

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY RIBEIRO

PRISCILLA CORDEIRO PAES

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE CHUVAS INTENSAS NA QUALIDADE DA ÁGUA
SUBTERRÂNEA UTILIZADA POR CONDOMÍNIO EM MACAÉ, RIO DE JANEIRO**

Macaé, junho de 2020

PRISCILLA CORDEIRO PAES

**ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE CHUVAS INTENSAS NA QUALIDADE DA ÁGUA
SUBTERRÂNEA UTILIZADA POR CONDOMÍNIO EM MACAÉ, RIO DE JANEIRO**

Monografia apresentada ao Laboratório de Meteorologia do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Clima, Água e Energia: uma Abordagem Técnica e Integrada.

Orientador: D.Sc. Francisco Martins Teixeira
Coorientadora: M.Sc. Beatriz Rohden Becker

Macaé, junho de 2020

FICHA CATALOGRÁFICA PREPARADA PELA BIBLIOTECA DO CAMPUS DE MACAÉ

551.57728153

P126a

2020

Paes, Priscilla Cordeiro

Análise da influência de chuvas intensas na qualidade da água subterrânea utilizada por condomínio em Macaé, Rio de Janeiro / Priscilla Cordeiro Paes. --- Macaé: Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Laboratório de Meteorologia, 2020.

92 f. : il.

Monografia (Pós-Graduação *Lato Sensu* em Clima, Água e Energia: uma Abordagem Técnica e Integrada)

Orientador: Francisco Martins Teixeira.

Coorientadora: Beatriz Rohden Becker.

Bibliografia: f. 67-76

1. Água subterrânea 2. Qualidade da água 3. Índice pluviométrico 4. Correlação de Pearson I. Título.

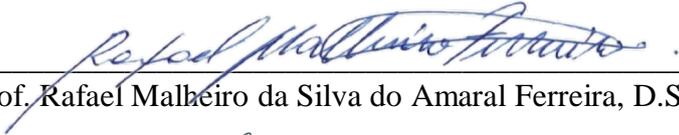
PRISCILLA CORDEIRO PAES

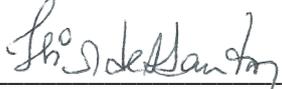
ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DE CHUVAS INTENSAS NA QUALIDADE DA ÁGUA
SUBTERRÂNEA UTILIZADA POR CONDOMÍNIO EM MACAÉ, RIO DE JANEIRO.

Monografia apresentada ao Laboratório de Meteorologia do Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para a conclusão do Curso de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Clima, Água e Energia: uma Abordagem Técnica e Integrada.

Aprovado em 22 de junho de 2020

BANCA EXAMINADORA


Prof. Rafael Malheiro da Silva do Amaral Ferreira, D.Sc., UFRJ


Prof. Isimar de Azevedo Santos, D.Sc., UENF


Prof.ª Beatriz Rohden Becker, M.Sc., UFRJ
(Coorientadora)


Prof. Francisco Martins Teixeira, D.Sc., UFRJ
(Orientador)

Aos meus pais, irmão,
noivo e mestres, com
carinho dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus que permitiu a conclusão desse curso, por ter me dado saúde durante esta caminhada e força para não desistir desse objetivo. Poucas pessoas sabem o quão difícil foi para chegar até aqui. Era nítido o cansaço no final do dia, mas como tudo na vida, as conquistas com mais sacrifício são as mais gratificantes, e hoje, é exatamente isso que eu sinto... gratidão por essa oportunidade de ensino de qualidade de duas grandes universidades como a Universidade Estadual do Norte Fluminense e a Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Então, meus agradecimentos vão aos professores e colaboradores da UENF e UFRJ que se doaram para a realização desse curso. Obrigada por compartilharem tantos conhecimentos, foi um privilégio aprender com cada um de vocês.

À coordenadora Maria Gertrudes Alvarez Justi da Silva pela organização e auxílio da matrícula até a conclusão do curso.

Ao meu orientador Francisco Martins Teixeira pela prontidão, dedicação e seriedade. Só tenho que agradecer pelo suporte e contribuição que tornaram possível a conclusão deste trabalho.

À minha coorientadora Beatriz Rohden Becker pelo suporte e atenção nas correções.

Aos meus pais e meu irmão por estarem sempre ao meu lado, por acreditar no meu potencial e por todo incentivo. Obrigada pela confiança e apoio.

Ao meu noivo Otávio Bavier por toda compreensão durante o curso, por sempre me apoiar e não me deixar desistir dos meus sonhos. Obrigada por todo carinho, incentivo e paciência.

A toda turma da pós-graduação clima, água e energia, pela amizade, pelas trocas de experiências e pelo convívio diário.

Sem vocês não seria possível!

RESUMO

O consumo de água proveniente de poços tem crescido consideravelmente nos últimos anos, tanto pela diminuição da qualidade dos mananciais superficiais, quanto pela precariedade do serviço de abastecimento público ofertado nas cidades brasileiras. Sabendo que o município de Macaé tem um histórico de eventos extremos caracterizados por enchentes e que a precipitação pluviométrica pode influenciar diretamente na composição físico-química e microbiológica dos corpos hídricos, é fundamental a análise da água para garantia da saúde da população. Nesse aspecto, o presente trabalho teve como objetivo analisar a influência das chuvas na qualidade da água captada pelos poços de um condomínio localizado no município de Macaé, Rio de Janeiro. A metodologia de estudo contou com dados pluviométricos obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia e laudos laboratoriais do período de janeiro de 2018 a setembro de 2019. Para realização da análise físico-química, foram avaliados os seguintes parâmetros: pH, turbidez, cor aparente, odor, dureza em cálcio, dureza em magnésio, dureza total, cloreto, condutividade, alcalinidade total e ferro total. Para a análise microbiológica avaliou-se os coliformes totais e *Escherichia coli*. Os resultados obtidos foram comparados com os limites estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 - Anexo XX do Ministério da Saúde e foram submetidos à análise por correlação de Pearson, para avaliar o grau de relação entre as variáveis e a precipitação acumulada 5 dias antes da coleta. Assim, verificou-se uma correlação moderada e positiva entre índices de precipitação com a turbidez e coliformes totais, e uma correlação forte e positiva entre índices de precipitação e *Escherichia coli*. Com relação à correlação entre os parâmetros físico-químicos, destacamos uma correlação forte e positiva entre a condutividade e a alcalinidade e entre a turbidez e a cor aparente, além de uma correlação moderada e positiva entre cor aparente e alcalinidade; turbidez e alcalinidade; ferro total e cor; pH e cor aparente e ferro total e turbidez. Curiosamente, observamos também uma correlação moderada e negativa entre cloreto e cor aparente, assim como entre pH e cloreto. Concluímos com o estudo que não houve correlação significativa entre os parâmetros físico-químicos analisados e a precipitação, que por sua vez parece ter influência sobre os parâmetros microbiológicos, considerando a correlação positiva entre estes fatores.

Palavras-chave: Água subterrânea. Qualidade da água. Índice pluviométrico. Correlação de Pearson.

ABSTRACT

The water consumption provided by wells has increased considerably in recent years, due to the decrease in the quality of surface water sources, as well as the precariousness of the public supply service in Brazilian cities. Knowing that Macaé city has a history of extreme events characterized by floods and that rainfall can influence directly the physical, chemical and microbiological composition of water bodies, water's analysis is essential to ensure the health of the population. In this regard, the present study aimed to analyze the rain's influence on the quality of water captured by the wells of a condominium located in Macaé city, Rio de Janeiro. The methodology is based on reports with pluviometric data obtained by the National Institute of Meteorology and laboratory reports from January 2018 to September 2019. For the realization of physical-chemical analyzes, the following variations were applied: pH, turbidity, apparent color, odor, duration in calcium, duration in magnesium, total duration, chloride, conductivity, total alkalinity and total iron. For the microbiological analysis was evaluated by total coliforms and *Escherichia coli*. The results obtained were compared with the limits defined by the Consolidation Ordinance No. 5/2017 - Annex XX of the Ministry of Health and were submitted to Pearson's correlation analysis, for evaluation of the degree of relationship between the variables and the accumulated precipitation five days before sample collection. Thus, there was a moderate and positive correlation between precipitation rates with turbidity and total coliforms, and a strong and positive correlation between precipitation rates and *Escherichia coli*. Regarding the correlation between physical-chemical parameters, we highlight a strong and positive correlation between conductivity and alkalinity and between turbidity and apparent color, in addition to a moderate and positive correlation between apparent color and alkalinity; turbidity and alkalinity; total iron and color; pH and apparent color and total iron and turbidity. Interestingly, we also observed a moderate and negative correlation between chloride and apparent color, as well as between pH and chloride. In conclusion, our study did not show significant correlation between the physical-chemical parameters analyzed and the precipitation, which in turn seems to have an influence on the microbiological parameters, considering a positive correlation between these factors.

Keywords: Groundwater. Water quality. Precipitation rates. Pearson's correlation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de aquíferos quanto à porosidade	19
Figura 2. Tipos de aquíferos quanto à pressão	19
Figura 3. Perfil de usuários de água subterrânea no país	20
Figura 4. Localização de Macaé no Rio de Janeiro	32
Figura 5. Médias climatológicas de precipitação (1931-1960) da estação meteorológica de Macaé-RJ.....	33
Figura 6. Localização do condomínio no bairro Glória.....	34
Figura 7. Estrutura dos poços.....	34
Figura 8. Coleta da água bruta.....	35
Figura 9. Armazenamento das amostras.	36
Figura 10. Picos de chuvas intensas de 30 de janeiro e 09 de março de 2018.....	41
Figura 11. Pico de chuva intensa de 08 de novembro de 2018	42
Figura 12. Picos de chuvas intensas de 28 de fevereiro e 29 de março de 2019.....	42
Figura 13. Picos de chuvas intensas de 15, 17 e 18 de maio de 2019	42
Figura 14. Temporal que atingiu Macaé, 09/03/2018.....	43
Figura 15. Situação do entorno do único Shopping Center da cidade, 08/11/2018	44
Figura 16. Polo universitário, 17/05/2019.....	44
Figura 17. Alcalinidade total e precipitação acumulada antes da coleta	49
Figura 18. Cloreto e precipitação acumulada antes da coleta	50
Figura 19. Condutividade e precipitação acumulada antes da coleta	51
Figura 20. Cor aparente e precipitação acumulada antes da coleta	53
Figura 21. Dureza em cálcio e precipitação acumulada antes da coleta	54
Figura 22. Dureza em magnésio e precipitação acumulada antes da coleta	55
Figura 23. Dureza total e precipitação acumulada antes da coleta.....	56
Figura 24. Ferro total e precipitação acumulada antes da coleta.....	57

Figura 25. pH e precipitação acumulada antes da coleta	59
Figura 26. Turbidez e precipitação acumulada antes da coleta	60
Figura 27. Coliformes totais e precipitação acumulada antes da coleta	63
Figura 28. <i>Escherichia coli</i> e precipitação acumulada antes da coleta.....	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Classificação da dureza da água	25
Tabela 2. Classificação das águas subterrâneas.....	28
Tabela 3. Padrão físico-químico e microbiológico de potabilidade	31
Tabela 4. Normais climatológicas de precipitação (1931-1960) - Estação meteorológica de Macaé-RJ.....	33
Tabela 5. Datas das coletas amostrais	36
Tabela 6. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos x métodos de análises x VMP.....	37
Tabela 7. Interpretação do coeficiente de correlação de Pearson (r)	39
Tabela 8. Índice pluviométrico dos anos de 2018 e 2019	40
Tabela 9. Resultados das análises físico-químicas de janeiro a dezembro 2018.....	46
Tabela 10. Resultados das análises físico-químicas de janeiro a setembro 2019.....	47
Tabela 11. Análise de correlação de Pearson entre os parâmetros físico-químicos	48
Tabela 12. Análise de correlação de Pearson dos parâmetros físico-químicos com a precipitação acumulada antes da coleta	48
Tabela 13. Resultados das análises microbiológicas dos meses de janeiro a dezembro de 2018.....	61
Tabela 14. Resultados das análises microbiológicas dos meses de janeiro a setembro de 2019.....	62
Tabela 15. Análise de correlação de Pearson dos parâmetros microbiológicos e a precipitação acumulada antes da coleta	62

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas
Ca ²⁺	Íon cálcio
CaCO ₃	Carbonato de cálcio
CO ₃ ⁻²	Carbonatos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CT	Coliformes totais
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
<i>E. coli</i>	<i>Escherichia Coli</i>
EDTA	Ácido Etilenodiaminotetracético
H ⁺	Íon hidrogênio
HCO ₃ ⁻	Bicarbonatos
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ISO	International Organization for Standardization
Mg ²⁺	Íon magnésio
mg/L	Miligrama por Litro
mL	Mililitros
mm	Milímetro
MS	Ministério da Saúde
NMP	Número Mais Provável
NTU	Unidade Nefolométrica de Turbidez
OH ⁻	Hidróxidos
OMM	Organização Meteorológica Mundial
pH	Potencial Hidrogeniônico
SMEWW	Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater
uH	Unidade Hazen
uT	Unidade de Turbidez
VMP	Valor Máximo Permitido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 Objetivos específicos	16
2. REVISÃO DA LITERATURA.....	17
2.1 ÁGUA E SUA IMPORTÂNCIA	17
2.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	18
2.3 EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO	21
2.4 QUALIDADE E CARACTERÍSTICA DA ÁGUA	22
2.4.1 Características físicas da água	23
2.4.1.1 Cor	23
2.4.1.2 Turbidez	23
2.4.1.3 Condutividade elétrica	24
2.4.1.4 Sabor e Odor	24
2.4.2 Características químicas da água.....	24
2.4.2.1 pH	24
2.4.2.2 Dureza total	25
2.4.2.3 Ferro.....	25
2.4.2.4 Cloretos	25
2.4.2.5 Alcalinidade total.....	26
2.4.3 Características microbiológicas da água	26
2.4.3.1 Coliformes totais (CT)	26
2.4.3.2 <i>Escherichia coli</i> (<i>E. coli</i>)	27
2.5 PORTARIAS E LEGISLAÇÕES	27
2.5.1 Resolução CONAMA 396/08	27
2.5.2 Resolução CONAMA 357/05	29
2.5.3 Portaria de Consolidação nº 5 de 2017 – Anexo XX do MS	30
3. METODOLOGIA	32
3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	32
3.1.1 Características dos poços	34

3.2 PROCEDIMENTO DE COLETA DAS AMOSTRAS	35
3.3 ANÁLISE LABORATORIAL	36
3.4 ANÁLISE DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS	38
3.5 TRATAMENTO DE DADOS	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	40
4.1 ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO	40
4.2 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA.....	45
4.2.1 Alcalinidade total	49
4.2.2 Cloreto	50
4.2.3 Condutividade elétrica	51
4.2.4 Cor aparente	52
4.2.5 Dureza em cálcio	53
4.2.6 Dureza em magnésio	54
4.2.7 Dureza total	55
4.2.8 Ferro total.....	56
4.2.9 Odor.....	57
4.2.10 pH	58
4.2.11 Turbidez	60
4.3 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA	61
4.3.1 Coliformes totais	62
4.3.2 <i>Escherichia coli</i>	63
5. CONCLUSÕES	65
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXOS	77

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural essencial ao ser humano e aos demais seres vivos. Além de ser utilizada para o consumo do homem e de animais, tem um papel importante nas atividades socioeconômicas. Tal recurso pode ser retirado de rios, lagos, represas e aquíferos, e tem influência direta sobre a saúde, à qualidade de vida e o desenvolvimento das populações (SCURACCHIO, 2010).

O crescente uso dos recursos hídricos em nível mundial, relacionados a uma gestão inadequada, vêm ocasionando a degradação das águas e influenciando tanto os aspectos de quantidade quanto de qualidade da água disponível. Esses dilemas tendem a se intensificar no futuro com as mudanças climáticas, aumento das temperaturas, derretimento de geleiras e desregulação do ciclo hidrológico, com inundações e secas mais acentuadas (OKI; KANAE, 2006). De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), 97,5% da água existente no planeta é salgada e imprópria ao consumo direto e à irrigação. Somente 2,5% correspondem à água doce e desta fração, 69% são de difícil acesso por se reter nas geleiras, 30% são águas subterrâneas e 1% localiza-se nos rios (ANA, 2018).

A água subterrânea é considerada uma fonte fundamental de abastecimento, principalmente para a população que não tem acesso à rede pública, ou para aqueles que possuem uma rede com fornecimento frequentemente irregular. De acordo com os dados da ANA, 52% dos 5.570 municípios brasileiros são abastecidos total (36%) ou parcialmente (16%) por águas subterrâneas (ANA, 2010).

Segundo Von Sperling (1996), a qualidade de uma determinada água tem relação direta com o uso e a ocupação do solo na bacia hidrográfica. Embora a bacia esteja preservada em suas condições naturais, a qualidade das águas subterrâneas é afetada pelo escoamento superficial e pela infiltração no solo, resultantes da precipitação atmosférica. A água precipitada carrega partículas e gases presentes no ar que podem ser transportados para os corpos hídricos, por infiltração, percolação e/ou escoamento superficial. Além disso, pode lixiviar compostos orgânicos e inorgânicos presentes no solo. Dessa forma, as chuvas podem influenciar na composição e na concentração química e biológica das águas (SILVA *et al.*, 2008).

O clima é um dos fatores naturais mais fundamentais no estudo de um corpo hídrico. Os volumes de chuva, a intensidade solar, a umidade e outros aspectos podem modificar as características da água conforme a estação do ano. Por isso, cada corpo d'água tem suas

próprias características, de acordo com a localização geográfica, tipo de solo e clima da região (CALDEIRA *et al.*, 2011).

Contudo, a qualidade da água não depende apenas de condições naturais. Atualmente, as ações antrópicas impactam diretamente os recursos hídricos, afetando suas características (PINTO *et al.*, 2009). A urbanização acelerada e sem o devido planejamento tem gerado numerosos impactos sobre esse recurso natural, principalmente por meio do lançamento de esgotos e de resíduos urbanos e industriais (TUCCI, 2008). Sendo assim, para que a água subterrânea seja considerada potável, é necessária a realização de análises microbiológicas e físico-químicas, a fim de verificar se ela está dentro dos padrões de potabilidade para consumo humano, estabelecidos nas normas vigentes no País (CELLIGOI, 1999).

No Brasil, quando se trata de águas subterrâneas há duas principais regulamentações que estabelecem diretrizes sobre a qualidade deste recurso: a Resolução CONAMA nº 396 de 2008, que trata da classificação e diretrizes ambientais gerais para o enquadramento das águas subterrâneas e a Portaria de Consolidação nº 5/2017 - Anexo XX do Ministério da Saúde que dispõe sobre o controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

Diante dos relatos de eventos de chuvas extremas, o município de Macaé no estado do Rio de Janeiro, vivenciou frequentes inundações, chegando ao ponto de se decretar estado de calamidade pública. Tendo em vista os problemas de fornecimento irregular da concessionária local de água, um condomínio no bairro Glória, localizado na cidade, buscou como alternativa ao problema a utilização de água subterrânea proveniente de seis poços, no qual foi necessário obter uma licença de outorga para uso regular dos poços perfurados. Dentro desta perspectiva, o presente trabalho tem por intuito fazer uma análise acerca da qualidade da água bruta, verificando se ocorrem modificações nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos nos períodos de inundações.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é analisar a influência das chuvas na qualidade e no nível de contaminação da água subterrânea captada em poços de um condomínio localizado no município de Macaé, a partir de dados de chuvas intensas, entre janeiro de 2018 a setembro de 2019.

1.1.1 Objetivos específicos:

- Analisar os laudos das análises físico-químicas e microbiológicas da água subterrânea da área de estudo, de acordo com a legislação vigente;
- Levantar os dados dos acumulados mensais de precipitação, de uma estação próxima à área de estudo;
- A partir dos dados pluviométricos, verificar os momentos de chuva intensa para relacioná-los com a qualidade da água subterrânea.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ÁGUA E SUA IMPORTÂNCIA

A água é um termo derivado do latim, quimicamente classificada como óxido de hidrogênio, considerada a parte líquida do globo terrestre, encontrada superficialmente na atmosfera na forma de vapor, ou até mesmo no interior do subsolo (BRANCO, 2003).

Para Mierzwa (2005), a água é um elemento essencial para a sobrevivência do homem, pois além de sua utilização nas atividades básicas de suporte à vida, ela pode ser utilizada como: transporte de pessoas e mercadorias; geração de energia; produção e processamento de alimentos; processos industriais e ainda como corpo receptor de efluentes, sejam industriais ou domésticos.

Na natureza, a água nunca é encontrada em estado totalmente puro, devido à sua enorme capacidade de dissolver outras substâncias, principalmente, sais minerais, gases e matéria orgânica. Podendo ser classificada em doce, salobra e salgada, as águas estão em constante permuta entre si através da evaporação, precipitação e transporte de água pelos rios, correntes marítimas e subterrâneas, ou seja, através do processo chamado ciclo hidrológico (MACEDO, 2000).

Ainda que o Brasil apresente as maiores e mais volumosas bacias de água doce do mundo, o país sofre com diversos problemas de deficiência quanto ao abastecimento de água potável, decorrentes da má distribuição, do aumento populacional e da degradação dos recursos hídricos (MARQUES; CAVALCANTE, 2010). Há ainda um contraste com a desigualdade da distribuição dos recursos hídricos e as diferenças populacionais no país. Enquanto 70% da água doce do Brasil se concentram na Bacia Amazônica, onde existe a menor densidade populacional, o Nordeste apresenta 30% da população brasileira, porém somente 5% da água doce disponível. Já nas regiões Sudeste e Sul do país, onde vive cerca de 60% da população, somente 12,5% da água doce está disponível para consumo (AUGUSTO *et al.*, 2012).

O desenvolvimento das cidades sem um planejamento ambiental correto resulta em prejuízos para a sociedade, tendo como uma das consequências à elevação da poluição doméstica e industrial, criando condições ambientais inadequadas e possibilitando o desenvolvimento de doenças, aumento da temperatura, contaminação da água subterrânea, dentre outros problemas (AMORIM, 2010).

Sendo assim, o problema de abastecimento de água para a população provém não apenas da baixa quantidade, mas, preponderantemente, da má qualidade, principalmente nas grandes cidades onde a poluição compromete os mananciais superficiais (rios, lagos, represas) (CAJAZEIRAS, 2007). Dessa forma, as águas dos mananciais subterrâneos se apresentam como uma alternativa de consumo para uma parcela expressiva da população brasileira. Essas águas podem ser provenientes de fontes profundas ou poços tradicionais com profundidades menores (ROHDEN *et al.*, 2009).

