da chuva. Assim temos que as quatro piscinas que apresentaram resultados inferiores a 80 ppm poderão sofrer com problemas de corrosão dos equipamentos e irritação na pele e nos olhos dos banhistas.

5.4 Discussão dos resultados para as análises de dureza total

A dureza total indica a concentração de cátions na água, principalmente cálcio e magnésio, além de outros metais, excetuando o sódio e o potássio. Uma água é considerada dura a partir de 100 ppm de CaCO_3 . Observando-se as tabelas de os resultados médios 4 e 5 percebe-se que apenas as amostras das piscinas P6 e P8 apresentaram um resultado satisfatório, ou seja, não possuem água considerada dura. Enquanto as amostras das piscinas P1, P2, P3, P4, P5 e P7 possuem dureza total acima de 100 ppm, sendo então consideradas águas duras.

O uso de produtos à base de cálcio aumenta a dureza da água e, conseqüentemente, a possibilidade de formação de incrustações na piscina. Para diminuir a dureza deve-se escoar parte da água da piscina e repor o volume com água da rede. As águas duras (dureza $> 100 \text{ mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$) são tamponadas, não variando o pH devido à água de chuva (que é ácida).

5.5 Discussão dos resultados para as análises de cálcio (Ca^{++})

De acordo com o Manual de Tratamento de Piscinas Residenciais GENCO, a dureza de cálcio na água de piscina é medida como carbonato de cálcio (CaCO_3), este quando não está em solução, se chama tártaro. Carbonato de cálcio não é muito solúvel e facilmente sai de solução a menos que o balanceamento da água seja mantido. Em um pH e alcalinidade baixos, um nível de dureza de cálcio baixo interrompe o equilíbrio de carbonato de cálcio e a água se torna mais corrosiva.

O nível ideal para dureza de cálcio é de 200 a 400 ppm. Quando a dureza de cálcio se aproxima de 1.000 ppm, é impossível manter o balanceamento da água, ou seja, pH e

alcalinidade total nos níveis apropriados. Quando a dureza de cálcio excede 500 ppm, se deve exercer cuidado extremo para manter uma alcalinidade total e níveis de pH baixos para evitar o tártaro, especialmente em ambientes de água quente.

Analisando-se as tabelas de resultados médios 4 e 5 percebe-se que apenas a amostra da piscina P4 apresentou resultado dentro da faixa ideal para dureza de cálcio. Enquanto as amostras das piscinas P1, P2, P3, P5, P6, P7 e P8 estão bem abaixo de 200 ppm. As piscinas com dureza de cálcio baixa sofrerão agressividade e corrosão contra o rejunte do azulejo. Quando a água tem um conteúdo baixo de cálcio, tem mais capacidade para dissolver carbonato de cálcio. Muitos acabamentos de piscinas foram feitos com produtos de cimento ou gesso e o carbonato de cálcio é o constituinte principal dessas superfícies. A água corrosiva pode causar escamação dessas superfícies em um período muito curto de tempo, causando espuma na água. A solução para as setes amostras que apresentaram baixa dureza de cálcio será a redução do pH ou a substituição de 50% do volume da água das piscinas.

5.6 Discussão dos resultados para as análises de ferro total

A Portaria de Consolidação nº 05, de 28 de setembro de 2017, do Ministério da Saúde estabelece o limite de até 0,3 ppm de Fe para água potável. Analisando-se os resultados médios expressos nas tabelas 4 e 5 observou-se que a amostra da piscina P7 apresentou resultado acima do limite de Fe estabelecido pela portaria, o que sugere que essa água oferece riscos à saúde dos banhistas, caso a água seja ingerida acidentalmente. Um valor de ferro elevado também é um indicativo que pode estar ocorrendo um processo de corrosão, podendo provocar turbidez na água e manchar os azulejos. As amostras das piscinas P1, P2, P3, P4, P5, P6 e P8 encontram-se dentro do limite de até 0,3 ppm de Fe, estabelecido como ideal para água potável.

5.7 Discussão do estudo estatístico

As tabelas 6, 7, 8, 9, 10, e 11 mostram o coeficiente de variação (CV%) e o desvio padrão (DP) calculados para as amostras de água das piscinas, que foram analisadas em duplicata, no período de março a maio de 2019.