De acordo com a ANA (2010), a utilização de águas subterrâneas no nosso país tem crescido de forma acelerada nas últimas décadas. Este fato justifica o crescimento do número de empresas privadas e de órgãos públicos com atuação na pesquisa e captação de recursos hídricos subterrâneos.

2.2 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Com o crescimento populacional e econômico, aumenta a procura por água doce e, desta forma, o consumo das águas subterrâneas tem sido uma solução para suprir a falta ou ineficiência de um serviço de abastecimento público, pois além do baixo custo, é considerado na maioria das vezes de boa qualidade (REBOUÇAS *et al.*, 2002).

De acordo com a ANA (2010), as águas subterrâneas são formadas pelo excedente das águas de chuvas que percorrem camadas abaixo da superfície do solo e preenchem os espaços vazios entre as rochas. Essas formações geológicas permeáveis são chamadas de aquíferos que podem ser classificados pelas características dos seus espaços vazios (Figura 1), como listado abaixo:

- **Poroso** (sedimentar): a água é armazenada nos espaços entre os grãos criados durante a formação da rocha. É considerado o mais importante aquífero, devido o grande volume de água que armazenam.
- **Fissural** (fraturado): a água circula pelas fissuras resultantes do fraturamento das rochas, ou seja, a capacidade dessas rochas de acumularem água está relacionada à quantidade de fraturas.
- **Cársticos** (Karst): são formadas em rochas carbonáticas e devido à dissolução do carbonato pela água, as fraturas podem atingir grandes dimensões, criando neste caso, verdadeiros rios subterrâneos.

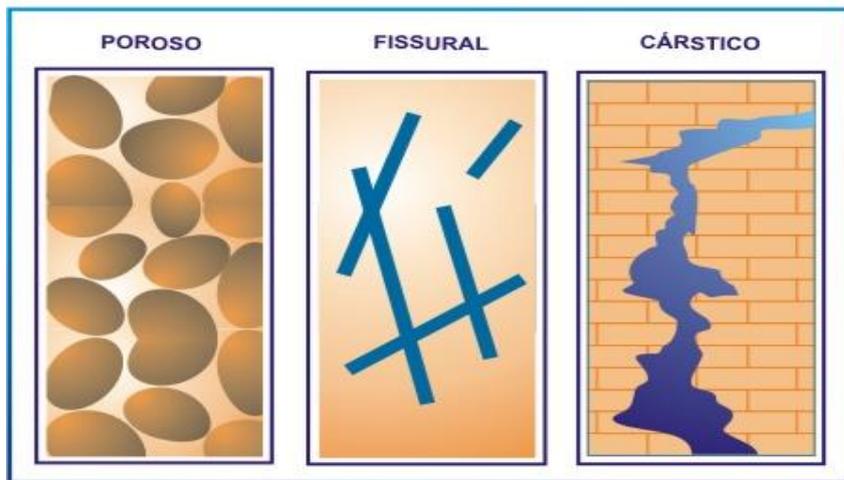


Figura 1. Tipos de aquíferos quanto à porosidade.

Fonte: ABAS, 2019.

E, também, podem ser classificados em função da pressão das águas nas suas superfícies (Figura 2), como listado abaixo:

- **Aquífero livre (freático):** a base é formada por uma camada impermeável e o topo por uma superfície livre de água (superfície freática) que se encontra sob pressão atmosférica. O nível da água varia de acordo com a quantidade de chuva. Localizam-se mais próximo à superfície e por sua vez, é mais vulnerável à poluição.
- **Aquífero confinado (artesiano):** encontra-se confinado por duas camadas impermeáveis e mantidos sob uma pressão interna superior à pressão atmosférica, portanto quando perfurados tendem a jorrar água. Nesse tipo de aquífero as águas são menos poluídas (EDUCACIONAL, 2013).

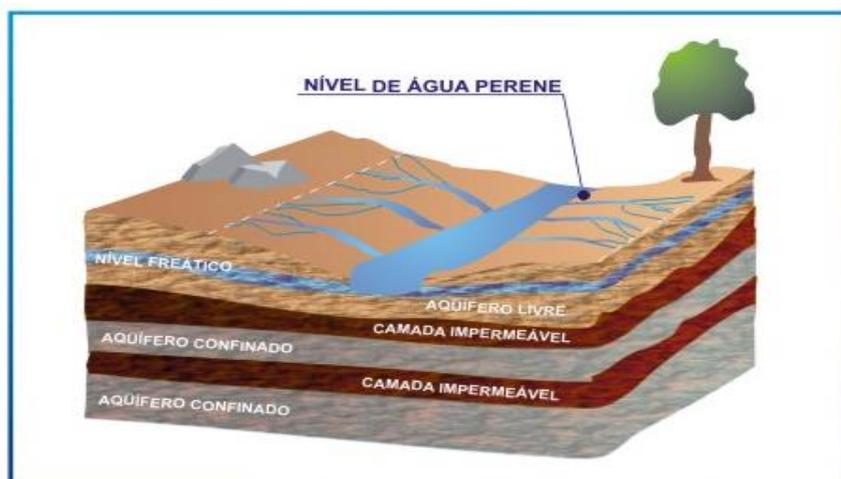


Figura 2. Tipos de aquíferos quanto à pressão.

Fonte: ABAS, 2019.

As águas subterrâneas são extraídas por meio dos poços ou pelo aproveitamento direto das nascentes. Geralmente as águas provenientes de poços são menos contaminadas por fatores biológicos e químicos do que os mananciais superficiais, devido a menor exposição aos diversos agentes poluentes e também aos sucessivos processos de filtragem e purificação promovida pelas camadas do solo (ECKHARDT *et al.*, 2008).

No entanto, antes de perfurar um poço a fim de utilizar o recurso hídrico, é necessário obter uma autorização ambiental para perfuração. No Estado do Rio de Janeiro, o órgão gestor de recursos hídricos, responsável pela emissão das autorizações é o Instituto Estadual do Ambiente (INEA). As perfurações de poços para extração de águas subterrâneas devem ser executadas em conformidade com as diretrizes e técnicas vigentes, tendo como principal finalidade proteger os aquíferos contra eventuais contaminações que possam levar à sua degradação. Após a perfuração, é necessária a obtenção do documento para uso regular do poço perfurado, os órgãos gestores exigem a outorga de direito do uso de recursos hídricos, para extração com volume diário superior a 5.000 litros. Esse documento relata os detalhes do poço perfurado, sua capacidade produtiva; o perfil qualitativo da água obtida; o regime de funcionamento do poço e os usos pretendidos para a água captada (INEA, 2020).

As águas subterrâneas no Brasil vêm sendo gradativamente exploradas para o abastecimento de cidades e núcleos urbanos, bem como para a irrigação, indústria e turismo. Estima-se que existem pelo menos 416 mil poços no país, com um aumento de 10,8 mil captações por ano, atendendo em média de 30 a 40% da população (HIRATA; ZOBY; OLIVEIRA, 2010).

Inúmeras atividades econômicas utilizam esse tipo de água para suprir suas necessidades, distribuindo os usos entre atendimento doméstico, agropecuário, abastecimento público urbano e abastecimento múltiplo, conforme a Figura 3 (HIRATA *et al.*, 2019).

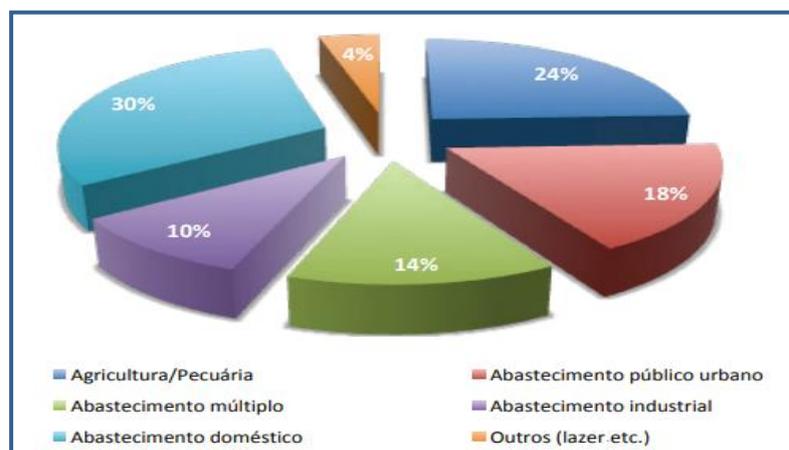


Figura 3. Perfil de usuários de água subterrânea no país.

Fonte: HIDRATA *et al.*, 2019.

A utilização da água subterrânea tem como principais vantagens ser uma alternativa de abastecimento para as populações urbanas, o baixo custo da construção de poços em relação à captação de águas superficiais, além da sua melhor qualidade (NATAL; NASCIMENTO, 2004). Porém, muitos fatores vêm afetando essa qualidade, por exemplo, a utilização de substâncias tóxicas e o lançamento de efluentes e resíduos gerados pelas áreas urbanas e industriais, no qual se tornam cada vez mais necessários investimentos em tratamentos para garantir uma qualidade adequada ao consumo humano (BRASIL, 2006).

Desta forma a característica final da água subterrânea é decorrente das atividades antropogênicas existentes na região, do tipo de solo, vegetação de cobertura, uso e ocupação do solo, profundidade e tipo do lençol, além da interação dos fenômenos climáticos (SILVA, 2008).

2.3 EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO

O clima interfere no ecossistema, no nicho ecológico, no abastecimento público e na qualidade da água. As regiões Sudeste e Sul possuem uma baixa disponibilidade hídrica as quais se reduzem ainda mais no período de estiagem, enquanto na região Nordeste, devido ao clima semiárido, algumas localidades sofrem com a escassez de água pela falta de chuva (TUCCI; HESPANHOL; CORDEIRO NETO, 2001).

A precipitação é essencial na manutenção do equilíbrio hídrico de uma região e influencia na composição físico-química e microbiológica dos corpos hídricos, através de processos complexos de interação superfície-atmosfera (MACHADO; PACHECO, 2010). Atualmente, tornaram-se frequentes os impactos ambientais derivados de eventos intensos de precipitação nas áreas urbanas das cidades. A cada período chuvoso a mídia divulga notícias de enchentes, inundações, deslizamentos de massas, alagamentos, dentre outros episódios que se repetem há anos.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas, no inglês: “*Intergovernmental Panel on Climate Change*” (IPCC, 2012) define um evento extremo como sendo a ocorrência de uma variável acima de um valor referencial. Além disso, são geralmente caracterizados por valores atipicamente altos ou baixos, considerando um intervalo de observações. As enchentes e as inundações são fenômenos naturais que ocorrem em muitos locais por todo o mundo e, no Sudeste do Brasil, estão distribuídas principalmente entre dezembro e março, designado como período das chuvas de verão (SÃO PAULO, 2009).

Segundo Perez Filho (2006), os fatores sociais e ambientais das inúmeras cidades brasileiras, tais como a ocorrência de uma extrema precipitação local em pouco tempo,

simultaneamente à ineficiência das logísticas de infraestrutura dos sistemas das galerias de águas pluviais, assim como das áreas impermeabilizadas, ocasionam problemas crônicos de alagamentos e inundações. O crescimento das áreas urbanas gera desmatamento, conseqüentemente substituição da cobertura vegetal por superfícies pavimentadas, provocando drástica redução da infiltração da água no solo, resultante do aumento do escoamento superficial, razão de grande influência no aumento de inundações no meio urbano (VERONEZ, 2011). A Região Sudeste do Brasil, onde está situada a bacia do rio Macaé, recebe influência tanto de sistemas tropicais como de sistemas provenientes de latitudes médias, apresentando uma estação menos chuvosa no inverno e mais chuvosa no verão (CAL, 2006).

2.4 QUALIDADE E CARACTERÍSTICA DA ÁGUA

As características desejáveis da água dependem da sua finalidade, para o consumo humano, por exemplo, há a necessidade de ser uma água pura e saudável, ou seja, livre de substâncias orgânicas e inorgânicas que possam provocar efeitos fisiológicos prejudiciais e, além disso, livre de matérias suspensas visíveis, cor, gosto e odor (RICHTER; NETTO, 2000).

Os fatores que influenciam na evolução da qualidade das águas subterrâneas podem ser intrínsecos e extrínsecos ao aquífero. Os fatores intrínsecos seriam à própria geologia do aquífero, enquanto os fatores extrínsecos são aqueles que contribuem com a composição das águas, tais como: águas pluviais, atividades antrópicas, além da zona de misturas com outros corpos d'água (DEUTSCH, 1997).

As principais fontes de contaminação por bactérias e vírus patogênicos, parasitas, substâncias orgânicas e inorgânicas são o esgoto doméstico e industrial; a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais e a utilização de insumos pela agricultura, incluindo agrotóxicos e fertilizantes (SILVA; ARAÚJO, 2003). Sendo assim, a poluição dos recursos hídricos no Brasil compromete a qualidade e o abastecimento da população, onde quase 90% dos esgotos produzidos no país são lançados nos mananciais hídricos, sem receber nenhum tratamento, ocasionando uma das maiores fontes de degradação ambiental (NANES; NANES; FARIAS, 2012).

Segundo Branco (2003), a água para consumo não pode conter elementos que ofereçam riscos à saúde, desta forma, periodicamente é necessário realizar análises para avaliar os padrões de qualidade estabelecidos pela legislação vigente. No Brasil, a Portaria de

Consolidação nº 5/ 2017 - Anexo XX do Ministério da Saúde estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, estabelecendo valores máximos permissíveis (VMP) para as características físico-químicas e microbiológicas (BRASIL, 2017).

2.4.1 Características físicas da água

As propriedades físicas são características de ordem estética, apresentam importância relativamente baixa do ponto de vista sanitário, porém podem ser fundamentais na seleção da tecnologia do tratamento da água. Enquadram-se nas características físicas os seguintes aspectos: cor, turbidez, condutividade elétrica, sabor e odor (FEITOSA; MANOEL FILHO, 1997).

2.4.1.1 Cor

A coloração da água resulta da presença de substâncias dissolvidas, geralmente de origem natural causada pela decomposição de matéria orgânica vegetal, pela presença de ferro e manganês ou de origem antropogênica, derivada de compostos orgânicos, podendo ser considerado o esgoto doméstico (CONCEIÇÃO *et al.*, 2009).

Roncon (2013) considera que há dois tipos de cores: cor aparente (aquele aspecto em si, ou seja, com todas as matérias em suspensão) e a verdadeira (após a remoção de todas as matérias em suspensão). A cor elevada nem sempre retrata riscos à saúde, porém pode indicar alterações nas características estéticas e interferir no abastecimento público.

2.4.1.2 Turbidez

A turbidez da água é devida à presença de partículas suspensas que reduzem a transparência, estas partículas provocam a dispersão e a absorção da luz, causando na água um aspecto turvo. Richter e Netto (2000) acrescentam que a turbidez pode ser causada por uma variedade de materiais, tais como partículas de argila ou lodo, descarga de esgoto doméstico ou industrial ou até mesmo a presença de um grande número de microrganismos. Assim como a cor, a turbidez se consolidou não só como um parâmetro estético, mas também como um parâmetro sanitário (PÁDUA; FERREIRA, 2006). Segundo Feitosa e Manoel Filho (1997), as águas subterrâneas normalmente não apresentam problemas relacionados ao excesso de turbidez, porém, em alguns casos, águas ricas em íons Fe, podem apresentar um aumento deste parâmetro quando entram em contato com o oxigênio do ar.

2.4.1.3 Condutividade elétrica

A condutividade elétrica da água representa a capacidade de transmissão da corrente elétrica através da presença de íons dissolvidos na água. Quanto maior a quantidade de íons, maior a sua condutividade elétrica (ALVES, 2010; LIBÂNIO, 2010). Além disso, a condutividade elétrica está relacionada ao teor de salinidade, característica importante a ser considerada em mananciais subterrâneos e águas superficiais próximas ao litoral. Esse parâmetro é relevante em regiões suscetíveis a elevadas taxas de evaporação e baixa intensidade pluviométrica (LIBÂNIO, 2010). À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água se eleva, valores altos podem indicar características corrosivas da água (ALVES, 2010).

2.4.1.4 Sabor e Odor

Embora sabor e odor sejam duas sensações distintas e não mensuráveis, o conceito de sabor envolve uma interação de gosto (salgado, doce, azedo e amargo) com o odor e, por isso, usualmente, são referenciadas em conjunto. Está associado à presença de substâncias químicas, como poluentes industriais, além da atuação de microrganismos, como, por exemplo, as algas, que podem ocasionar diversos tipos de odores. Deve-se ressaltar que para fins de consumo humano a água deve ser inodora (BRASIL, 2006).

2.4.2 Características químicas da água

As características químicas são também índices dos mais relevantes para caracterizar a qualidade da água. São muitos os parâmetros que constituem esse grupo, tais como: pH, acidez, alcalinidade, ferro, manganês, fluoretos, nitratos, nitritos, metais pesados, cloretos, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), sulfato, fosfatos, dentre outros. Desta forma, neste trabalho serão citados apenas alguns pertinentes e que fazem parte da análise realizada.

2.4.2.1 pH

O potencial hidrogeniônico (pH), por meio da quantificação de íons hidrogênio (H^+), define a intensidade da acidez ($pH < 7,0$) ou da alcalinidade ($pH > 7,0$) da água. A variação do pH ocorre por origem natural através da dissolução de rochas e fotossíntese, ou por origem antropogênica, como no caso de resíduos domésticos e industriais (BRASIL, 2006). Água com pH baixo compromete o gosto e aumenta a corrosão, enquanto águas com pH elevado além de comprometerem o paladar, aumentam a formação de incrustações e diminuem a eficiência da desinfecção por cloração (PRADO, 2010).

2.4.2.2 Dureza total

A dureza da água é definida pela concentração de cátions em solução, tais como alumínio, ferro, manganês, estrôncio e zinco. Porém, geralmente os cátions cálcio e magnésio são os responsáveis pela dureza (PAVEI, 2006; SPERLING, 2017). Esse parâmetro é expresso em mg/L de equivalente em carbonato de cálcio (CaCO_3) e pode ser classificado de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1. Classificação da dureza da água.

Classificação	Especificação
Mole ou branda	< 50 mg/L de CaCO_3
Dureza moderada	Entre 50 mg/L e 150 mg/L de CaCO_3
Dura	Entre 150 mg/L e 300 mg/L de CaCO_3
Muito dura	>300 mg/L de CaCO_3

Fonte: BRASIL, 2006.

Estudos indicam que a dureza da água causa sabor desagradável, efeitos laxativos e reduz a formação da espuma do sabão, além disso, pode provocar náuseas, vômitos, fraqueza muscular intensa e hipertensão arterial (SANTOS; FELICIANO, 2008).

2.4.2.3 Ferro

O ferro é o elemento encontrado naturalmente em rochas, solos e nas águas naturais, possuindo duas formas essenciais: a forma solúvel (Fe^{+2}) e insolúvel (Fe^{+3}) (LIBÂNIO, 2010). Nas águas subterrâneas o elevado teor de ferro é encontrado com maior frequência em poços, fontes e galerias, sob a forma de bicarbonato ferroso dissolvido (PELLEGRINI, 2012). As águas com elevadas concentrações de ferro apresentam cor elevada e baixa turbidez. Apesar de não ser tóxico, causam diversos problemas para o abastecimento público, pois as águas ferruginosas mancham as roupas, aparelhos sanitários e este elemento podem ficar depositados nas tubulações (COSTA; SOUSA, 2007). Nas águas superficiais o nível de ferro aumenta nas estações chuvosas devido ao carreamento dos solos e a ocorrência de processos de erosão das margens (MACEDO, 2003).

2.4.2.4 Cloretos

Geralmente os cloretos podem ser encontrados na água na forma de cloretos de sódio, cálcio e magnésio (BRASIL, 2013). São provenientes da dissolução de minerais; invasão da água do mar e do contato com despejos industriais e domésticos (SPERLING, 2017). Em altas

concentrações podem ocasionar o sabor salgado à água, além de aumentar o poder corrosivo (BRASIL, 2013).

2.4.2.5 Alcalinidade total

A alcalinidade é a capacidade que a água possui de neutralizar ácidos. Os bicarbonatos (HCO_3^-), carbonatos (CO_3^{2-}) e hidróxidos (OH^-) são os principais constituintes (BRASIL, 2006). Este parâmetro não tem significado sanitário para água potável, mas em elevadas concentrações confere um gosto amargo para água.

2.4.3 Características microbiológicas da água

As águas contêm uma série de microrganismos, alguns são naturais do ecossistema aquático e outros são provenientes do solo e de despejos industriais e domésticos. As características biológicas das águas são determinadas por meio de exames bacteriológicos capazes de detectar diversos tipos de organismos presentes no meio aquático, os quais, em algumas ocasiões, devem ser eliminados. A água potável não deve conter microrganismos patogênicos e deve estar livre de bactérias indicadoras de contaminação fecal (FUNASA, 2009).

Libânio (2010) afirma que, dada suas características biológicas, as águas naturais são constituídas de diversos microrganismos capazes de transmitir doenças e agir na transformação da matéria orgânica. As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal, caracterizando quanto à água está contaminada e a potencialidade para transmissão de doenças (SPERLING, 2005). Em águas residuais de origem fecal, é levado em conta à contagem de coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*) (RONCON, 2013).

2.4.3.1 Coliformes totais (CT)

As bactérias do grupo coliformes são utilizadas como indicadores de contaminação bacteriológica da água. Além de serem encontradas nas fezes, elas podem ocorrer no meio ambiente, em águas com alto teor de material orgânico, solo ou vegetação em decomposição (ALVES; ODORIZZI; GOULART, 2002). A presença apenas de coliformes na água não representa perigo à saúde, mas pode indicar a presença de outros microrganismos causadores de problemas ao homem (DERISIO, 2012). Segundo Alves; Odorizzi; Goulart (2002), os coliformes totais são utilizados para indicar quantidades de matéria orgânica, visto que estes só estão presentes se existirem alimentos. Uma grande quantidade de matéria orgânica na

água pode indicar à proliferação de bactérias nocivas à saúde humana, assim como vírus e protozoários de veiculação hídrica.

2.4.3.2 *Escherichia coli* (*E. coli*)

Escherichia coli é a principal bactéria do subgrupo conhecido como coliformes termotolerantes, pertencente ao grupo dos coliformes totais (BRASIL, 2013; SPERLING, 2017). É caracterizada por ser uma bactéria abundante nas fezes dos animais de sangue quente, incluindo os humanos (SALES, 2005; ZIESE *et al.*, 2000).

O risco de contaminação da água é maior nas proximidades de fontes contaminantes, como pastagens ocupadas por animais, deposição de resíduos orgânicos no solo e até mesmo pelo escoamento superficial durante o período chuvoso, sendo estes fatores responsáveis pelo transporte de dejetos indesejáveis para fontes de água local (FAYER *et al.*, 2000). A presença de material fecal indica a possibilidade da existência de organismos patogênicos causadores de doenças de veiculação hídrica com destaque para hepatites, amebíase, giardíase, gastroenterite, febre tifoide, hepatite infecciosa e cólera (MIZUTORI, 2009).

2.5 PORTARIAS E LEGISLAÇÕES

No Brasil, os recursos hídricos possuem uma base legal consistente, sendo que o primeiro documento legal que faz referência aos cursos hídricos trata-se do Código de Águas de 1934 e, após, em 1997, a Lei nº 9433, conhecida como Lei das Águas, que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos. Ainda, destacam-se outros documentos importantes relacionados ao tratamento e à qualidade das águas como as Resoluções do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 357 de 2005, a Resolução CONAMA nº 396 de 2008 e a Portaria de Consolidação nº 5 de 2017- Anexo XX do Ministério da Saúde.

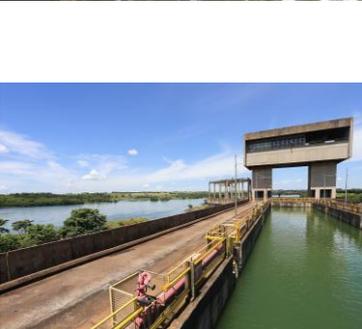
2.5.1 Resolução CONAMA 396/08

A Resolução Nº. 396 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA de 03 de abril de 2008:

Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.

A resolução define como água subterrânea toda água que ocorre naturalmente ou artificialmente no subsolo, classificando-a em seis classes, conforme a Tabela 2:

Tabela 2. Classificação das águas subterrâneas.

	Classe	Descrição
	Classe Especial	águas dos aquíferos destinadas à preservação de ecossistemas;
	Classe 1	sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que não exigem tratamento para quaisquer usos preponderantes;
	Classe 2	sem alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante,
	Classe 3	com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem exigir tratamento adequado, dependendo do uso preponderante;
	Classe 4	com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, e que podem ser utilizadas sem tratamento, para o uso preponderante menos restritivo;

Continua

Tabela 2. Classificação das águas subterrâneas.

	Classe	Descrição Continuação
	Classe 5	com alteração de sua qualidade por atividades antrópicas, destinadas a atividades sem requisitos de qualidade para uso.

Fonte: Capítulo II da Resolução CONAMA 396/08.

2.5.2 Resolução CONAMA 357/05

A Resolução N°. 357 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA de 17 de março de 2005:

Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

A resolução traz ainda as seguintes definições conforme descrito no artigo 2º:

I- águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5%;
II- águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5% e inferior a 30%;
III- águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30%;
 [...] (BRASIL. 2005).

O artigo 4º traz a classificação das águas doces, sendo divididas em cinco classes de usos preponderantes:

I - classe especial: águas destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção;
- b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas;
- c) à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.

II - classe 1: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.

III - classe 2: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA n° 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto; e
- e) à aquicultura e à atividade de pesca.

IV - classe 3: águas que podem ser destinadas:

- a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado;
- b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras;
- c) à pesca amadora;
- d) à recreação de contato secundário; e
- e) à dessedentação de animais.

V - classe 4: águas que podem ser destinadas:

- a) à navegação; e
- b) à harmonia paisagística.

2.5.3 Portaria de Consolidação n° 5 de 2017 – Anexo XX do Ministério da Saúde

A Portaria de Consolidação n° 5/2017 – Anexo XX do Ministério da Saúde foi publicada em 03 de Outubro de 2017 em substituição a portaria 2914/11 e:

Dispõe do controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

A referida portaria em seu capítulo II, artigo 5° traz as seguintes definições:

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

[...]

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;

[...]

Essa legislação determina que a água destinada ao abastecimento humano obrigatoriamente precisa atender os padrões de potabilidade de acordo com os valores

mínimos e/ou máximos permitidos para os parâmetros químicos, físicos e microbiológicos, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Padrão físico-químico e microbiológico de potabilidade.

Parâmetros	VMP ⁽¹⁾
Cor Aparente	15,0 (uH)
Turbidez	5,0 (uT)
Ferro	0,30 (mg/L)
pH	6,0 a 9,5
Odor	6
Cloreto	250 (mg/L)
Cloro residual livre	0,2 a 5,0 (mg/L)
Dureza total	500 (mg/L)
Coliformes totais	Ausência em 100 mL
<i>Escherichia coli</i>	Ausência em 100 mL

Fonte: ANEXO 1 e 10 da Portaria de Consolidação nº 5/2017 – Anexo XX do MS.

NOTAS: (1) Valor máximo permitido

3. METODOLOGIA

3.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A pesquisa foi desenvolvida no município de Macaé, localizado na Região Norte Fluminense do Estado do Rio de Janeiro (Figura 4), situada a 180 quilômetros da capital do Estado, com uma população estimada de 256.672 habitantes em 2019 e área territorial de 1.215,485 km² (IBGE, 2020). O município encontra-se localizado a uma latitude de -22°22'33" e longitude de -41°46'30".

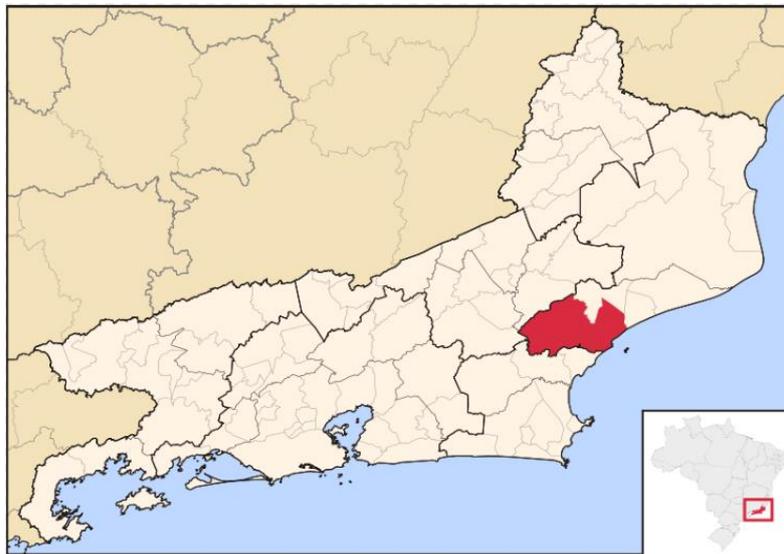


Figura 4. Localização de Macaé no Rio de Janeiro.
Fonte: Wikipédia, 2020.

No que se refere às condições climáticas, segundo a classificação de Köppen e Geiger (1948), o clima predominante na região é denominado Aw, isto é, clima tropical úmido, com temperaturas que variam entre 23 °C e 38 °C e amplitude térmica considerável, ocasionada pela troca de ventos entre o litoral e a serra, relativamente próximos.

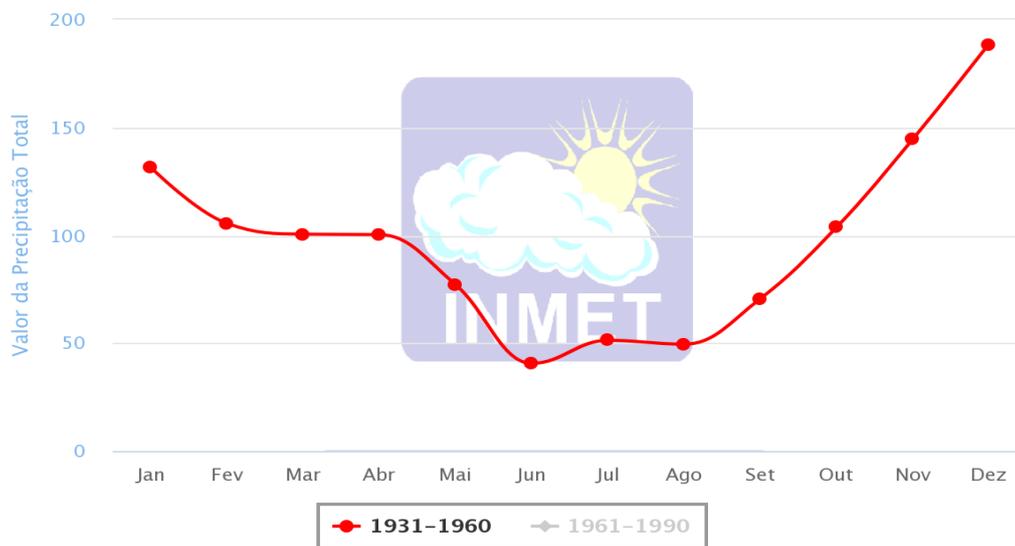
A Organização Meteorológica Mundial (OMM) define normais climatológicas como a média de dados calculados para períodos de 30 anos consecutivos. No caso da estação meteorológica de superfície de Macaé-RJ, a mais recente normal climatológica de precipitação (01/01/1961 a 31/12/1990) não está disponível devido à falta de valores mensais, portanto, não foi possível gerar o gráfico desse período de referência. Desta forma, a Tabela 4 demonstra as médias climatológicas de precipitação do período de 01/01/1931 a 31/12/1960.

Tabela 4. Normais climatológicas de precipitação (1931-1960) - Estação meteorológica de Macaé- RJ.

Mês	Precipitação mensal (mm)
Janeiro	131,5
Fevereiro	105,5
Março	100,5
Abril	100,3
Mai	77,1
Junho	40,6
Julho	51,3
Agosto	49,5
Setembro	70,6
Outubro	103,7
Novembro	144,5
Dezembro	188,7

Fonte: INEA, 2020.

Para uma melhor visualização, a Figura 5 representa esses valores em forma de gráfico, onde é possível identificar as épocas mais chuvosas e as mais secas na região.

**Figura 5.** Médias climatológicas de precipitação (1931-1960) da estação meteorológica de Macaé- RJ.

Fonte: INMET, 2020.

Nota-se que as precipitações mais elevadas são observadas principalmente entre os meses de outubro a abril, enquanto os meses mais secos vão de maio a setembro. A precipitação média acumulada anual nesse período é de 1.163,8mm.

O estudo foi realizado em um condomínio localizado no bairro da Glória, no qual para atender a demanda de água foram perfurados seis poços tubulares, denominados poços 1, 2, 3, 4, 7 e 8, onde toda água subterrânea passa por um tratamento antes de abastecer as caixas d'água e ser consumida em diversos usos. A Figura 6 demonstra a região do condomínio.

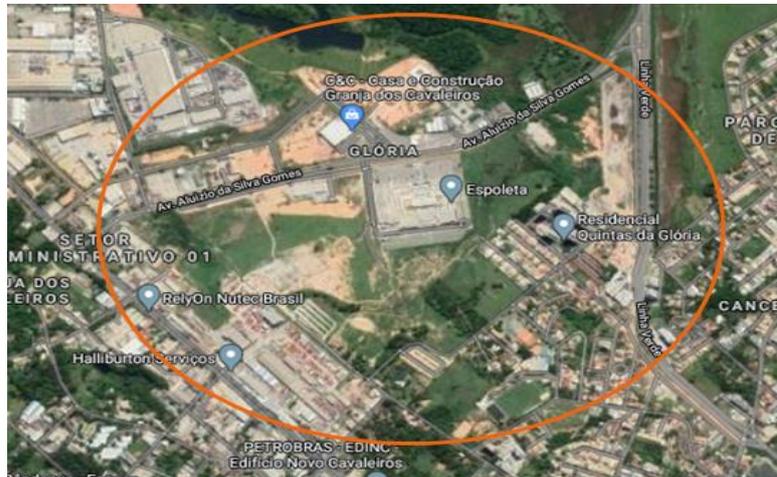


Figura 6. Localização do condomínio no bairro Glória.

Fonte: Google Maps, 2020.

3.1.1 Características dos poços

Os seis poços em estudo são caracterizados como tubulares rasos, possuem profundidades de 10 a 18 metros, onde captam água somente do aquífero poroso livre, ou seja, proveniente de rochas sedimentares cuja pressão da água na superfície superior é igual à pressão atmosférica, e o sistema de bombeamento é composto por bomba submersa.

A Figura 7 demonstra a situação atual dos seis poços, nos quais todos apresentam hidrômetros, manômetros, válvulas de retenção, tubos de medição de nível, torneiras coletoras, conforme exigências do Instituto Estadual do Ambiente (INEA).

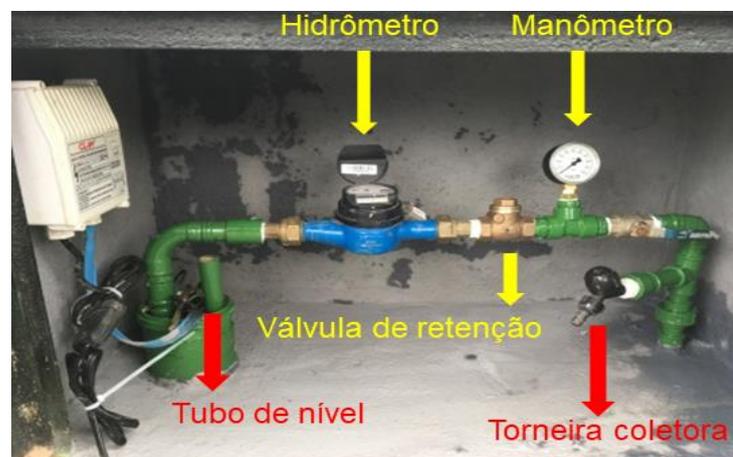


Figura 7. Estrutura dos poços.

Fonte: Relatório técnico hidrogeológico, 2017.

Vale ressaltar que não foi identificado nenhum empreendimento com potencial poluidor (postos de gasolina, cemitérios, lixões, indústrias, oficinas mecânicas, aterros sanitários, etc...) em um raio de 250 metros dos pontos de extração.

3.2 PROCEDIMENTO DE COLETA DAS AMOSTRAS

A coleta aconteceu uma vez a cada mês, durante o período de 21 meses, de janeiro de 2018 a setembro de 2019. A água subterrânea é bombeada para um reservatório no qual ocorre uma mistura (*blend*) da água dos seis poços e desta forma, todo o mês foi realizada a coleta no ponto amostral da água bruta, conforme Figura 8.



Figura 8. Coleta da água bruta.
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Antes da coleta, as torneiras foram flambadas para higienização, evitando interferências do meio externo nos resultados. Em seguida, coletou-se um kit de amostras de água bruta. Na primeira etapa, foram coletadas duas garrafas do *blend* da água dos poços, uma de 500mL outra de 250mL.

Estas amostras foram coletadas em recipientes devidamente identificados, com nome do pesquisador, local, ponto da coleta, data e horário da coletada. O tempo de coleta é de aproximadamente 10 minutos desde a separação do recipiente, coleta, confinamento, até o acondicionamento final do material coletado numa caixa térmica com gelo, conforme demonstrado na Figura 9, onde são encaminhadas para um Laboratório de Análises de Água e Efluentes.



Figura 9. Armazenamento das amostras.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

As variáveis físico-químicas como pH e temperatura foram medidas *in loco* com o auxílio dos equipamentos checker HC de cloro livre HI701 e medidor portátil pH/temperatura Hanna HI 8224, respectivamente. Os demais parâmetros físico-químicos e microbiológicos foram analisados em um Laboratório devidamente certificado com a norma ISSO/IEC 17025, localizado em Macaé-RJ.

As datas das coletas da água bruta realizadas no período de janeiro de 2018 a setembro de 2019 estão descritas na Tabela 5.

Tabela 5. Datas das coletas amostrais.

Número da coleta	Data	Número da coleta	Data	Número da coleta	Data
1	18.01.2018	8	21.08.2018	15	12.03.2019
2	21.02.2018	9	20.09.2018	16	11.04.2019
3	21.03.2018	10	18.10.2018	17	20.05.2019
4	19.04.2018	11	21.11.2018	18	13.06.2019
5	22.05.2018	12	21.12.2018	19	02.07.2019
6	20.06.2018	13	14.01.2019	20	02.08.2019
7	20.07.2018	14	08.02.2019	21	04.09.2019

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos laudos emitidos pelo laboratório, 2020.

3.3 ANÁLISE LABORATORIAL

O monitoramento da água bruta foi realizado mensalmente e, para análise dos parâmetros da qualidade da água, seguiu-se a metodologia de acordo com as técnicas e práticas descritas no “*Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*” -

SMEWW (Métodos padrão para o exame de água e esgoto).

Para a verificação da qualidade da água subterrânea foram estabelecidos onze parâmetros físico-químicos e dois microbiológicos, sendo eles respectivamente: pH, odor, alcalinidade total, cloreto, condutividade, cor aparente, dureza em cálcio, dureza em magnésio, dureza total, ferro total, turbidez e coliformes totais e *escherichia coli*.

A Tabela 6 mostra os parâmetros físico-químicos e microbiológicos investigados, os respectivos métodos de análises adotados pelo laboratório e os limites estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 - Anexo XX do Ministério da Saúde.

Tabela 6. Parâmetros físico-químicos e microbiológicos x métodos de análises x VMP.

Parâmetros	Métodos	VMP
Alcalinidade Total	Titulométrico	-
Cloreto	Argentométrico	250 mg/L
Cor Aparente	Espectrofotométrico	15 uH
Dureza de Cálcio	EDTA Titulométrico	-
Dureza de Magnésio	Calculométrico	-
Dureza Total	EDTA Titulométrico	500 mg/L
Ferro Total	Fenantrolina	0,3 mg/L
pH	Eletrométrico	6,0 – 9,5
Turbidez	Nefelométrico	5 uT
Odor	Análise sensorial	6
Condutividade	Condutividade	-
Coliformes Totais	Substrato Enzimático	Ausente NMP/100mL
<i>Escherichia Coli</i>	Substrato Enzimático	Ausente NMP/100mL

Fonte: Elaborado pelo autor a partir dos laudos emitidos pelo laboratório, 2020.

Nota: V.M.P.: Valor Máximo Permitido

NMP: Número Mais Provável

Para os parâmetros alcalinidade total, dureza de cálcio, dureza de magnésio e condutividade, os mesmos apenas foram avaliados quanto à distribuição espacial e temporal, visto não haver VMP associado.

Após avaliação dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos, os resultados foram tabulados em planilhas do Microsoft Excel, permitindo a elaboração de gráficos.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS PLUVIOMÉTRICOS

Os dados de precipitação do período de 2018 a 2019 foram extraídos da Estação Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) - A608, código 86891, localizada em Macaé, com coordenadas altitude 32m, latitude 22°23'S e longitude 41°49'W. Todos os dados foram organizados no Microsoft Excel, onde foram elaboradas tabelas e gráficos para auxiliar nas análises. Nesse sentido, procurou-se identificar a precipitação mensal, precipitação acumulada 5 dias antes da coleta e as precipitações máximas do mês. Para as análises das influências da precipitação sobre os parâmetros físico-químicos da água foram utilizadas as precipitações acumuladas 5 dias antes da coleta no período de estudo.

Adicionalmente, através de pesquisas nas mídias portal G1, Clique Diário, Notícias Macaé e Jornal Norte Fluminense, foram registradas fotografias das ocorrências de alagamentos e inundações no município. Sendo assim, através dos relatos noticiados pela mídia e dos dados de precipitação adquiridos pelo INMET, foi possível quantificar a intensidade das chuvas no período de estudo.

3.5 TRATAMENTO DE DADOS

Visando obter informações do comportamento dos parâmetros físico-químicos e microbiológicos em relação à precipitação, esses dados foram organizados e submetidos à ferramenta estatística do Excel (função CORREL), no qual foi realizada análise descritiva por meio da correlação de Pearson.

O coeficiente de correlação de Pearson (r) mede o grau de correlação entre duas variáveis e pode ser calculado pela Equação 1:

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}} \quad (1)$$

Esse coeficiente varia em uma faixa de -1 a 1, e os valores sugerem a força da relação entre as variáveis, conforme descrito na Tabela 7. Valores iguais a 1 significa correlação perfeita e positiva entre as duas variáveis, enquanto valores iguais a -1 significa correlação perfeita negativa, ou seja, à medida que uma variável aumenta a outra diminui. Já valores

iguais a zero indicam a ausência total de correlação (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2009).

Tabela 7. Interpretação do coeficiente de correlação de Pearson (r).

Coeficiente de correlação (r) (+ ou -)	Interpretação
0.90 a 1.00	correlação muito forte
0.70 a 0.89	correlação forte
0.40 a 0.69	correlação moderada
0.20 a 0.39	correlação fraca
0.00 a 0.19	correlação muito fraca

Fonte: SHIMAKURA; RIBEIRO, 2020.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da hipótese que os volumes de chuvas podem influenciar em diversos parâmetros de qualidade da água, favorecendo assim, tanto na evolução quanto na diminuição das concentrações e quantidades analíticas destes parâmetros, torna-se necessária a análise pluviométrica (mm) dos anos de estudo da cidade de Macaé-RJ. Sendo assim, os parâmetros físico-químicos e microbiológicos foram avaliados em função da precipitação acumulada 5 dias antes da coleta por meio do cálculo do coeficiente de correlação de Pearson.

4.1 ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO

Os dados de precipitação foram obtidos através do banco de dados meteorológicos do INMET. No entanto, como a pesquisa é restrita aos últimos 365 dias, foi necessário fazer uma solicitação no próprio site do INMET, informando a variável, a estação e o período desejado, para obter os dados de precipitação dos anos investigados.

A Tabela 8 demonstra a precipitação mensal de janeiro de 2018 a setembro de 2019, a precipitação acumulada 5 dias antes da coleta, o volume máximo registrado em cada mês e a data que ocorreram esses eventos extremos. Os resultados em vermelho apontam as precipitações máximas mensais com uma intensidade maior que 50 mm. Os dados a seguir foram obtidos da estação automática de Macaé-RJ, código A608, altitude 32m, latitude 22°23'S e longitude 41°49'W.

Tabela 8. Índice pluviométrico dos anos de 2018 e 2019.