Tabela 6 – Estudo estatístico para as análises de pH

pH	Média	DP	CV (%)
P1	7,30	0,000	0,000
P2	7,76	0,000	0,000
P3	6,44	0,000	0,000
P4	6,14	0,000	0,000
P5	7,20	0,000	0,000
P6	7,40	0,000	0,000
P7	4,99	0,000	0,000
P8	4,27	0,000	0,000

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 7 - Estudo estatístico para as análises de cloro livre

Cloro livre (mgCl ₂ L ⁻¹)	Média	DP	CV (%)
P1	0,97	0,049	0,050
P2	0,95	0,052	0,055
P3	0,60	0,005	0,008
P4	0,79	0,005	0,006
P5	0,80	0,000	0,000
P6	0,20	0,000	0,000
P7	0,21	0,005	0,024
P8	0,20	0,000	0,000

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 8 - Estudo estatístico para as análises de alcalinidade total

Alcalinidade total (mgCaCO ₃ L ⁻¹)	Média	DP	CV (%)
P1	108,0	0,000	0,000
P2	93,8	0,000	0,000
P3	95,9	0,000	0,000
P4	40,1	0,000	0,000
P5	72,6	0,000	0,000
P6	58,9	0,000	0,000
P7	23,9	0,000	0,000
P8	6,0	0,000	0,000

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 9 - Estudo estatístico para as análises de dureza total

Dureza total (mgCaCO ₃ L ⁻¹)	Média	DP	CV (%)
P1	153,9	0,058	0,000
P2	166,4	0,058	0,000
P3	268,4	0,058	0,000
P4	774,9	0,058	0,000
P5	212,1	0,058	0,000
P6	82,2	0,058	0,001
P7	562,9	0,058	0,000
P8	48,1	0,058	0,001

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 10 – Estudo estatístico para as análises de dureza de cálcio

Dureza de cálcio (mgCa ₂₊ L ⁻¹)	Média	DP	CV (%)
P1	2,0	0,058	0,030
P2	34,1	0,058	0,002
P3	77,6	0,058	0,001
P4	249,2	0,058	0,000
P5	16,5	0,058	0,004
P6	13,6	0,058	0,004
P7	185,7	0,058	0,000
P8	2,0	0,058	0,030

Fonte: elaborada pelo autor

Tabela 11 - Estudo estatístico para as análises ferro total

Ferro total (mgFeL ⁻¹)	Média	DP	CV (%)
P1	0,10	0,006	0,061
P2	0,09	0,006	0,068
P3	0,05	0,000	0,000
P4	0,05	0,005	0,095
P5	0,05	0,005	0,095
P6	0,10	0,005	0,051
P7	0,40	0,005	0,012
P8	0,20	0,005	0,025

Fonte: elaborada pelo autor

Observando-se os resultados obtidos do coeficiente de variação (CV%) e do desvio padrão (DP) nas tabelas 6, 7, 8, 9, 10 e 11 percebeu-se que as oito amostras analisadas apresentaram valores de baixa dispersão em todos os parâmetros analisados. Podendo-se assim, concluir que os resultados foram bastante homogêneos.

6. CONCLUSÃO

Amostras de oito piscinas de uso coletivo foram analisadas para os parâmetros pH, cloro livre, alcalinidade total, dureza total, dureza de cálcio e ferro total, a fim de verificar a qualidade da água das piscinas a partir da norma NBR 10818/2016, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT): Qualidade de água para piscina qualidade da água dessa piscinas através, do Manual Básico de Tratamento de Piscinas Residenciais, da linha de produtos htc e do Manual de Tratamento de Piscinas Residenciais GENCO.

Os resultados obtidos demonstraram que nenhuma das oito piscinas analisadas encontra-se adequadas para o uso, pois essas possuem dois ou mais parâmetros fora da faixa estabelecida como ideal, colocando em risco a saúde dos banhistas.

A água com pior qualidade observada foi a da piscina P7 que não atendeu aos valores estabelecidos em nenhum dos parâmetros analisados. A piscina P8 também se encontra em péssimas condições de qualidade, já que só atendeu aos valores ideais para ferro total, estando inadequada em todos os outros parâmetros verificados. As piscinas P7 e P8 são de condomínios de Fortaleza e demonstraram os piores resultados dentre as piscinas analisadas.