Data da coleta mensal	Precipitação Mensal (mm)	Precipitação acumulada de 5 dias antes da coleta (mm)	Precipitação Máxima mensal (mm)	Data da Precipitação Máxima
18/Janeiro/2018	ND	ND	67,2	30/01
21/Fevereiro/2018	196,8	3,4	46,0	27/02
21/Março/2018	217,4	10,8	146,6	09/03
19/Abril/2018	89,8	51,4	35,8	15/04
22/Maio/2018	81,8	9,6	32,0	08/05
20/Junho/2018	22,0	11,4	8,4	18/06
20/Julho/2018	22,0	0	15,6	11/07
21/Agosto/2018	92,4	7,2	24,6	02/08

Data da coleta mensal	Precipitação Mensal (mm)	Precipitação acumulada de 5 dias antes da coleta (mm)	Precipitação Máxima mensal (mm)	Data da Precipitação Máxima
20/Setembro/2018	77,2	49,8	18,8	16/09
18/Octubro/2018	135,6	15,6	27,2	11/10
21/Novembro/2018	288,8	51,0	146,4	08/11
21/Dezembro/2018	68,6	0	16,0	08/12
14/Janeiro/2019	77,6	0	41,6	04/01
08/Fevereiro/2019	155,4	20,4	63,8	28/02
12/Março/2019	108,4	3,0	51,8	29/03
11/Abril/2019	86,0	31,4	26,8	14/04
20/Maio/2019	319,8	304,6	136,6	17/05
13/Junho/2019	34,6	11,0	11,0	10/06
02/Julho/2019	27,8	0,2	12,8	18/07
02/Agosto/2019	46,4	0,2	13,0	21/08
04/Setembro/2019	130,0	0	33,6	27/09

Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados do INMET, 2020.

Vale destacar que no período de 01 a 10 de janeiro de 2018, não se obteve dados meteorológicos por possíveis falhas decorrentes de problemas nos sensores ou sinal de satélite, sendo assim, os valores de precipitação desse mês foram descritos como não determinados (ND).

As Figuras 10 a 13 destacam os picos das precipitações mensais, que correspondem aos eventos acima de 50 mm.

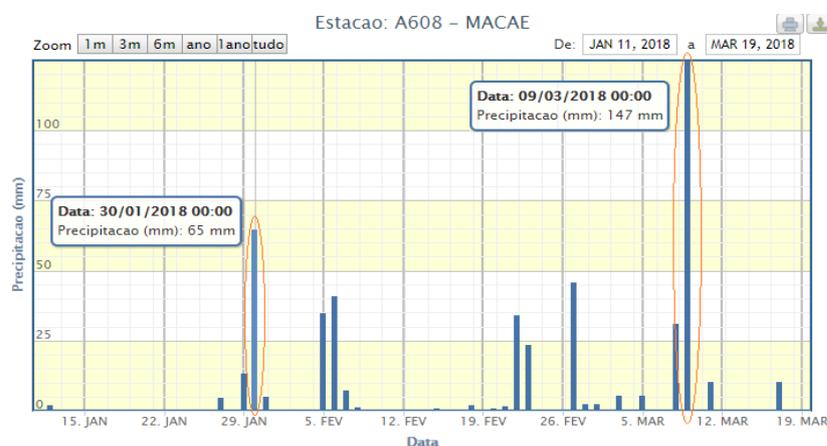


Figura 10. Picos de chuvas intensas de 30 de janeiro e 09 de março de 2018.

Fonte: INMET, 2020.

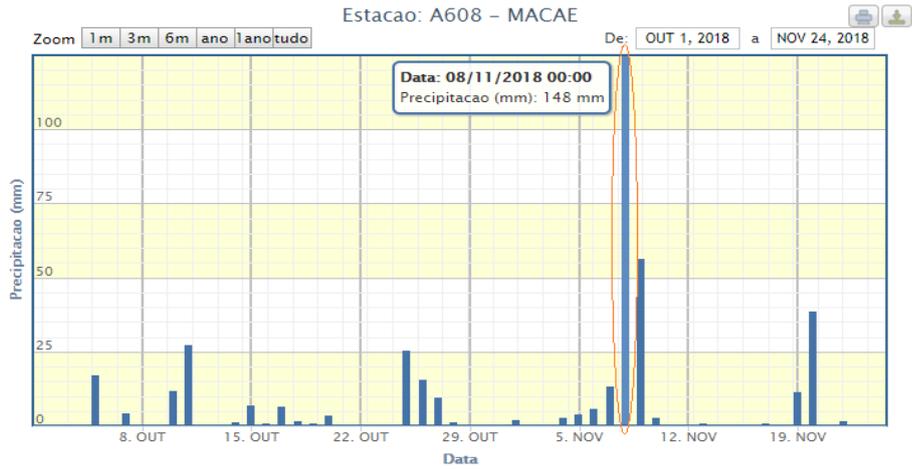


Figura 11. Pico de chuva intensa de 08 de novembro de 2018.
Fonte: INMET, 2020.

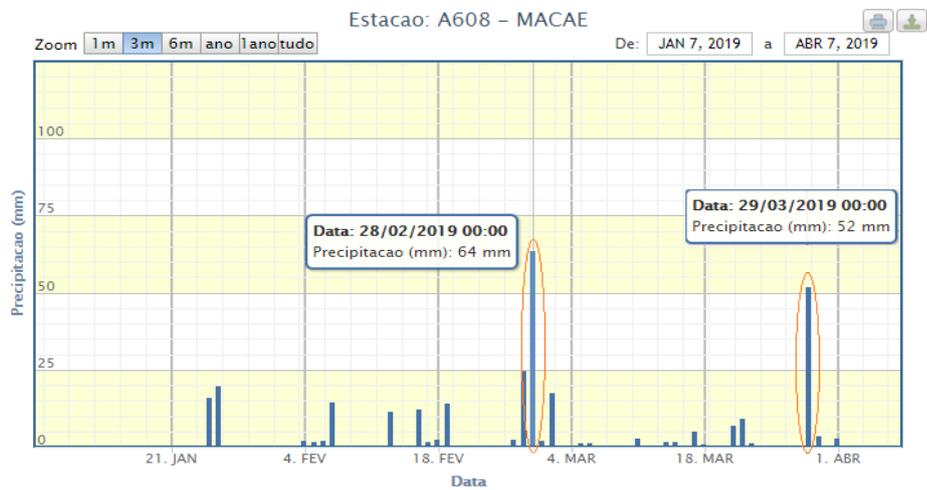


Figura 12. Picos de chuvas intensas de 28 de fevereiro e 29 de março de 2019.
Fonte: INMET, 2020.

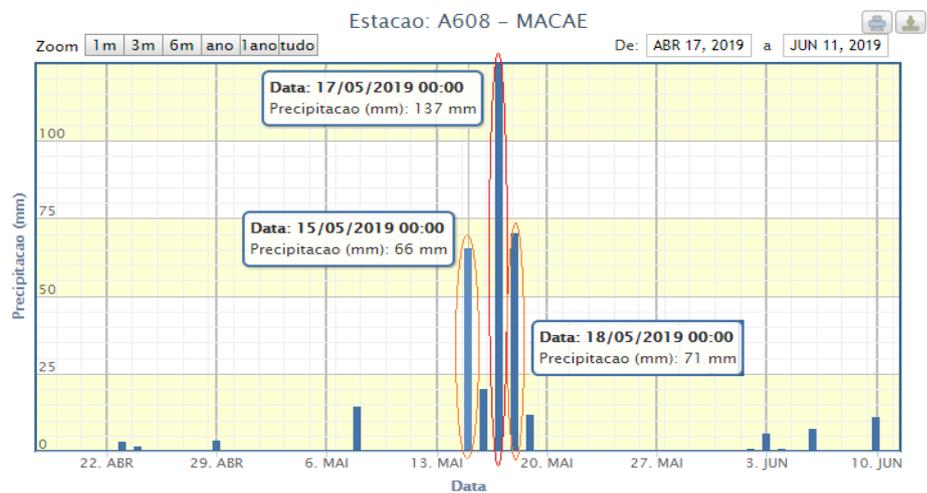


Figura 13. Picos de chuvas intensas de 15,17 e 18 de maio de 2019.
Fonte: INMET, 2020.

Essas marcações evidenciam os grandes volumes de chuva que podem influenciar em vários processos físicos, químicos e biológicos da água subterrânea, comprometendo assim, a qualidade para consumo humano.

Conforme os dados acima, a cidade de Macaé vem sofrendo com chuvas volumosas e inúmeras reportagens anunciaram esses episódios durante os anos de estudo. No dia 30 de janeiro de 2018, uma chuva acentuada afetou o município, no qual foi registrado um volume de 40 mm das 7h às 17h, com incidência de 30 mm ao longo da noite (NF NOTÍCIAS, 2018).

Em 09 de Março de 2018, Macaé foi atingida por um forte temporal e amanheceu completamente alagada. O volume de chuva que caiu sobre a região foi extremamente elevado, registrando 162 mm das 18h até 3h30 da madrugada (G1, 2018). A normal climatológica de precipitação do mês de março é de 100,5 mm, ou seja, esse dia choveu mais do que esperado para o mês todo.



Figura 14. Temporal que atingiu Macaé, 09/03/2018.
Fonte: G1, 2018.

No dia 8 de novembro de 2018, a cidade sofreu novamente com chuvas fortes. No entorno do único Shopping Center da cidade houve uma grande área verde atingida pela chuva, o que provocou inundações, impactando vias importantes (Figura 15). Segundo reportagem do Clique Diário, choveu na cidade cerca de 160 milímetros, boa parte da quantidade foi registrada entre 1h e 5h da manhã (Clique Diário, 2018). E, de acordo com G1 (2018), o volume das últimas 24 horas ultrapassou a normal climatológica para todo o mês de novembro, que é de 144,5 mm.



Figura 15. Situação do entorno do único Shopping Center da cidade (08/11/2018)
Fonte: Clique Diário, 2018.

Já em 2019 ocorreram quatro grandes eventos extremos na cidade, um deles no dia 28 de fevereiro, no qual em apenas uma hora de chuva, a Defesa Civil de Macaé registrou um volume de 46 mm, que causou alagamentos em diversos bairros (G1, 2019).

As outras três ocorrências foram em maio, uma no dia 15, onde a forte chuva mais uma vez causou transtorno aos macaenses, registrando alagamento em vários bairros e moradores ilhados, um cenário que se tornou comum na região (O DEBATE, 2019). A outra no dia 17 de maio, onde foram registrados 107 mm de chuva acumulados nas últimas 24h na área central e 73 mm na Região Serrana. (G1, 2019). Várias regiões ficaram debaixo d'água, causando muito transtorno pela cidade, sendo impossível aos moradores transitar a pé (NF NOTÍCIAS, 2019). Na região próxima ao Shopping Center da cidade localiza-se o Polo Universitário, local também constantemente impactado pelas cheias (Figura 16).



Figura 16. Polo universitário, 17/05/2019.
Fonte: Notícia Macaé, 2019.

E logo no dia seguinte a chuva continuou pelo município. Segundo a página do jornal Notícia Macaé, em dois dias, a cidade acumulou o maior volume de chuvas no estado do Rio de Janeiro, sendo registrados 205,8 milímetros entre os dias 17 e 19 de maio (NOTICIA MACAÉ, 2019). Em dois dias choveu muito acima do esperado para todo mês, visto que a normal climatológica de precipitação do mês de maio é de 77,1 mm.

Porém, a fim de avaliar de forma mais coerente e aproximada à interferência da chuva na qualidade da água subterrânea, foi levado em conta às datas das coletas mensais registradas na Tabela 4. Desta forma, utilizou-se como base a precipitação acumulada 5 dias antes da coleta, destacando como os principais meses abril, setembro, novembro de 2018 e maio de 2019, onde foram registrados os maiores índices pluviométricos.

4.2 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA

Os resultados das análises físico-químicas emitidos pelo laboratório estão apresentados nas Tabelas 9 e 10, bem como o limite permitido para cada variável segundo a Portaria de Consolidação nº 5/2017 - Anexo XX do Ministério da Saúde. Foram destacados em vermelho os valores que estão em desconformidade com a referida portaria.

Tabela 9. Resultados das análises físico-químicas de janeiro a dezembro de 2018.

Parâmetros (Unidade)	18 Jan	21 Fev.	21 Mar.	19 Abr.	22 Mai.	20 Jun.	20 Jul.	21 Ago.	20 Set.	18 Out.	21 Nov.	21 Dez.	VMP
Alcalinidade Total (mg/L)	73,26	63,36	65,34	73,13	59,74	59,74	48,41	100,94	105,06	105,06	110,21	51,5	-
Cloreto (mg/L)	37,74	28,56	34,68	34,34	33,33	35,35	34,85	32,32	29,29	35,35	21,21	36,36	250
Condutividade (µS/cm)	424	321	332	348	356	346	350	439	432	445	464,5	365	-
Cor Aparente (uH)	12	17	38	15	44	64	43	84	239	110	304	76	15
Dureza em Cálcio (mg/L)	24,24	24,24	22,22	18,18	23,23	22,22	22,22	27,27	32,32	28,28	32,32	22,22	-
Dureza em Magnésio (mg/L)	8,84	2,21	7,85	9,33	11,04	11,54	11,04	20,86	13,25	13,25	9,82	14,73	-
Dureza Total (mg/L)	60,6	33,33	54,54	56,56	68,68	69,69	67,67	113,12	86,86	82,82	72,72	82,82	500
Ferro Total (mg/L)	0,4	1,09	0,92	0,3	1,02	1,4	7,15	2,85	4,56	0,93	5,7	1,77	0,3
Odor (intensidade)	Obj. ⁽¹⁾	Obj.	Obj.	Obj.	Obj.	Obj.	Obj. ⁽¹⁾	Obj.	Obj.	Obj.	Não Obj.	Obj.	6
pH	6	6,08	6,2	5,32	6,68	6,09	6,1	6,44	7,08	6,82	6,74	6,18	6,0 – 9,5
Turbidez (uT)	3,07	3,36	3,23	2,6	2,52	10,2	9,17	12,9	34	14,4	61,2	11	5

Fonte: Elaborado pelo autor através dos laudos mensais emitidos pelo laboratório, 2020.

Nota: (1) Obj.: Objetável

Tabela 10. Resultados das análises físico-químicas de janeiro a setembro de 2019.

Parâmetros (Unidade)	14 Jan.	08 Fev.	12 Mar.	11 Abr.	20 Mai.	13 Jun.	02 Jul.	02 Ago.	04 Set.	VMP
Alcalinidade Total (mg/L)	72,1	51,5	82,4	70,04	76,22	63,86	70,04	70,04	95,79	-
Cloreto (mg/L)	34,34	35,35	42,42	40,4	44,44	35,35	36,36	40,4	40,40	250
Condutividade (µS/cm)	365,5	322	424,5	381	411,5	430	354	406	510,5	-
Cor Aparente (uH)	27	19	56	50	38	10	<5	<5	7	15
Dureza em Cálcio (mg/L)	26,26	28,28	26,26	46,46	30,3	24,24	26,26	20,2	24,24	-
Dureza em Magnésio (mg/L)	12,27	26,51	10,31	9,82	14,73	8,34	11,78	7,85	9,82	-
Dureza Total (mg/L)	76,76	137,36	68,68	86,86	90,9	58,58	74,74	52,52	64,64	500
Ferro Total (mg/L)	3,2	1,91	1,98	1,9	1,53	0,62	<0,06	0,07	0,78	0,3
Odor (intensidade)	Obj. ⁽¹⁾	Não Obj.	6							
pH	6,93	5,96	5,86	5,58	5,93	5,8	6,34	5,21	5,91	6,0 – 9,5
Turbidez (uT)	8,94	5,66	3,27	2,86	41,21	1,34	<0,81	<0,81	2,06	5

Fonte: Elaborado pelo autor através dos laudos mensais emitidos pelo laboratório, 2020.

Nota: (1) Obj.: Objetável

É possível observar que, das 21 amostras analisadas, os parâmetros cor aparente, ferro total, odor, turbidez e pH não atenderam os limites permitidos pela Portaria em determinados meses dos anos.

Foi realizada a análise de correlação com base no coeficiente de Pearson, verificando o grau de relacionamento dos parâmetros físico-químicos com a precipitação acumulada 5 dias antes da coleta, além da relação entre os próprios parâmetros (Tabelas 11 e 12). Para a análise da matriz da correlação entre os parâmetros físico-químicos foram consideradas apenas as correlações $\geq \pm 0,40$.

Tabela 11. Análise de correlação de Pearson entre os parâmetros físico-químicos.

	Alca.	Cloreto	CE	Cor	Dure. Ca	Dure. Mg	Dure. Total	Ferro Total	pH	Turb.
Alca.	1,00									
Cloreto	-0,29	1,00								
CE	0,79	0,06	1,00							
Cor	0,64	-0,66	0,39	1,00						
Dureza Ca	0,34	-0,01	0,23	0,39	1,00					
Dureza Mg	0,03	0,07	-0,02	0,10	0,17	1,00				
Dureza Total	0,12	0,06	0,04	0,19	0,43	0,96	1,00			
Ferro Total	0,18	-0,48	0,09	0,63	0,26	0,18	0,24	1,00		
pH	0,42	-0,56	0,14	0,60	0,18	0,21	0,24	0,45	1,00	
Turb.	0,55	-0,45	0,38	0,83	0,36	0,16	0,24	0,57	0,46	1,00

Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados estatísticos do Excel, 2020.

Tabela 12. Análise de correlação de Pearson dos parâmetros físico-químicos com a precipitação.

	Alca.	Cloreto	CE	Cor	Dure. Ca	Dure. Mg	Dure. Total	Ferro Total	Ph	Turb.
Precipitação acumulada 5 dias antes da coleta	0,13	0,27	0,11	0,11	0,26	0,16	0,21	0,03	-0,07	0,57

Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados estatísticos do Excel, 2020.

4.2.1 Alcalinidade total

A alcalinidade total é devida à presença de bicarbonatos, carbonatos ou hidróxidos e expressa a capacidade da água em neutralizar ácidos (SANTOS; MOHR, 2013). Segundo Richter (2002), com relação ao pH da água, podem estar presentes os seguintes tipos de alcalinidade: pH 3,0 - 4,6 (ácidos minerais); pH 4,6 - 8,3 (somente bicarbonatos); pH 8,3 - 9,4 (carbonatos e bicarbonatos) e pH 9,4 - 11,0 (alcalinidade e hidróxidos e carbonatos). De acordo com essa relação, pode-se dizer que nas águas subterrâneas analisadas ocorre apenas a presença de bicarbonatos, pois o pH variou entre 5,21 e 7,08.

Apesar da Portaria vigente não estabelecer VMP para este parâmetro, os resultados das análises tomam importância, pois altas concentrações (valores acima de 2000 mg/L de CaCO_3) podem afetar no sabor da água, tornando-a assim, imprópria para consumo humano (COLOMBO, 2013). Nos anos analisados a alcalinidade total variou de 48,41 mg/L a 110,21 mg/L, com média de 74,67 mg/L e estatisticamente apresentou uma correlação muito fraca e positiva ($r = 0,13$) em relação à precipitação acumulada nos 5 dias antes da coleta.

Observa-se resultados altos e acima da média em setembro e novembro de 2018, com valores de 105,06 mg/L e 110,21 mg/L, visto que foram registrados 49,8mm e 51,00mm de precipitação acumulada nos 5 dias antes da coleta. Em contrapartida, em abril de 2018 e maio de 2019, apesar do registro de chuva acumulada de 51,4mm e 304,6mm, os valores de alcalinidade não foram altos e ficaram próximos da média, tendo como resultado 73,13 mg/L e 76,22 mg/L (Figura 17). Portanto, foi comprovada a correlação muito fraca entre a alcalinidade total e a precipitação. Mas, através da análise estatística, foi possível notar uma correlação moderada e positiva com a turbidez ($r = 0,55$), pH ($r = 0,42$) e cor aparente ($r = 0,64$).

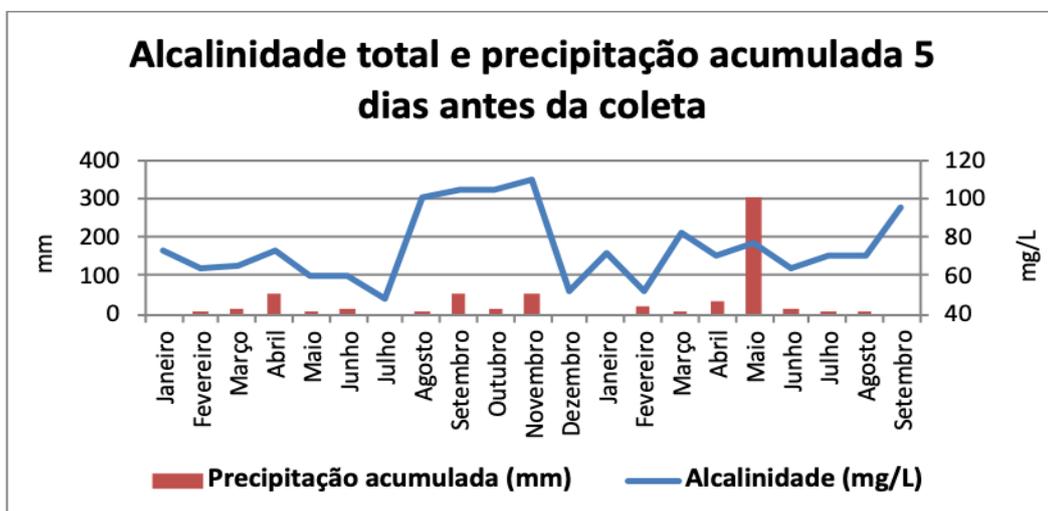


Figura 17. Alcalinidade total e precipitação acumulada 5 dias antes da coleta.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

4.2.2 Cloreto

O cloreto é um dos principais ânions inorgânicos e geralmente está presente nas águas subterrâneas apresentando teores inferiores a 100 mg/L. Todavia, o aumento dessa concentração é um indicador de poluição proveniente de efluentes domésticos ou industriais, podendo provocar mudança de sabor na água (SANTOS; SANGEL, 2011).

A portaria atual determina para esse parâmetro um valor máximo permissível de 250 mg/L. De acordo com os resultados, todas as 21 amostras analisadas apresentaram uma concentração inferior a 250 mg/L, estando em conformidade com a legislação. O teor de cloreto das águas coletadas apresentou variação de 21,21 mg/L a 44,44 mg/L, com uma média de 35,37 mg/L e o índice de correlação entre esse parâmetro e a precipitação acumulada 5 dias antes da coleta foi de $r = 0,27$, ou seja, correlação fraca e positiva.

É possível notar que em abril, setembro e novembro de 2018, as concentrações foram abaixo da média, com valores de 34,34 mg/L, 29,29 mg/L e 21,21 mg/L e tiveram um acumulado de chuva de 51,4 mm, 49,8 mm e 51,00 mm respectivamente. O mês de novembro de 2018 registrou a menor concentração do período de 21,21 mg/L, contrariamente, em maio de 2019, evidenciou nos 5 dias antes da coleta 304,6mm, ou seja, o maior índice pluviométrico e obteve-se a maior concentração de cloreto de 44,44 mg/L (Figura 18). Este alto valor em relação à média pode estar associado aos despejos de efluentes domésticos e/ou resíduos industriais carreados pelo grande volume de chuva ocorrido na véspera da coleta. Logo, não foi atestada uma correlação significativa entre o cloreto e a precipitação, mas ao avaliar a afinidade entre os parâmetros, apresentou correlação moderada e negativa com turbidez ($r = -0,45$), ferro total ($r = -0,48$), pH ($r = -0,56$) e cor aparente ($r = -0,66$).

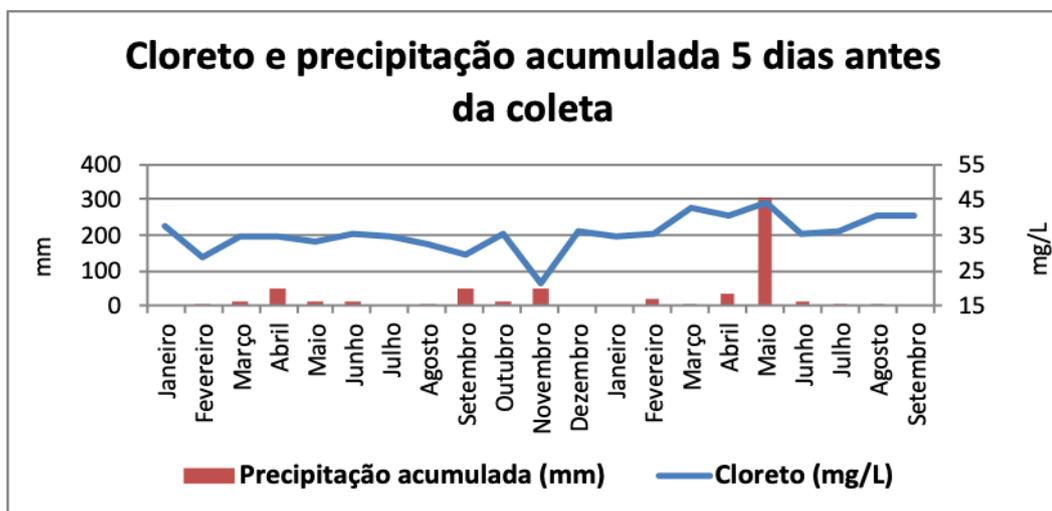


Figura 18. Cloreto e precipitação acumulada 5 dias antes da coleta.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

4.2.3 Condutividade elétrica

A condutividade está relacionada à presença de íons dissolvidos na água e à alcalinidade, que tem relação direta com a presença e/ou ausência de carbonatos e bicarbonatos (SANTOS,1997).

A legislação brasileira não estipula valores quanto à condutividade pela atual Portaria, mas valores que ultrapassem 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ podem gerar sabor desagradável à água, afetando diretamente sua capacidade para consumo (MATTA, 2002).

Os resultados da condutividade apresentaram uma média de 391,78 $\mu\text{S}/\text{cm}$, variando de 321 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 510,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e apresentou uma correlação muito fraca e positiva ($r = 0,11$) em relação à precipitação acumulada 5 dias antes da coleta.

Observa-se que a concentração máxima foi em setembro de 2019, no qual não ocorreu registro de precipitação. Por outro lado, os meses de setembro e novembro de 2018 e maio de 2019, registraram precipitação elevada e também apresentaram resultados altos e acima da média, com valores de 432 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 464,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ e 411,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figura 19). Já em abril de 2018 apesar da precipitação acumulada de 51,4 mm, obteve uma concentração menor em relação aos outros meses de chuva, com resultado de 348 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esse fato pode ser explicado devido à diminuição do valor da condutividade elétrica estar associado à concentração de sais dissolvidos nas águas (CUNHA *et al.*, 2012). Contudo, não foi comprovada estatisticamente variação da condutividade no período de chuva. Entretanto, foi estaticamente observada uma correlação forte e positiva entre a condutividade e alcalinidade ($r = 0,79$), comprovando a relação citada por Santos (1997).

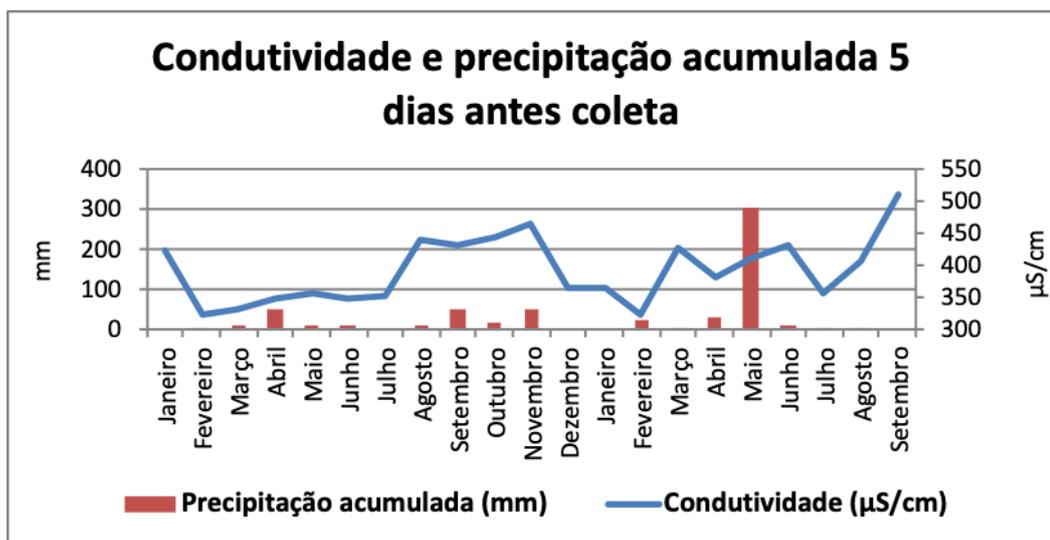


Figura 19. Condutividade e precipitação acumulada 5 dias antes da coleta.

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.4 Cor aparente

A cor é um indicativo da presença de substâncias dissolvidas no corpo hídrico e de materiais sólidos em suspensão (LUCAS, 2007). A portaria estabelece um valor máximo de 15 uH de cor em água destinada para o consumo humano, devido à aparência adequada que deve apresentar. Quando a cor está acima dos padrões, além de esteticamente inaceitável, pode manchar roupas, peças sanitárias, etc. (GUARIROBA, 2020).

No período de estudo, das 21 amostras analisadas, 15 apresentaram valores acima de 15 uH, isto é, em desconformidade com a legislação. Observa-se que a cor aparente apresentou variação de <5 uH a 304 uH, uma média aproximada de 59,85 uH e o índice de correlação com a precipitação acumulada 5 dias antes da coleta de $r = 0,11$ ou seja, muito fraca e positiva.

Apesar de não comprovada estatisticamente à relação entre a cor aparente e a precipitação, ao se verificar os principais meses de precipitação mais elevada, tais como abril, setembro e novembro de 2018 e maio de 2019, observa-se que os valores de cor ficaram no limite ou acima do permitido, tendo como resultado 15 uH, 239 uH, 304 uH e 38 uH, respectivamente (Figura 20). Tal fato pode ser explicado pelo maior volume de chuvas e aumento no transporte de material orgânico e inorgânico drenado nas margens dos rios e canais, o que pode influenciar no aumento da cor (HELBEL, 2011).

Por outro lado, em julho de 2018 e janeiro de 2019, por exemplo, não ocorreu precipitação nos 5 dias antes da coleta e a cor aparente também obteve resultados fora da legislação, com valores de 43 e 27 uH. Foi possível notar, valores muito altos e acima da média em setembro e novembro de 2018, enquanto abril de 2018 e maio de 2019, os resultados foram menores e abaixo da média. Desta forma, não foi possível identificar uma correlação expressiva da cor com a precipitação.

Através dos resultados pode ser verificada também uma relação direta entre os valores de turbidez e cor. Isso demonstra a presença de matéria orgânica em suspensão causadora da turbidez, influenciando no aumento sensível da cor. Essa correlação pode ser observada também através da análise estatística, onde o índice de correlação entre a cor e turbidez foi de $r = 0,83$, isto é, correlação forte e positiva. Outra correlação observada foi com ferro total, com uma correlação moderada e positiva, $r = 0,63$, justificado pela coloração acastanhada que ele proporciona à água.

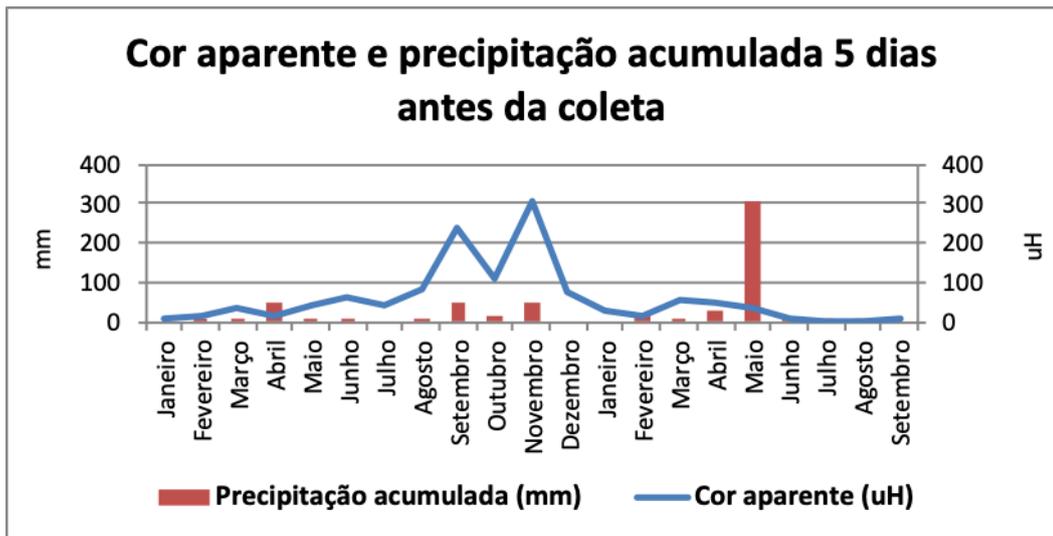


Figura 20. Cor aparente e precipitação acumulada 5 dias antes da coleta.
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

4.2.5 Dureza em cálcio

O cálcio é um dos elementos mais abundantes existentes na maioria das águas, solos e rochas e é um forte contribuinte para a dureza da água.

A legislação brasileira não estipula valores quanto ao teor de cálcio, mas sabe-se que em quantidades elevadas, pode ser prejudicial ao uso doméstico e industrial, originando depósitos e incrustações, em especial, nas tubulações que transportam água quente (GOMES, 2005). Geralmente, em águas subterrâneas os íons de cálcio oscilam entre 10 e 100 mg/L (OBIEFUNA; SHERIFF, 2011). Portanto, todas as 21 amostras analisadas estão dentro dessa faixa.

Os valores de cálcio das águas coletadas durante o período de estudo apontaram variação de 18,18 mg/L a 46,46 mg/L, uma média de 26,26 mg/L e apresentou uma correlação fraca e positiva ($r = 0,26$) em relação à precipitação acumulada 5 dias antes da coleta.

Verifica-se na Figura 21, que a concentração máxima foi registrada em abril de 2019 com valor de 46,46 mg/L, no qual a precipitação acumulada 5 dias antes da coleta foi de 31,4mm. Outros meses de maiores registros de chuvas acumuladas antes da coleta, tais como setembro, novembro de 2018 e maio 2019 também apresentaram valores acima da média, com resultados de 32,32 mg/L, 32,32 mg/L e 30,30 mg/L. Contrariamente, em abril de 2018 apesar do registro de chuva acumulada de 51,4 mm, o teor de cálcio foi de 18,18 mg/L, sendo o

menor valor registrado. Sendo assim, não foi possível constatar uma relação significativa da dureza de cálcio com a precipitação.

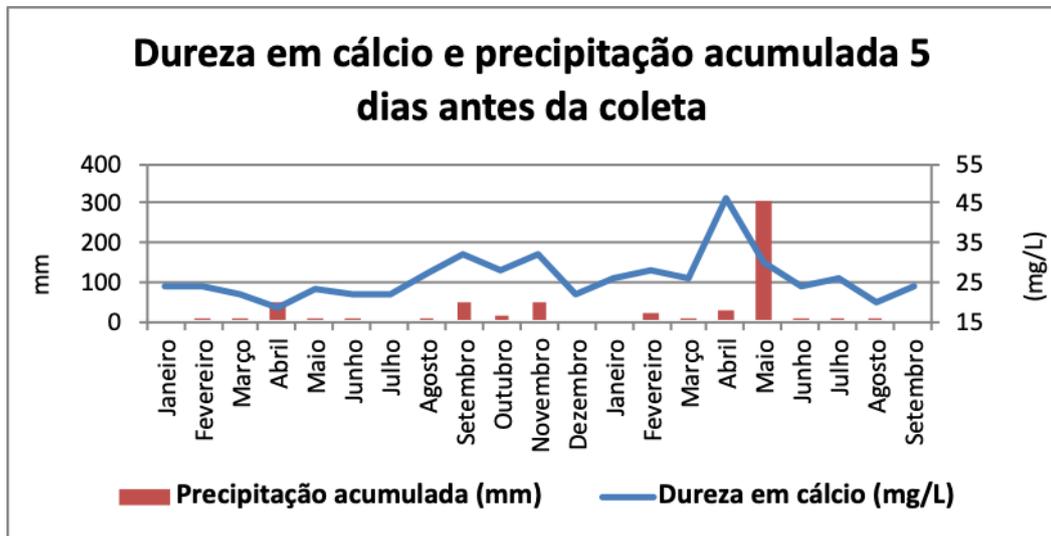


Figura 21. Dureza em cálcio e precipitação acumulada 5 dias antes da coleta.
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

4.2.6 Dureza em magnésio

O magnésio é um elemento cujo comportamento geoquímico é muito similar ao do cálcio sendo, porém, mais solúvel. Juntamente com o cálcio, são os cátions que mais contribuem para a dureza total da água (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011).

Assim como a dureza de cálcio, a portaria vigente também não especifica valores para dureza em magnésio. Em águas provenientes de recursos hídricos subterrâneos os íons de magnésio são encontrados geralmente na faixa de 1 a 40 mg/L (POHLING, 2009). Portanto, todo período analisado está dentro da faixa estipulada.

Os valores de magnésio oscilaram entre 2,21 mg/L a 26,51 mg/L, com uma média de 11,68 mg/L e o índice de correlação com a precipitação acumulada 5 dias antes da coleta de $r = 0,16$, ou seja, muito fraca e positiva.

De acordo com a Figura 22, é possível notar valores bem distintos em relação à precipitação. Observa-se que a máxima foi registrada em fevereiro de 2019 com concentração de 26,51 mg/L, no qual a precipitação acumulada 5 dias antes da coleta foi de 20,4 mm. Outros meses de maiores registros de chuvas acumuladas antes da coleta, tais como setembro de 2018 e maio 2019 também apresentaram valores acima da média, com resultados de 13,25 mg/L e 14,73 mg/L. Em contrapartida, em abril e novembro de 2018 apesar do registro de precipitação antes da coleta, o teor de magnésio foi de 9,33 mg/L e 9,82 mg/L, ou seja, menor

que os outros meses de registros de chuva e abaixo da média. Deste modo, a relação dureza de magnésio com a precipitação é praticamente desprezível.

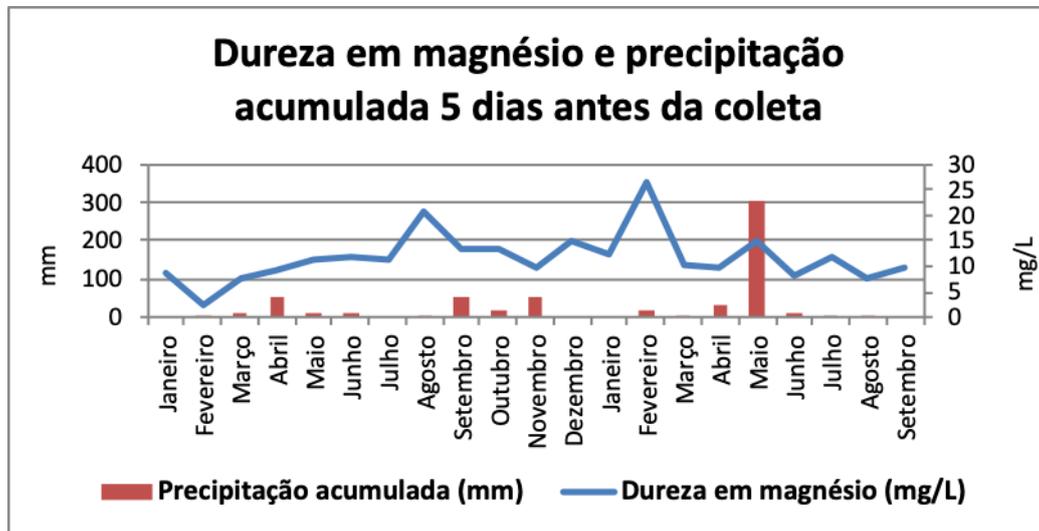


Figura 22. Dureza em magnésio e precipitação acumulada 5 dias antes da coleta.
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

4.2.7 Dureza total

Segundo Richter e Netto (2002), a dureza é uma característica conferida à água pela presença de alguns íons metálicos, principalmente os de (Ca^{2+}) e (Mg^{2+}).

Se tratando do grau de dureza dessas águas, em praticamente todo período apresentou concentrações de CaCO_3 entre 50mg/L e 150 mg/L, logo, pode-se considerar que estas águas são classificadas no grau de dureza moderada. Apenas o mês de fevereiro de 2018 que apresentou abaixo de 50 mg/L, sendo classificada como dureza mole.

De acordo com a portaria o valor máximo estabelecido para dureza total é de 500mg/L e em todos os meses analisados, observamos valores abaixo do que preconiza a legislação.

As concentrações de CaCO_3 variaram de 33,33 a 137,36 mg/L com média de 74,31 mg/L e apresentou uma correlação fraca e positiva ($r = 0,21$) em relação à precipitação acumulada 5 dias antes da coleta.

Observa-se na Figura 23, que a máxima foi registrada em fevereiro de 2019 com concentração de 137,36 mg/L, no qual a precipitação acumulada 5 dias antes da coleta foi de 20,4mm. Foi possível notar que setembro e novembro de 2018 e maio de 2019 registraram uma maior precipitação acumulada 5 dias antes da coleta e os resultados apontaram valores altos e acima da média, tais como, 86,86 mg/L, 82,82 mg/L e 90,90 mg/L. Por outro lado, abril de 2018 apesar do registro de precipitação elevada e apresentou valor abaixo da média

com concentração de 56,56 mg/L. Desse modo, não foi possível identificar uma correlação significativa da dureza total com a precipitação.

Através do cálculo do coeficiente de correlação de Pearson, foi possível notar também uma relação entre dureza total e dureza de magnésio, no qual o índice de correlação foi de $r = 0,96$, ou seja, muito forte e positiva.

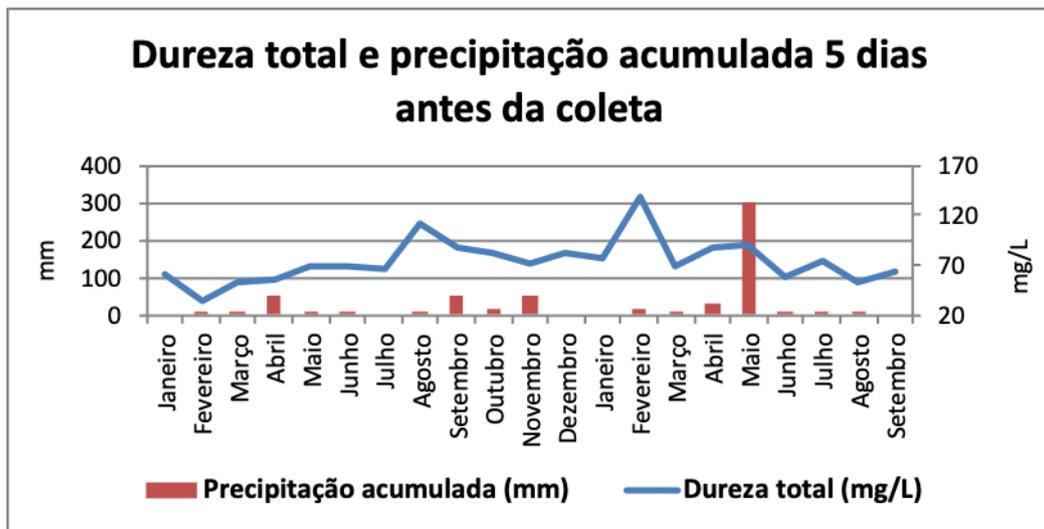


Figura 23. Dureza total e precipitação acumulada 5 dias antes da coleta.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

4.2.8 Ferro total

O ferro é um elemento bastante comum nas águas subterrâneas, sua origem pode estar ligada à lixiviação dos solos, contaminantes industriais e ao contato da água com tubulações metálicas. Não existem evidências de efeitos nocivos à saúde, mas sua presença na água pode levar a rejeição do consumidor devido à coloração acastanhada que ele proporciona à água (CARMO; BEVILACQUA; BASTOS, 2008; FREITAS *et al.*, 2002).

De acordo com a portaria, o limite de potabilidade para o ferro é de até 0,3 mg/L para as águas destinadas ao consumo humano. Conforme os resultados, das 21 amostras analisadas, apenas 3 estão dentro do padrão exigido, sendo elas, abril 2018 com concentração de 0,3 mg/L, julho 2019 obteve <0,06 mg/L e agosto 2019 registrou 0,07 mg/L.