As piscinas P1 e P2 tiveram os resultados mais próximos do aceitável para o uso, pois os valores de pH, cloro livre e alcalinidade total encontram-se dentro do limite adequado. Porém, ambas apresentaram valores de dureza total acima do valor permitido e dureza de cálcio abaixo do ideal, sendo então consideradas impróprias para o uso dos banhistas. As piscinas P1 E P2 estão localizadas no mesmo hotel, por isso apresentaram características bastante semelhantes.

Os resultados encontrados são bastante preocupantes tendo em vista que as piscinas analisadas encontram-se em uso em hotéis, escolas, residências e condomínios de Fortaleza, mesmo não atendendo as especificações de qualidade da norma. Essas más condições de tratamento podem causar aos banhistas disenteria bacilar, otite, infecções oculares, de pele e intestino, hepatite infecciosa, verruga plantar, sinusite, amidalite, faringite, traqueíte, candidíase, micoses e outros transtornos.

O tratamento inadequado da água das piscinas é o que justifica os resultados obtidos no presente trabalho. Observou-se que os responsáveis pelo tratamento da água das piscinas são, na maioria das vezes, pessoas sem a instrução adequada para a tarefa. A lei 2800, 18/06/1956, decreto 85877 de 07/04/1981, no artigo 2º - item III define como privativo dos químicos o tratamento de piscinas públicas e coletivas. Assim, temos como necessário uma fiscalização efetiva do tratamento da água das piscinas para que se assegure a saúde e o bem-

estar dos usuários, tendo em vista que não existe nenhum órgão responsável pela fiscalização dessas águas.

7. REFERÊNCIAS

- APHA. Standard Methods for the Examinations of Water and Wastewater. American Public Associations. 21th Washington DC. 2005
- BASTOS, Cleverson Leite; KELLER, Vicente. **Aprendendo a aprender: introdução à metodologia científica**. 19. ed. Petrópolis: Vozes, 2006.
- BECKER, H. S.; **Apostila de Controle Analítico de Águas** – 5ª versão, Fortaleza, 2010.
- BIASOLI, WANDER MENDES. **Água e saúde**. Fortaleza. 2000. 224 p.
- BITTAR, Eduardo Carlos Bianca. **Linguagem jurídica**. São Paulo: Saraiva, 2001.
- BRASIL. Ministério da Saúde. **Secretaria de Vigilância em Saúde. Vigilância e controle da água para consumo humano/ Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde**. – Brasília: Ministério da Saúde, 2006. 212p. – (Série B. Textos Básicos em Saúde).
- CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Plano Estadual de Recursos Hídricos**. Fortaleza, 1992.
- GENCO; Guia **Prático para Tratamento de Águas de Piscinas Residenciais**, Empresa filiada à APSP – The Association of Pool & Spa Professionals, Virgínia, Estados Unidos e à ANAP Associação Nacional dos Fabricantes e Construtores de Piscinas e Produtos Afins.
- LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2005. ISBN 85-7670-030-1.
- MIRANDA. LUÍS ALCIDES SCHIAVO. MONTEGGIA. LUÍS OLINTO. **Sistemas e processos de tratamento de águas de abastecimento**. Porto Alegre. n.5. 2007. 149p.
- PIVELI, R. P.; KATO, M.T. **Qualidade das Águas e Poluição: Aspectos Físico-Químicos**. 01. São Paulo/ SP: ABES- Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005, v.01. 285p.
- PRESERVAÇÃO do meio ambiente: manifesto do chefe de Seattle ao presidente dos EUA. São Paulo: Babel Cultural, 1987.
- REBOUÇAS. A. da C.; BRAGA, B.; TUNDAÍ, J. G. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 3 ed. São Paulo. Escrituras Editoras, 2006.
- RODIER, J. **Análisis de las aguas: aguas naturales, aguas residuales, agua de mar**. Barcelona: Omega, 1990. 1059 p. ISBN 84-282-0625-2.
- ROSAS, Anny Jacqueline Cysne. **Sustentabilidade da atividade produtora de água envasada em Fortaleza, CE**. 2008. 186 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) – Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.
- SILVA. FERNANDO JOSÉ ARAÚJO; ARAÚJO. ANDRÉA LIMAVERDE DE. SOUZA. RAIMUNDO OLIVEIRA DE. **Águas subterrâneas no Ceará – poços instalados e salinidade**. Rev. Tecnol. Fortaleza, v. 28, n. 2, p. 136-159, dez. 2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Biblioteca Universitária. **Guia de normalização de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal do Ceará.** Fortaleza, 2019.