Os valores de ferro total variaram de <0,06 mg/L a 7,15 mg/L, com uma média de 1,91mg/L e apresentou uma correlação muito fraca e positiva ($r = 0,03$) em relação à precipitação acumulada 5 dias antes da coleta.

A partir da Figura 24, é possível observar que nos meses onde registraram as maiores intensidades de chuvas acumuladas 5 antes da coleta, ou seja, abril, setembro, novembro de

2018 e maio 2019, apresentaram valores no limite ou acima do permitido pela portaria, tais como, 0,3 mg/L, 4,56 mg/L, 5,7 mg/L e 1,53 mg/L respectivamente. Contrariamente, julho de 2018 não registrou precipitação durante os 5 dias antes da coleta, e apresentou a maior concentração de 7,15 mg/L. Foi possível também observar que setembro e novembro de 2018 apresentaram concentrações altas e acima da média, enquanto, abril de 2018 e maio de 2019, os resultados ficaram abaixo da média. Sendo assim, a relação do ferro total com a precipitação é praticamente desprezível.

Por outro lado, segundo Richter e Netto (2007), altas concentrações de ferro podem contribuir de forma significativa para o aumento da turbidez e mudança de cor da água. Essas correlações podem ser observadas através da análise estatística, onde o índice de correlação entre o ferro total e cor aparente foi de $r = 0,63$, isto é, correlação moderada e positiva, assim como a turbidez apresentou uma correlação moderada e positiva, $r = 0,57$, visto que em alguns casos, águas ricas em ferro podem apresentar uma elevação na turbidez quando entram em contato com o oxigênio do ar (PEDROSA; CAETANO, 2002).

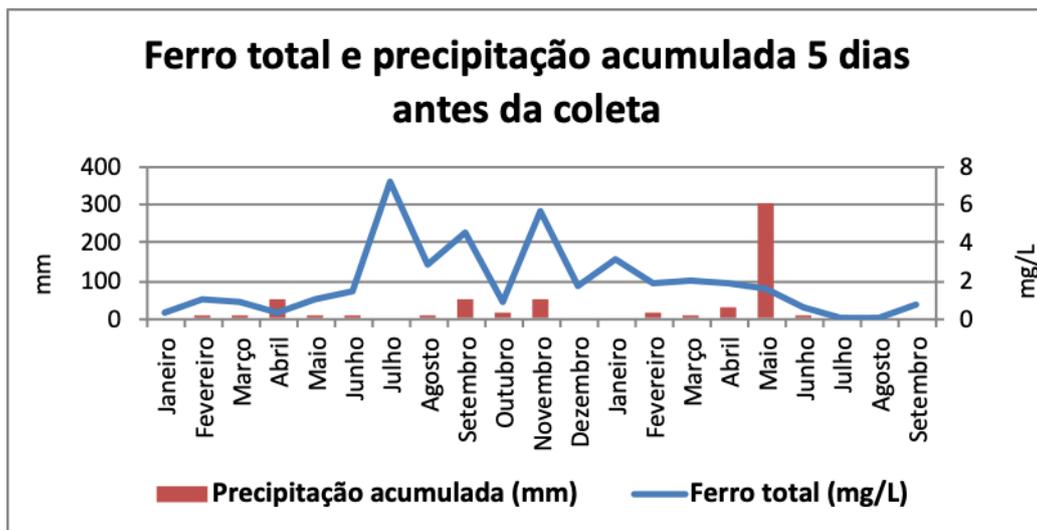


Figura 24. Ferro total e precipitação acumulada 5 dias antes da coleta.
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

4.2.9 Odor

A remoção do odor das águas para abastecimento público é de grande importância, pois sua presença pode fazer com que o consumidor questione sua adequação para consumo, embora não possa ser diretamente relacionado com a segurança da água.

Uma causa natural de odor muito comum, em águas subterrâneas, é o sulfeto de hidrogênio originário da bactéria redutora de sulfato, causando um odor detestável de ovo

podre (MACEDO; ARNESEN; LAGANARO, 2018). Para consumo humano e usos mais nobres, o padrão de potabilidade exige que a água seja completamente inodora, ou seja, não objetável.

A portaria vigente regulamenta no Anexo XX, um valor máximo permitido (VMP) de intensidade 6, ou seja, intensidade máxima de percepção para qualquer característica de odor. Porém, nos resultados do estudo foi denominado somente como objetável ou não objetável.

Ao observar as Tabelas 8 e 9, das 21 amostras analisadas, 12 apresentaram resultados como objetável, isto é, identificou odor perceptível. Enquanto as amostras de novembro de 2018 e fevereiro a setembro de 2019 não apresentaram algum tipo de odor característico.

Os meses que não registraram chuvas durante os 5 dias antes da coleta, tais como, janeiro, julho, dezembro de 2018 e janeiro de 2019, obtiveram odor objetável, exceto em setembro de 2019, que o odor foi não objetável. Já os meses onde registraram as maiores intensidades de chuvas acumuladas antes da coleta, tais como abril, setembro, novembro de 2018 e maio 2019, dois meses apresentaram odor e dois foram imperceptíveis. Um ponto relevante foi que setembro de 2019 não ocorreu precipitação, enquanto maio de 2019 obteve o maior registro de chuva de 304,6 mm, e ambos os meses o resultado foi não objetável. Sendo assim, não foi possível distinguir uma relação entre o odor e a precipitação.

4.2.10 pH

Determinado pela concentração de íons de Hidrogênio (H⁺) em uma substância. Os seus valores variam de 0 a 14. Valores de 0 a 7 são considerados ácidos, valores em torno de 7 são neutros e valores acima de 7 são denominados básicos ou alcalinos. Quanto menor o pH de uma substância, maior a concentração de íons H⁺ e, portanto, mais ácida a substância (NETO e ARECO, 2012).

O pH influencia a qualidade da água de tal maneira que pH baixo pode comprometer o gosto e aumentar a ação de corrosão. Por outro lado, o pH elevado também compromete o paladar, além de aumentar a formação de incrustações nas redes ou aparelhos sanitários (SPERLING, 2005). A maioria das águas subterrâneas possuem pH entre 5,5 e 8,5 e em casos excepcionais pode variar entre 3 e 11 (FRANCA *et al.*, 2006). Na portaria vigente, para que a água seja considerada própria para consumo, os valores de pH devem estar na faixa de 6,0 a 9,5. Das 21 amostras de água bruta analisadas, 8 apresentaram valores abaixo do permitido na legislação, esses resultados caracterizam águas levemente ácidas.

Segundo Esteves (1998) o pH pode ser considerado como uma das variáveis

ambientais mais importantes, ao mesmo tempo que uma das mais difíceis de se interpretar em função do grande número de fatores que podem influenciá-lo. Os valores de pH durante o período de estudo apontaram variação de 5,21 a 7,08, uma média de 6,15 e apresentou uma correlação muito fraca e negativa ($r = -0,07$) em relação à precipitação acumulada 5 dias antes da coleta.

A partir da Figura 25, é possível notar que os picos mais baixos foram em abril de 2018 com pH de 5,32 e agosto de 2019 com pH de 5,21, no qual foi registrado uma precipitação acumulada 5 dias antes da coleta de 51,40 mm e 0,2mm respectivamente. E os picos mais altos foram em setembro e novembro de 2018, com um pH de 7,08 e 6,74, nesses meses foram registrados precipitações acumuladas de 49,8 mm e 51 mm. Nota-se também que abril de 2018 e maio de 2019, ficaram abaixo da média e do permitido pela portaria, registrando um pH ácido.

O pH das amostras no período chuvoso tendem apresentar valores mais baixos, em função das águas da precipitação atmosférica serem mais ácidas, porém, o mês de setembro de 2019 demonstrou-se atípico, apresentando uma concentração levemente básica. Essa variação de pH nas amostras, está relacionada a uma soma de fatores tanto naturais, como antropogênicos que alteram os valores de pH das águas (SPERLING, 2005).

Ao avaliar a relação entre os parâmetros, o pH apresentou uma correlação moderada e positiva com a cor aparente ($r = 0,60$).

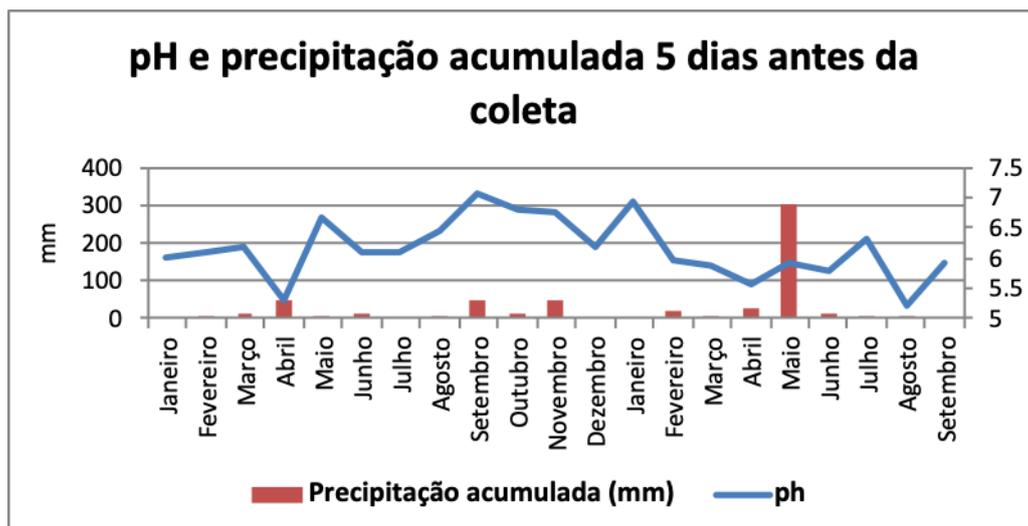


Figura 25. pH e precipitação acumulada 5 dias antes da coleta.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

4.2.11 Turbidez

A turbidez se origina de partículas que geram uma aparência turva na água, impedindo a passagem da luz (RENOVATO; SENA; SILVA, 2013). Normalmente, é causada pela presença de sólidos em suspensão como partículas inorgânicas e de detritos orgânicos (PARRON; MUNIZ; PEREIRA, 2011). Em locais que apresentam alta turbidez, as partículas podem alojar uma grande quantidade de poluentes e até microrganismos patogênicos (OLIVEIRA *et al.*, 2008), desta forma, se torna essencial a determinação desse parâmetro. A portaria atual determina o valor máximo de 5,0 uT. Das 21 amostras de água bruta analisadas, registrou-se 9 acima do valor permitido.

Observa-se que a turbidez apresentou variação de < 0,81 uT a 61,2 uT, uma média aproximada de 11,50 uT e o índice de correlação com a precipitação acumulada 5 dias antes da coleta foi de $r = 0,57$ ou seja, moderada e positiva.

Considerando os episódios de chuva durante 5 dias antes da coleta, nota-se que setembro de 2018 registrou uma precipitação acumulada de 49,8 mm e uma concentração de 34 uT, em novembro de 2018 a precipitação foi de 51,0 mm e o resultado foi de 61,2 uT e em maio de 2019 foi registrada a maior intensidade de chuva na véspera da coleta com 304,6 mm e a concentração foi de 41,21 uT, ou seja, esses meses obtiveram valores bem acima da média, além de ultrapassarem o valor máximo permitido pela portaria. Já em abril de 2018, teve um registro de precipitação de 51,4 mm e uma concentração abaixo da média de 2,6 mm. Mas apesar dessa exceção, é possível notar que as maiores concentrações foram registradas nos períodos chuvosos. Portanto, neste trabalho observou-se que a turbidez sofre uma influência moderada da precipitação (Figura 26).

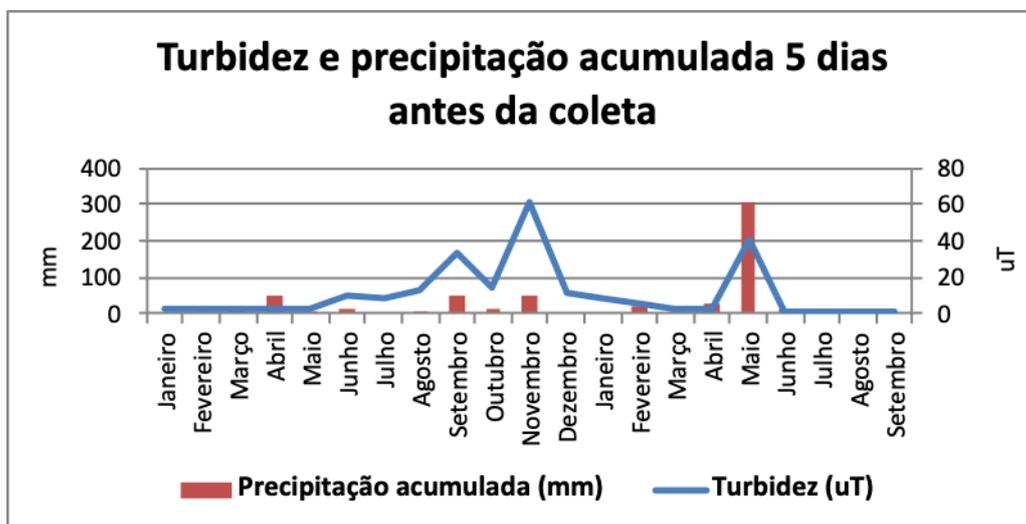


Figura 26. Turbidez e precipitação acumulada 5 dias antes da coleta.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

4.3 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Os resultados das análises microbiológicas emitidos pelo laboratório estão expostos nas Tabelas 13 e 14, assim como o VMP exigido pela portaria vigente, evidenciando em vermelho os meses que manifestaram presença de coliformes totais e/ou *Escherichia coli*.

Tabela 13. Resultados das análises microbiológicas dos meses janeiro a dezembro de 2018.

Dia/ Mês	Coliformes Totais NMP/100mL	<i>Escherichia Coli</i> NMP/100mL	VMP
18/Janeiro	Ausente	Ausente	Ausente
21/Fevereiro	Ausente	Ausente	Ausente
21/Março	Ausente	Ausente	Ausente
19/Abril	Ausente	Ausente	Ausente
22/Maio	Ausente	Ausente	Ausente
20/Junho	Ausente	Ausente	Ausente
20/Julho	Ausente	Ausente	Ausente
21/Agosto	Ausente	Ausente	Ausente
20/Setembro	9,2	Ausente	Ausente
18/Outubro	33	Ausente	Ausente
21/Novembro	23	Ausente	Ausente
21/Dezembro	23	Ausente	Ausente

Fonte: Elaborado pelo autor através dos laudos mensais emitidos pelo laboratório, 2020.

Tabela 14. Resultados das análises microbiológicas dos meses janeiro a setembro de 2019.

Dia/ Mês	Coliformes Totais NMP/100mL	<i>Escherichia Coli</i> NMP/100mL	VMP
14/Janeiro	Ausente	Ausente	Ausente
08/Fevereiro	33	Ausente	Ausente
12/Março	Ausente	Ausente	Ausente
11/Abril	4,5	Ausente	Ausente
20/Maio	33	2	Ausente
13/Junho	Ausente	Ausente	Ausente
02/Julho	Ausente	Ausente	Ausente
02/Agosto	Ausente	Ausente	Ausente
04/Setembro	13	Ausente	Ausente

Fonte: Elaborado pelo autor através dos laudos mensais emitidos pelo laboratório, 2020.

A partir dos resultados, nota-se que nas 21 amostras analisadas, os parâmetros coliformes totais e *Escherichia coli* estiveram acima do limite estipulado pela legislação em 8 amostras examinadas.

A análise de correlação entre os parâmetros microbiológicos e a precipitação acumulada 5 dias antes da coleta, estão descritos na Tabela 15.

Tabela 15. Análise de Correlação de Pearson dos parâmetros microbiológicos e a precipitação.

	Coliformes Totais	<i>Escherichia Coli</i>
Precipitação acumulada 5 dias antes da coleta	0,50	0,96

Fonte: Elaborado pelo autor através dos dados estatísticos do Excel, 2020.

4.3.1 Coliformes totais

A presença de Coliformes Totais indica que houve um crescimento de bactérias na água. Assim, entende-se que a água teve contato com matéria orgânica em decomposição. A presença dos mesmos é um indicativo de que pode haver outros grupos de bactérias mais específicas, como *Escherichia coli* (indicador de contaminação fecal). Sendo assim, a água deve passar por procedimento de desinfecção.

A Portaria de Consolidação nº 5/2017 - Anexo XX do Ministério da Saúde, estabelece que em água para consumo humano, não são permitidos a presença de coliformes totais em

100 ml da água (BRASIL, 2017).

Os resultados obtidos das análises revelaram que das 21 amostras coletadas, 8 apresentaram contaminação, apresentando variação de 0 a 33 NMP/100mL, uma média aproximada de 8,18 NMP/100mL e uma correlação moderada e positiva ($r = 0,50$) em relação à precipitação acumulada 5 dias antes da coleta. Observa-se que nos meses de precipitação acumulada elevada, tais como setembro e novembro de 2018 e maio de 2019, registraram contaminação de 9,2 NMP/100mL, 23 NMP/100mL e 33 NMP/100mL respectivamente, podendo observar que a maior concentração de coliformes totais ocorreu em Maio de 2019, exatamente no mês de maior volume de chuva acumulada 5 dias antes da coleta. Contrariamente, em abril de 2018 apesar do registro de chuva acumulada alta, o resultado de coliformes foi ausente. De certa forma é possível observar na Figura 27, que os maiores registros de contaminações ocorreram nos períodos de chuva, este fato pode estar relacionado aos efluentes domésticos/ industriais lançados no canal próximo à área de estudo, visto que os aquíferos livres são mais sucessíveis a contaminação por percolação e escoamento durante a precipitação. Sendo assim, o número de coliformes totais é influenciado moderadamente pela precipitação do local.

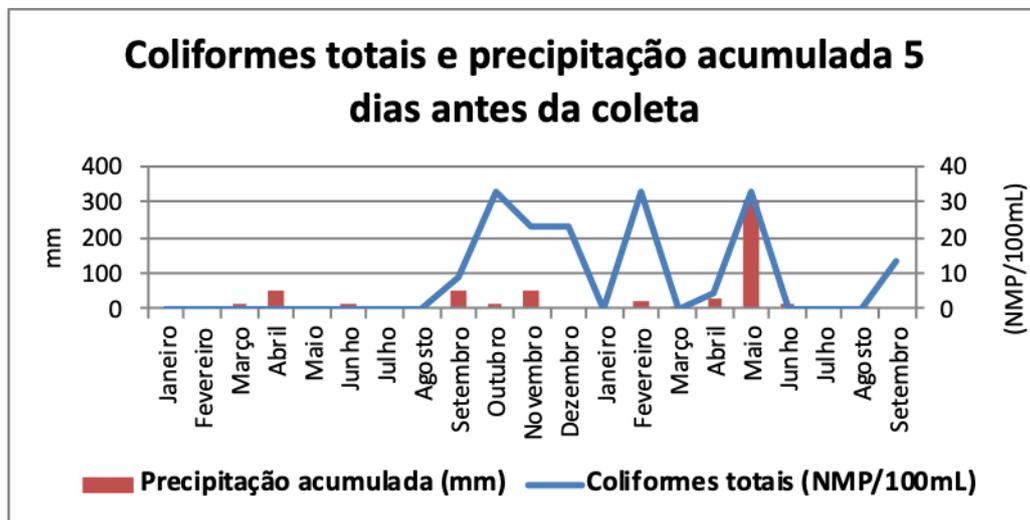


Figura 27. Coliformes totais e precipitação acumulada 5 dias antes da coleta.
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

4.3.2 *Escherichia coli*

A presença de coliformes fecais, representados principalmente por *E. coli*, determina a origem fecal da contaminação, ou seja, indica que houve a contaminação do lençol freático por fossas domésticas (NUNES; MARCHETTO, 2010), ou indica a deterioração de sua

qualidade por outros sistemas de saneamento doméstico in situ e excretas de origem animal (SILVA e ARAÚJO, 2003). O despejo de esgotos in natura é a principal via de chegada de coliformes fecais, que são bactérias provenientes do trato digestivo de animais de sangue quente, nos ecossistemas aquáticos (GIATTI, 2004).

Para o parâmetro *Escherichia coli*, assim como para coliformes totais, a portaria vigente determina ausência desse parâmetro em água que tenha finalidade de consumo, para ser considerada como própria.

Na Figura 28 fica nítido que o único mês que apresentou contaminação por coliformes fecais foi o mês de maio de 2019, registrando 2,0 NMP/100mL, justamente o mês com a maior precipitação acumulada de 304,6 mm, isso pode ser justificado pela elevação do nível do lençol freático e o aumento da concentração de esgoto no período (HELBEL, 2011), o que se tornou uma preocupação, uma vez que a presença de coliformes fecais pode acarretar em aumento significativo do risco de ocorrência de doenças relacionadas à falta de saneamento adequado.

Sendo assim, estatisticamente *Escherichia coli* apresentou uma correlação muito forte e positiva ($r = 0,96$) em relação à precipitação acumulada 5 dias antes da coleta.

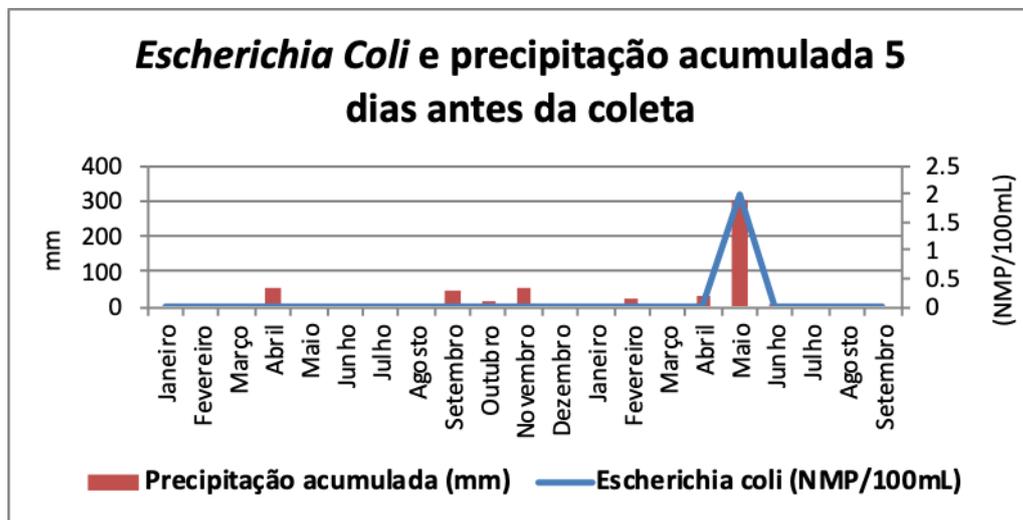


Figura 28. *Escherichia coli* e precipitação acumulada 5 dias antes da coleta.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

5. CONCLUSÕES

Por meio dos resultados obtidos foi verificado que as águas subterrâneas oriundas dos 6 poços se encontram fora do padrão de potabilidade para consumo humano, onde os resultados das concentrações de cor aparente, ferro total, odor, turbidez, pH, coliformes totais e *Escherichia coli* apresentaram valores fora do limite estabelecido pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 - Anexo XX do Ministério da Saúde em determinadas amostras dos anos de estudo.

A análise da precipitação de Macaé revelou que os meses de abril, setembro, novembro de 2018 e maio de 2019 corresponderam ao de maior índice de precipitação acumulada 5 dias antes da coleta. O presente estudo demonstra que, apesar de alguns parâmetros físico-químicos apresentarem valores acima do permitido pela legislação, estatisticamente não mostrou influência direta com a precipitação local, exceto para a variável turbidez que demonstrou uma correlação moderada e positiva com um coeficiente de correlação igual a 0,57. Desta forma, foi observado que as maiores concentrações de turbidez foram registradas no período de chuva, em consequência do aumento de sólidos em suspensão.

Já os parâmetros microbiológicos apresentaram relações mais significativas, nos quais os coliformes totais mostraram moderada correlação com a precipitação ($r = 0,50$) enquanto que *Escherichia coli* demonstrou uma correlação muito forte ($r = 0,96$). Foi possível observar que o valor de *E. coli* ficou acima do VMP em maio de 2019, justamente no mês que registrou uma precipitação acumulada 5 dias antes da coleta elevada, de 304,6mm. De acordo com esse resultado, foi possível constatar indícios de contaminação por esgotos domésticos e/ou industriais devido à presença de coliformes fecais. Conforme estabelece a portaria vigente, a água de consumo humano deve ter ausência tanto de *E. coli* quanto de coliformes totais.

As variáveis dureza total e dureza de magnésio apresentaram correlação muito forte e positiva com um coeficiente de correlação igual a 0,96, além das variáveis condutividade e alcalinidade que se mostraram fortemente correlacionadas ($r = 0,79$), assim como a variável turbidez e cor aparente com correlação de 0,83. Já as variáveis alcalinidade e cor aparente; turbidez e alcalinidade; ferro total e cor; pH e cor aparente; ferro total e turbidez, apresentaram correlação moderada e positiva, com um coeficiente de correlação igual a 0,64; 0,55; 0,63; 0,60; 0,57, respectivamente.

Enquanto as variáveis cloreto e cor aparente, assim como pH e cloreto, apresentaram

uma correlação moderada e negativa, com um coeficiente de correlação igual a $-0,66$ e $-0,56$, respectivamente, os demais parâmetros não sofreram significativas correlações, demonstrando fraco ou muito fraco relacionamento entre eles.

Portanto, o estudo estatístico da correlação de Pearson mostrou que praticamente não houve correlação entre os parâmetros físico-químicos e a precipitação acumulada 5 dias antes da coleta. Por outro lado, foi encontrada correlação forte com os parâmetros microbiológicos.

Com base nesse estudo, se entende que há necessidade de melhoria da qualidade da água consumida pela população do condomínio analisado. Desta forma, a empresa responsável tem se preocupado com o monitoramento das águas subterrâneas e, antes da distribuição para o consumo, a água bruta passa por uma estação de tratamento de água (ETA), onde são realizadas as etapas de filtração e desinfecção que são fundamentais no processo de tratamento da água e essenciais para a garantia do acesso a uma água potável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M.G.; *et al.* **Qualidade das águas de poços rasos provenientes de áreas urbanas e rurais de Campos dos Goytacazes (RJ)**. Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas e Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, 2010.

ALVES, Nilton César; ODORIZZI, Augusto Cesar; GOULART, Flávia Cristina. **Análise microbiológica de águas minerais e de água potável de abastecimento**, Marília, SP. Revista Saúde Pública. v. 36, n. 6, p.749-751, jul, 2002.

AMORIM, Mirian Cleide. **Impactos ambientais em área de proteção ambiental urbana, margem do Rio São Francisco, Petrolina PE**. I Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental – COBESA. Salvador, BA, Junho de 2010.

ANA (2010). *Agência Nacional de Águas*. **Atlas Brasil: Abastecimento urbano de água: Panorama nacional**

ANA (2018). *Agência Nacional de Águas*. **Panoramas das águas: Água no mundo: Situação de água no mundo**.

AUGUSTO, Lia Giraldo da Silva *et al.* **O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano**. Ciênc. saúde coletiva, v. 17, n. 6, p. 1511-1522, 2012.

BRANCO, Samuel M. **Água: origem, uso e preservação**. São Paulo: Moderna, 2003.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual prático de análise de água**. 4 ed. Brasília, DF, 150 p. 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Vigilância e controle da qualidade da água para consumo humano**. Brasília-DF, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria 518, de 25 de março de 2004. **Estabelece os procedimentos e responsabilidades relativos ao controle e vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, e dá outras providências**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 26 mar. 2004.

BRASIL. Portaria de Consolidação nº 5 de 28 de Setembro de 2017, Anexo XX. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.** Brasília-DF, 2017.

CAJAZEIRAS, C. C. A. **Qualidade e Uso das Águas Subterrâneas e a Relação com Doenças de Veiculação Hídrica, Região de Crajubar/CE.** Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade Federal do Ceará, 2007.

CAL, 2006. **Estudo de Impacto Ambiental do Porto do Açú.** Rio de Janeiro, Brasil.

CALDEIRA, T. Leitzke; ARAUJO, M. Maria Fernandes de; BESKOW, S. **Análise de série hidrológica de precipitação no sul do Rio Grande do Sul para aplicação na gestão e monitoramento de recursos hídricos.** IV Encontro Sul-Americano de Meteorologia. Pelotas-RS: 2011.

CARMO, R.F.; BEVILACQUA, P.D.; BASTOS, R.K.X. **Vigilância da qualidade da água para consumo humano: Abordagem qualitativa da identificação de perigos.** *Engenharia sanitária ambiental*, v. 13, n.4, p. 426-434, 2008.

CELLIGOI, A. **Considerações sobre análises químicas de águas subterrâneas.** *Geografia, Londrina*, v. 8, n. 1, p. 91-97, 1999.

COLOMBO, P. **Determinação de alcalinidade em águas.** 2013.

CONCEIÇÃO, F. T. *et al.* **Hidrogeoquímica do Aquífero Guarani na área urbana de Ribeirão Preto (SP).** São Paulo: UNESP, Geociências, v. 28, n. 1, p. 65-77, 2009.

COSTA, O. S.; SOUSA, A. R. **Análise da Água – Métodos Analíticos Físico-químicos e Biológicos.** Goiânia. GO. UFG. 2007.

CLIMATEMPO. **Climatologia de Macaé-RJ.** Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/304/macae-rj>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2020.

CLIQUE DIÁRIO (2018). Fonte: Disponível em: <https://cliquediario.com.br/retrospectiva-2018/em-marco-e-novembro-macae-ficou-debaixo-dagua-em-razao-de-fortes-chuvas>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2020.

CUNHA, H. F. A. *et al.* **Qualidade físico-química e microbiológica de água mineral e padrões da legislação.** Revista Ambiente & Água, v.7, n.3, p. 155-165, 2012.

DERISIO, J.C. **Introdução ao controle de poluição ambiental.** 4 ed. São Paulo: Oficina de textos, 2012.

DEUTSCH, W.J. Groundwater Geochemistry – **Fundamentals and application to contamination.** CRC Press LLC, 221 p., 1997.

ECKHARDT, R. R.; *et al.* **Mapeamento e avaliação da potabilidade da água subterrânea do município de Lajeado, RS, Brasil.** Rev. Ambi-Água, Taubaté, v. 4, n. 1, p. 58-80, 2009.

EDUCACIONAL. **Alter do Chão, Um Mar Subterrâneo.** Disponível em: <http://www.educacional.com.br/reportagens/alterchao/parte-02.asp>. Acesso em: 24 de Janeiro 2020.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnoquímica.** 575p. Rio de Janeiro: Interciência, 1988.

FEITOSA, A.C.F.; MANOEL FILHO, J. Hidrogeologia - **Conceitos e Aplicações; CPRM - Serviço Geológico do Brasil,** Fortaleza: Editora Gráfica LCR, 1997.

FIGUEIRA FILHO, D. B., SILVA JÚNIOR, J. A. **Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r).** Revista Política Hoje, 18, (1), pp.115-146, 2009.

FRANCA, R. M.; *et al.* **Contaminação de poços tubulares em Juazeiro do Norte-CE.** Rev. Eng. Sanit. Ambient., Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, p. 92-102, 2006.

FREITAS, V.P.S.; BRÍGIDO, B.M.; BADOLATO, M.I.C.; ALABURDA, J. **Padrão físico-químico da água de abastecimento público da região de Campinas.** Revista Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, v. 61, n. 1, p.51-58, 2002.

FUNASA- *Fundação Nacional de Saúde.* **Saneamento Rural.** 2010. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/site/engenharia-de-saude-publica-2/saneamento-rural/#prettyPhoto>. Acesso em: 27 de Janeiro 2020.

FYER, R.; MORGAN, U.; UPTON, S.J; AMARAL, L.A.; NADER FILHO, A, ROSSI JUNIOR, O.D.; FERREIRA, F.L; **Epidemiology of Cryptosporidium: transmission, detection and identificación.** *International Journal of Parasitology*, London, v.30, p.1305-1322, 2000.

GIATTI, L.L.; *et al.* **Condições de Saneamento Básico em Iporanga**, Estado de São Paulo. Revista Saúde Pública, São Paulo, n. 38, p. 517-537, 2004.

GOMES, A. **Estudo da qualidade das águas de mananciais da Floresta da Tijuca** – Rio de Janeiro. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2005.

GOOGLE MAPS. (2020). Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/@-22.3946526,-41.8045435,3446m/data=!3m1!1e3>. Acesso em: 18 de maio de 2020.

GUARIROBA. *Águas Guariroba. Qualidade da água*. Disponível em: <http://201.41.82.134/agua/sga>. Acesso em: 26 de janeiro de 2020.

G1. (2018). Fonte: Disponível em: <https://g1.globo.com/rj/regiao-dos-lagos/noticia/2018/11/08/volume-de-chuva-nas-ultimas-24h-em-macae-rj-ultrapassa-a-media-historica-para-novembro.ghtml>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2020.

G1. (2019). Fonte: Disponível em <https://g1.globo.com/rj/regiao-dos-lagos/noticia/2019/02/28/chuva-provoca-inundacoes-em-macae-rj-e-deixa-defesa-civil-em-estado-de-atencao.ghtml>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2020.

HELBEL, A.F. **Análise da qualidade das águas subterrâneas no perímetro urbano de Ji-Paraná / RO- Brasil**. Monografia de graduação Engenharia ambiental. Universidade Federal de Rondônia Ji-Paraná, 2011.

HIRATA, R.; ZOBY, J. L. G.; OLIVEIRA, F. R. **Água Subterrânea: Reserva Estratégica ou Emergencial**. In: BICUDO, Tundisi, Scheuenstuhl (orgs.). *Águas do Brasil: análises estratégicas*, São Paulo. p. 149-16, 2010.

HIRATA, Ricardo; SUHOGUSOFF, Alexandra Vieira; MARCELLINI, Silvana Susko; VILLAR, Pilar Carolina; MARCELLINI, Laura. **A revolução silenciosa das águas subterrâneas no Brasil: uma análise da importância do recurso e os riscos pela falta de saneamento**. [S.l: s.n.], 2019.

IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. População estimada de 2019 - Área territorial de 2018*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/macae/panorama>. Acesso em 12 de fevereiro de 2020.

INEA. *Instituto estadual do ambiente. Autorização para perfuração de poço*. <<http://www.inea.rj.gov.br/Portal/Agendas/LicenciamentoAmbienta/Licenciamento-saiba-mais/RecursosHidricos/OutorgadeDireitodeUsodeRecusos/Extracaodeaguasubterranea/Autori>

zacaoparaperfuracaodepoc/index.htm&lang. Acesso em: 26 de fevereiro de 2020.
 INMET. *Instituto Nacional de Meteorologia. Estações Automáticas*. Disponível em
http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=home/page&page=rede_estacoes_auto_graf
 Acesso em 08 de fevereiro de 2020.

IPCC. *Intergovernmental Panel on Climate Change*. Summary for policymakers. In: C. B. FIELD, V. BARROS, T. F. STOCKER, D. QIN, D. J. DOKKEN, K. L. EBI, *et al.* (Eds.). **Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation**. A special report of working groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Cambridge University Press, p. 3-2, 2012.

KÖPPEN; GEIGER - **Classificação climática de Köeppen** (1948) Disponível em
<https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acesso em 14 de fevereiro de 2020.

LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. Campinas: Átomo, 2010.

LUCAS, A. A. T. **Impacto na irrigação da bacia hidrográfica do Ribeirão dos Marins**. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

MACEDO, J. A. B. **Águas e Águas**. 8 ed. São Paulo: Ática, 2000.

MACEDO, J. A. B. **Métodos Laboratoriais de Análises Físico-Químicas e Microbiológicas**. 2 ed. Belo Horizonte, 2003.

MACEDO, A; ARNESEN, A.S; LAGANARO, R.A. **Técnicas de avaliação de gosto e odor utilizadas em águas para abastecimento público pela SABESP**, 2018.

MACHADO, A. L. S.; PACHECO, J. B. **Serviços ecossistêmicos e o ciclo hidrológico da Bacia Hidrográfica Amazônica - the biotic pump**. Revista GEONORTE, v. 1, n. 1, Ano 1, p. 71-89, 2010.

MARQUES, Fitene Caldas; CAVALCANTE, Paulo Roberto Saraiva; BARBIERI, Ricardo. **Qualidade das águas subterrâneas da área urbana no município de Santa Helena (MA)**. Águas Subterrâneas, 2010.

MATTA, M. A. S. **Fundamentos hidrogeológicos para a gestão integrada dos recursos hídricos da região de Belém/Ananideua** – Pará, Brasil. 2002. Tese (Doutorado em Geologia) – Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2002.

MIERZWA, José C. **Uso racional e reuso como ferramenta para gerenciamento de água e efluentes na indústria**: estudo do caso Kodak Brasileira. São Paulo: USP, 2005

MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE- CONAMA. Resolução CONAMA nº 357, de 17 de Março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências**. Brasília, 2005.

MIZUTORI, I. S., **Caracterização da Qualidade das Águas Fluviais em Meios Periurbanos: O Caso da Bacia Hidrográfica do Rio Morto - RJ**. Dissertação (Mestrado). Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. PPEA/UERJ, 2009.

NANES, P. L. M. F.; NANES, D. P.; FARIAS, S. E. M. **Qualidade das Águas Subterrâneas de Poços Tipo Cacimba: Um Estudo de Caso da Comunidade Nascimento – Município de São Sebastião** – Al. Monografia de Especialização em Manejo de Água para Irrigação da Primeira Autora. In: 3º Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais. Goiânia- GO, 2012.

NATAL, L.; NASCIMENTO, R. **Águas subterrâneas**: conceitos e controvérsias. Boletim mídia ambiente. São Paulo, ano II, n. 6, out/Nov. 2004.

NETO, L. P.; ARECO, L. B. **Automação de Tratamento de Água de Poço Artesiano**. In: IX Simpósio de Excelência de Gestão e Tecnologia. Gestão, Inovação e Tecnologia para a Sustentabilidade. Rio de Janeiro, 2012.

NF NOTÍCIAS. (2019). *O Jornal do Norte Fluminense*. Disponível em <http://www.sfnoticias.com.br/chuva-forte-deixa-macae-debaixo-dagua-nesta-sexta>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2020.

NF NOTÍCIAS. (2018). *O Jornal do Norte Fluminense*. Disponível em <http://www.nfnoticias.com.br/noticia-9305/chuva-deixa-campos-e-macae-em-estado-de-atencao>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2020.

NOTÍCIAS MACAÉ. (2019). Fonte: Disponível em: <https://www.noticiasmacae.com/geral/chuva-forte-atinge-macae-e-provoca-alagamentos-por-toda-a-cidade>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2020.

NUNES, M. L. A.; MARCHETTO, M. **Qualidade higiênico-sanitária da água subterrânea de Ji-Paraná – RO. Ji-Paraná**: Relatório Final de Pesquisa – PIBIC, UNIR/DEA, 2010.

OBIEFUNA, G. I.; SHERIFF, A. **Assessment of Shallow Ground Water Quality of Pindiga Gombe Area, Yola Area, NE, Nigeria For Irrigation and Domestic Purposes. Research Journal of Environmental and Earth Sciences**, v. 3, p.131-141, 2011.

O DEBATE (2019). Disponível em <https://www.odebateon.com.br/temporal-causa-transtorno-e-enchentes-em-varios-bairros/>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2020.

OLIVEIRA, V. D. M. *et al.* **Avaliações Físicas, Químicas e Biológicas da Microbacia do Córrego Modeneis em Limeira - SP.** Engenharia Ambiental, Espírito Santo do Pinhal, v. 5, n. 1, p. 86-96, jan/abr 2008.

OKI, T.; KANAE, S. **Global hydrological cycles and world water resources**, Science, v. 313, p.1068– 1072, 2006

PÁDUA, V. L. DE; FERREIRA, A. C. DA S. **Qualidade da água para consumo humano.** In: **Abastecimento de água para consumo humano.** Belo Horizonte: UFMG, 2006. p. 153-221.

PALUDO, D. **Qualidade da água nos poços artesanais do município de Santa Clara do Sul.** Monografia. 77f. Centro Universitário Univates. Lajeado, dez. 2010.

PARRON, M.P., MUNIZ, D.H.F., PEREIRA, C.M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água.** Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa Florestas. ISSN 1980-3958, Documentos 232, Colombo – PR, 2011.

PAVEI, S.G. **Análises físico-químicas e microbiológicas da água bruta e tratada utilizada para abastecimento do município de Florianópolis. 2006;** 53 p; Trabalho apresentado a disciplina Estágio Supervisionado como requisito para o título de Bacharel em Química, Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

PEDROSA, C.A; CAETANO, F.A. **Água subterrâneas. Agência Nacional de Águas. Superintendência de Informações Hidrogeológicas.** Brasília (DF), 2002.

PELLEGRINI, Edson Ricardo. **Transcrição de Cloretos, ferro e manganês.** Disponível em: http://prezi.com/_htqnorym9h5/cloretos-ferro-emanganes/?html5=0. Acesso em: 17 fevereiro 2020.

PEREZ FILHO, A. ; MATTOS, S. Henrique Vannucchi Leme de; ORSI, L.; VICENTE, A. Koga; VICENTE, L. Eduardo. **Monitoramento e gerenciamento de bacias urbanas associados à inundação: diagnose da bacia do Ribeirão Quilombo na região metropolitana de Campinas utilizando geotecnologias.** Revista do Departamento de

Geografia, v. 19. Universidade Estadual de Campinas, SP: 2006.

PINTO, A. G. N.; HORBE, A. M. C.; SILVA, M. S. R.; MIRANDA, S. A. F.; PASCOALOTO, D.; SANTOS, H. M. C. **Efeitos da ação antrópica sobre a hidrogeoquímica do rio Negro na orla de Manaus/AM.** *Acta Amazonica*, v. 39, n. 3, p. 627-638, 2009.

POHLING, R. **Reações químicas na análise de água.** Fortaleza: Editora Arte Visual, 2009.

PRADO, Eliana Leão do. **Qualidade da água utilizada por uma população de zona rural de Fortaleza de Minas – MG: um risco à saúde pública.** 2010. 196 p. Tese (Doutorado) – Saúde Ambiental. Escola de Enfermagem de Ribeirão Preto (USP/SP). Ribeirão Preto, 2010.

REBOUÇAS, A. da, C.; BRAGA, B.; REBOUÇAS, A. da C; TUNDISI, J. G. (Org) – **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação.** 2ª ed. São Paulo: Escrituras Editora, p 119 – 121, 2002.

RENOVATO, D. C. C.; SENA, C. P. S.; SILVA, M. M. F. **Análise De Parâmetros Físico-químicos Das Águas Da Barragem Pública Da Cidade De Pau Dos Ferros– Ph, Cor, Turbidez, Acidez, Alcalinidade, Condutividade, Cloreto E Salinidade.** In: IX Congresso de Iniciação Científica do IFRN – CONGIC. Currais Novos/RN. 2013.

Resolução CONAMA nº 396, de 3 de abril de 2008. **Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências.** Diário Oficial da União. 7 de abril de 2008.

RICHTER, C. A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento.** Editora Blucher/Hemfibra. São Paulo - SP. 340 p. 2002.

RICHTER, Carlos A.; AZEVEDO NETTO, José M. de. **Tratamento de água.** 279 p, 2000.

RICHTER, C. A. AZEVEDO NETTO, J. M. **Características da água. Tratamento de água: tecnologia atualizada.** 1 ed. São Paulo: Blucher, 1991. SANTOS, C. M. A. *Estatística Descritiva: Manual de Auto-Aprendizagem.* Lisboa: Sílabo, 264p, 2007.

ROHDEN, F. *et al.* **Monitoramento microbiológico de águas subterrâneas em cidades do extremo oeste de Santa Catarina.** *Ciência. Saúde Coletiva.* v.2, 2009.

RONCON, Bruna Mazzante. **Controle de qualidade da água distribuída para consumo em escolas do Município de Cândido Mota.** 2013. 72p. Trabalho de Conclusão de Curso.

Química Industrial. Fundação Educacional do Município de Assis (FEMA). Assis, 2013.

SALES, A. E. T. **Estudos da Balneabilidade das Praias Urbanas do Município de Natal Durante o ano de 2005**: Dissertação de Mestrado em Engenharia Sanitária. UFRGN. Rio Grande do Norte, 2005.

SANTOS, A. C. **Noções de Hidroquímica. In: Hidrogeologia: Conceitos e Aplicações.** Coordenadores: Fernando Antônio Carneiro Feitosa / João Manoel Filho. Fortaleza. CPRM / LABHID – UFPE. p. 81-108, 1997.

SANTOS, F. G.; FELICIANO, S. **Determinação Da Dureza Total Da Água De Poços Artesianos No Município De Ourinhos – SP.** In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, Ourinhos – SP. Resumos. Departamento de Ciências Biológicas Faculdades Integradas de Ourinhos – FIO/FEMM, 2008.

SANTOS, K. Patrícia Cambraia; SANGEL, B. Stefanny. **Climatologia e Qualidade Microbiológica da Água: Riscos à Saúde Pública na Cidade de Laranjal do Jarí no Sul do Estado do Amapá-AP.** XIII Congresso Nacional de Limnologia. Natal, Rio Grande do Norte: 2011.

SANTOS, R. S.; MOHR, T. **Saúde e qualidade da água: análises microbiológicas e físico-químicas em águas subterrâneas.** Revista contexto & Saúde, IJUÍ, v. 13, n. 24-25. p. 46-53, 2013.

SÃO PAULO. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Secretaria de Estado de Saneamento e Energia. S63p **Projeto Jurubatuba: restrição e controle de uso de água subterrânea /** Departamento de Águas e Energia Elétrica, Instituto Geológico, Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Secretaria de Estado de Saneamento e Energia. (Cadernos do Projeto Estratégico Aquíferos; nº 01), São Paulo. DAEE/IG, 2009.

SCURACCHIO, Paola Andressa. **Qualidade da água utilizada para consumo em escolas no Município de São Carlos – SP,** 2010.

SILVA, A. E. P.; ANGELIS, C. F.; MACHADO, L. A. T.; WAICHAMAN, A. V. **Influência da precipitação na qualidade da água do Rio Purus.** Acta Amazonica, v. 38, n. 4, p. 733-742, 2008.

SHIMAKURA, S.E.; RIBEIRO, P. J. **Curso de Estatística on-line Departamento de Estatística.** Disponível em: <http://leg.ufpr.br/~paulojus/CE003/ce003/node8.html>. Acesso em: 10 de março de 2020.

SILVA, R. C. A.; ARAÚJO, T. M. **Qualidade da água do manancial subterrâneo em áreas urbanas de Feira de Santana (BA)**. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 4, p. 1019-1028, 2003.

SPERLING, M.V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 2 ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – DESA; Universidade Federal de Minas Gerais, 1996.

SPERLING, M. V. **Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 3ª. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, v. I, 2005.

SPERLING, M.V. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4 ed. Belo Horizonte: UFMG, 2017.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETO, O. M. **Gestão da Água no Brasil**. Brasília, DF: UNESCO. 190 p, 2001.

TUCCI, C. E. M. **Águas urbanas. Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, 2008.

TUNDISI, J. G. **Água no Século XXI: Enfrentando a Escassez**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

VERONEZ, B. P. **Análise da influência da precipitação pluviométrica e do uso do solo sobre a qualidade da água em micro bacias hidrográficas no nordeste paraense, Amazônia Oriental**. 2011. 172 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, 2011.

ZAPOROZEC, A.; MILLER, J. C. **Groundwater pollution**. Paris: UNESCO, 2000.

ZIESE, T. *et al.* **Surto de Escherichia coli na Suécia**. Vol. 1. Relatórios de investigação de surtos, 2000.

ANEXOS

Resultados das análises físico-químicas e microbiológicas emitido pelo laboratório password.

- **Laudos de janeiro a dezembro de 2018:**

INFORMAÇÕES REFERENTES À AMOSTRA				
Local de Amostragem		Macaé		
Ponto de Amostragem		Entrada dos Poços		
Matriz da Amostra		Água Bruta	Responsável pela Coleta	Password
Data de Amostragem		18/01/2018	Hora	10:56
Informações referentes ao recebimento das amostras				
Data	18/01/2018	Hora	11:15	Temperatura 20,9°C
Não conformidades	Não foram identificadas não conformidades.			

RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS REFERENTES À AMOSTRA				
Data início das análises		18/01/2018		Hora 15:00
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Unidade	(V.M.P.)
Alcalinidade Total	73,26	1,10	mg/L	-
Cloreto	37,74	0,64	mg/L	250
Cloro Residual Livre	Não Detectável	0,34	mg/L	0,2 – 5
Condutividade Elétrica	424,0	0,6	µS/cm	-
Cor Aparente	12	5	uH	15
Dureza em Cálcio	24,24	0,45	mg/L	-
Dureza em Magnésio	8,84	1,20	mg/L	-
Dureza Total	60,60	1,10	mg/L	500
Ferro Total	0,40	0,06	mg/L	0,3
Odor	Objetável	-	intensidade	6
pH	6,00	-	-	6,0 – 9,5
Turbidez	3,07	0,81	NTU	5

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS REFERENTES À AMOSTRA				
Data início das análises		19/01/2018		Hora 10:30
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Unidade	(V.M.P.)
Coliformes Totais	Ausente	1,8	NMP/100mL	Ausente
<i>Escherichia Coli</i>	Ausente	1,8	NMP/100mL	Ausente

INFORMAÇÕES REFERENTES À AMOSTRA					
Local de Amostragem	Macaé				
Ponto de Amostragem	Entrada dos Poços				
Matriz da Amostra	Água Bruto	Responsável pela Coleta	Password		
Data de Amostragem	21/02/2018	Hora	14:36		
Informações referentes ao recebimento das amostras					
Data	21/02/2018	Hora	16:00	Temperatura	20,0°C
Não conformidades	Não foram identificadas não conformidades.				

RESULTADOS FÍSICO QUÍMICOS REFERENTES À AMOSTRA				
Data início das análises	21/02/2018		Hora	16:55
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Unidade	(V.M.P.)
Alcalinidade Total	63,36	1,10	mg/L	-
Cloreto	28,56	0,64	mg/L	250
Cloro Residual Livre	Não Detectável	0,34	mg/L	0,2 – 5
Condutividade Elétrica	321,0	0,6	µS/cm	-
Cor Aparente	17	5	uH	15
Dureza em Cálcio	24,24	0,45	mg/L	-
Dureza em Magnésio	2,21	1,20	mg/L	-
Dureza Total	33,33	1,10	mg/L	500
Ferro Total	1,09	0,06	mg/L	0,3
Odor	Objetável	-	intensidade	6
pH	6,08	-	-	6,0 – 9,5
Turbidez	3,36	0,81	NTU	5

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS REFERENTES À AMOSTRA				
Data início das análises	22/02/2018		Hora	09:00
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Unidade	(V.M.P.)
Coliformes Totais	Ausente	1,8	NMP/100mL	Ausente
<i>Escherichia Coli</i>	Ausente	1,8	NMP/100mL	Ausente

INFORMAÇÕES REFERENTES À AMOSTRA					
Local de Amostragem	Macaé				
Ponto de Amostragem	Entrada dos Poços				
Matriz da Amostra	Água Bruto	Responsável pela Coleta	Password		
Data de Amostragem	21/03/2018	Hora	14:58		
Informações referentes ao recebimento das amostras					
Data	21/03/2018	Hora	15:26	Temperatura	20,0°C
Não conformidades	Não foram identificadas não conformidades.				

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS REFERENTES À AMOSTRA				
Data início das análises	21/03/2018		Hora	15:40
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Unidade	(V.M.P.)
Alcalinidade Total	65,34	1,10	mg/L	-
Cloreto	34,68	0,64	mg/L	250
Cloro Residual Livre	Não Detectável	0,34	mg/L	0,2 – 5
Condutividade Elétrica	332,0	0,6	µS/cm	-
Cor Aparente	38	5	uH	15
Dureza em Cálcio	22,22	0,45	mg/L	-
Dureza em Magnésio	7,85	1,20	mg/L	-
Dureza Total	54,54	1,10	mg/L	500
Ferro Total	0,92	0,06	mg/L	0,3
Odor	Objetável	-	intensidade	6
pH	6,20	-	-	6,0 – 9,5
Turbidez	3,23	0,81	NTU	5

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS REFERENTES À AMOSTRA				
Data início das análises	22/03/2018		Hora	10:57
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Unidade	(V.M.P.)
Coliformes Totais	Ausente	1,8	NMP/100mL	Ausente
<i>Escherichia Coli</i>	Ausente	1,8	NMP/100mL	Ausente

INFORMAÇÕES REFERENTES À AMOSTRA					
Local de Amostragem	Macaé				
Ponto de Amostragem	Entrada dos Poços				
Matriz da Amostra	Água Bruta	Responsável pela Coleta	Password		
Data de Amostragem	19/04/2018	Hora	15:30		
Informações referentes ao recebimento das amostras					
Data	19/04/2018	Hora	16:38	Temperatura	20,0°C
Não conformidades	Não foram identificadas não conformidades.				

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS REFERENTES À AMOSTRA				
Data início das análises	20/04/2018		Hora	10:40
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Unidade	(V.M.P.)
Alcalinidade Total	73,13	1,10	mg/L	-
Cloreto	34,34	0,64	mg/L	250
Cloro Residual Livre	Não Detectável	0,34	mg/L	0,2 – 5
Condutividade Elétrica	348,0	0,6	µS/cm	-
Cor Aparente	15	5	uH	15
Dureza em Cálcio	18,18	0,45	mg/L	-
Dureza em Magnésio	9,33	1,20	mg/L	-
Dureza Total	56,56	1,10	mg/L	500
Ferro Total	0,30	0,06	mg/L	0,3
Odor	Não Objetável	-	intensidade	6
pH	5,32	-	-	6,0 – 9,5
Turbidez	2,60	0,81	NTU	5

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS REFERENTES À AMOSTRA				
Data início das análises	20/04/2018		Hora	09:34
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Unidade	(V.M.P.)
Coliformes Totais	Ausente	1,8	NMP/100mL	Ausente
<i>Escherichia Coli</i>	Ausente	1,8	NMP/100mL	Ausente

INFORMAÇÕES REFERENTES À AMOSTRA					
Local de Amostragem	Macaé				
Ponto de Amostragem	Entrada dos Poços				
Matriz da Amostra	Água Bruta	Responsável pela Coleta	Password		
Data de Amostragem	22/05/18	Hora	14:30		
Informações referentes ao recebimento das amostras					
Data	22/05/2018	Hora	14:46	Temperatura	20,0°C
Não conformidades	Não foram identificadas não conformidades.				

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS REFERENTES À AMOSTRA				
Data início das análises	22/05/2018		Hora	17:15
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Unidade	(V.M.P.)
Alcalinidade Total	59,74	1,10	mg/L	-
Cloreto	33,33	0,64	mg/L	250
Cloro Residual Livre	Não Detectável	0,34	mg/L	0,2 – 5
Condutividade Elétrica	356,0	0,6	µS/cm	-
Cor Aparente	44	5	uH	15
Dureza em Cálcio	23,23	0,45	mg/L	-
Dureza em Magnésio	11,04	1,20	mg/L	-
Dureza Total	68,68	1,10	mg/L	500
Ferro Total	1,02	0,06	mg/L	0,3
Odor	Objetável	-	intensidade	6
pH	6,68	-	-	6,0 – 9,5
Turbidez	2,52	0,81	NTU	5

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS REFERENTES À AMOSTRA				
Data início das análises	23/05/2018		Hora	11:27
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Unidade	(V.M.P.)
Coliformes Totais	Ausente	1,8	NMP/100mL	Ausente
<i>Escherichia Coli</i>	Ausente	1,8	NMP/100mL	Ausente

INFORMAÇÕES REFERENTES À AMOSTRA				
Local de Amostragem	Macaé			
Ponto de Amostragem	Entrada dos Poços			
Matriz da Amostra	Água Bruta	Responsável pela Coleta		Password
Data de Amostragem	20/06/2018		Hora	14:25
Informações referentes ao recebimento das amostras				
Data	20/06/2018	Hora	15:35	Temperatura
10,0°C				
Não conformidades	Não foram identificadas não conformidades.			

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS REFERENTES À AMOSTRA				
Data início das análises	21/06/2018		Hora	16:58
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Unidade	(V.M.P.)
Alcalinidade Total	59,74	1,10	mg/L	-
Cloreto	35,35	0,64	mg/L	250
Cloro Residual Livre	Não Detectável	0,34	mg/L	0,2 – 5
Condutividade Elétrica	346,0	0,6	µS/cm	-
Cor Aparente	64	5	uH	15
Dureza em Cálcio	22,22	0,45	mg/L	-
Dureza em Magnésio	11,54	1,20	mg/L	-
Dureza Total	69,69	1,10	mg/L	500
Ferro Total	1,40	0,06	mg/L	0,3
Odor	Objetável	-	intensidade	6
pH	6,09	-	-	6,0 – 9,5
Turbidez	10,20	0,81	NTU	5

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS REFERENTES À AMOSTRA				
Data início das análises	21/06/2018		Hora	11:56
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Unidade	(V.M.P.)
Coliformes Totais	Ausente	1,8	NMP/100mL	Ausente
<i>Escherichia Coli</i>	Ausente	1,8	NMP/100mL	Ausente

INFORMAÇÕES REFERENTES À AMOSTRA				
Local de Amostragem	Macaé			
Ponto de Amostragem	Entrada dos Poços			
Matriz da Amostra	Água Bruta	Responsável pela Coleta		Password
Data de Amostragem	20/07/2018		Hora	14:50
Informações referentes ao recebimento das amostras				
Data	20/07/2018	Hora	15:00	Temperatura
21,3°C				
Não conformidades	Não foram identificadas não conformidades.			

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS REFERENTES À AMOSTRA				
Data início das análises	20/07/2018		Hora	15:32
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Unidade	(V.M.P.)
Alcalinidade Total	48,41	1,10	mg/L	-
Cloreto	34,85	0,64	mg/L	250
Cloro Residual Livre	Não Detectável	0,34	mg/L	0,2 – 5
Condutividade Elétrica	350,0	0,6	µS/cm	-
Cor Aparente	43	5	uH	15
Dureza em Cálcio	22,22	0,45	mg/L	-
Dureza em Magnésio	11,04	1,20	mg/L	-
Dureza Total	67,67	1,10	mg/L	500
Ferro Total	7,15	0,06	mg/L	0,3
Odor	Objetável	-	intensidade	6
pH	6,10	-	-	6,0 – 9,5
Turbidez	9,17	0,81	NTU	5

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS REFERENTES À AMOSTRA				
Data início das análises	20/07/2018		Hora	15:35
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Unidade	(V.M.P.)
Coliformes Totais	Ausente	1,8	NMP/100mL	Ausente
<i>Escherichia Coli</i>	Ausente	1,8	NMP/100mL	Ausente

INFORMAÇÕES REFERENTES À AMOSTRA					
Local de Amostragem	Macaé				
Ponto de Amostragem	Entrada dos Poços				
Matriz da Amostra	Água Bruta	Responsável pela Coleta	Password		
Data de Amostragem	21/08/2018	Hora	14:34		
Informações referentes ao recebimento das amostras					
Data	21/08/2018	Hora	16:05	Temperatura	18,0°C
Não conformidades	Não foram identificadas não conformidades.				

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS REFERENTES À AMOSTRA				
Data início das análises	21/08/2018		Hora	16:38
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Unidade	(V.M.P.)
Alcalinidade Total	100,94	1,10	mg/L	-
Cloreto	32,32	0,64	mg/L	250
Cloro Residual Livre	Não Detectável	0,34	mg/L	0,2 – 5
Condutividade Elétrica	439,0	0,6	µS/cm	-
Cor Aparente	84	5	uH	15
Dureza em Cálcio	27,27	0,45	mg/L	-
Dureza em Magnésio	20,86	1,20	mg/L	-
Dureza Total	113,12	1,10	mg/L	500
Ferro Total	2,85	0,06	mg/L	0,3
Odor	Objetável	-	intensidade	6
pH	6,44	-	-	6,0 – 9,5
Turbidez	12,90	0,81	NTU	5

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS REFERENTES À AMOSTRA				
Data início das análises	21/08/2018		Hora	16:47
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Unidade	(V.M.P.)
Coliformes Totais	Ausente	1,8	NMP/100mL	Ausente
<i>Escherichia Coli</i>	Ausente	1,8	NMP/100mL	Ausente

INFORMAÇÕES REFERENTES À AMOSTRA					
Local de Amostragem	Macaé				
Ponto de Amostragem	Entrada dos Poços				
Matriz da Amostra	Água Bruta	Responsável pela Coleta	Password		
Data de Amostragem	20/09/2018	Hora	15:02		
Informações referentes ao recebimento das amostras					
Data	20/09/2018	Hora	17:14	Temperatura	18,0°C
Não conformidades	Não foram identificadas não conformidades.				

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS REFERENTES À AMOSTRA				
Data início das análises	21/09/2018		Hora	9:31
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Unidade	(V.M.P.)
Alcalinidade Total	105,06	1,10	mg/L	-
Cloreto	29,29	0,64	mg/L	250
Cloro Residual Livre	Não Detectável	0,34	mg/L	0,2 – 5
Condutividade Elétrica	432,00	0,6	µS/cm	-
Cor Aparente	239	5	uH	15
Dureza em Cálcio	32,32	0,45	mg/L	-
Dureza em Magnésio	13,25	1,20	mg/L	-
Dureza Total	86,86	1,10	mg/L	500
Ferro Total	4,56	0,06	mg/L	0,3
Odor	Objetável	-	intensidade	6
pH	7,08	-	-	6,0 – 9,5
Turbidez	34,00	0,81	NTU	5

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS REFERENTES À AMOSTRA				
Data início das análises	21/09/2018		Hora	9:25
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Unidade	(V.M.P.)
Coliformes Totais	9,2	1,8	NMP/100mL	Ausente
<i>Escherichia Coli</i>	Ausente	1,8	NMP/100mL	Ausente

INFORMAÇÕES REFERENTES À AMOSTRA					
Local de Amostragem	Macaé				
Ponto de Amostragem	Entrada dos Poços				
Matriz da Amostra	Água Bruta	Responsável pela Coleta	Password		
Data de Amostragem	18/10/2018	Hora	14:53		
Informações referentes ao recebimento das amostras					
Data	18/10/2018	Hora	16:25	Temperatura	5,4°C
Não conformidades	Não foram identificadas não conformidades.				

RESULTADOS FÍSICO-QUÍMICOS REFERENTES À AMOSTRA				
Data início das análises	19/10/2018		Hora	14:00
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Unidade	(V.M.P.)
Alcalinidade Total	105,06	1,10	mg/L	-
Cloreto	35,35	0,64	mg/L	250
Cloro Residual Livre	Não Detectável	0,34	mg/L	0,2 – 5
Condutividade Elétrica	445,0	0,6	µS/cm	-
Cor Aparente	110	5	uH	15
Dureza em Cálcio	28,28	0,45	mg/L	-
Dureza em Magnésio	13,25	1,20	mg/L	-
Dureza Total	82,82	1,10	mg/L	500
Ferro Total	0,93	0,06	mg/L	0,3
Odor	Objetável	-	intensidade	6
pH	6,82	-	-	6,0 – 9,5
Turbidez	14,40	0,81	NTU	5

RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS REFERENTES À AMOSTRA				
Data início das análises	19/10/2018		Hora	10:49
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Unidade	(V.M.P.)
Coliformes Totais	33	1,8	NMP/100mL	Ausente
<i>Escherichia Coli</i>	Ausente	1,8	NMP/100mL	Ausente

INFORMAÇÕES REFERENTES À AMOSTRA					
Local de Amostragem	Macaé				
Ponto de Amostragem	Entrada dos Poços				
Matriz da Amostra	Água Bruta	Responsável pela Coleta	Password		
Data de Amostragem	21/11/2018	Hora	14:40		
Condições ambientais	-				
Informações referentes ao recebimento das amostras					
Data	21/11/2018	Hora	14:55	Temperatura	3,8°C

RESULTADOS DE CAMPO (Instalações do cliente)						
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data do início das análises
pH	6,74	-	-	6,0 – 9,5	S	21/11/18
Cloro Residual Livre	<0,09	0,09	mg/l	0,2 – 5	S	21/11/18

RESULTADOS ENSAIOS QUÍMICOS REFERENTES À AMOSTRA (Instalações permanentes)						
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data do início das análises
Alcalinidade Total	110,21	1,10	mg/l	-	S	21/11/18
Cloreto	21,21	0,64	mg/l	250	S	29/11/18
Condutividade Elétrica	464,5	0,6	µS/cm	-	S	29/11/18
Cor Aparente	304	5	uH	15	S	21/11/18
Dureza em Cálcio	32,32	0,45	mg/l	-	S	07/12/18
Dureza em Magnésio	9,82	1,20	mg/l	-	S	07/12/18
Dureza Total	72,72	1,10	mg/l	500	S	07/12/18
Ferro Total	5,70	0,06	mg/l	0,3	S	30/11/18
Odor	Objetável	-	-	6	S	21/11/18
Turbidez	61,20	0,81	NTU	5	S	21/11/18

RESULTADOS ENSAIOS BIOLÓGICOS REFERENTES À AMOSTRA (Instalações permanentes)						
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data do início das análises
Coliformes Totais	23	1,8	NMP/100mL	Ausente	S	21/11/18
<i>Escherichia Coli</i>	<1,8	1,8	NMP/100mL	Ausente	S	21/11/18

INFORMAÇÕES REFERENTES À AMOSTRA					
Local de Amostragem	Macaé				
Ponto de Amostragem	Entrada dos Poços				
Matriz da Amostra	Água Bruta	Responsável pela Coleta	Password		
Data de Amostragem	21/12/2018	Hora	14:54		
Condições ambientais	-				
Informações referentes ao recebimento das amostras					
Data	21/12/2018	Hora	15:28	Temperatura	1,8°C

RESULTADOS DE CAMPO (Instalações do cliente)						
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data do início das análises
pH	6,18	-	-	6,0 – 9,5	S	21/12/18
Cloro Residual Livre	<0,09	0,09	mg/l	0,2 – 5	S	21/12/18

RESULTADOS ENSAIOS QUÍMICOS REFERENTES À AMOSTRA (Instalações permanentes)						
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data do início das análises
Alcalinidade Total	51,50	1,10	mg/l	-	S	21/12/18
Cloreto	36,36	0,64	mg/l	250	S	04/01/19
Condutividade	365,0	0,6	µS/cm	-	S	03/01/19
Cor Aparente	76	5	uH	15	S	21/12/18
Dureza em Cálcio	22,22	0,45	mg/l	-	S	28/12/18
Dureza em Magnésio	14,73	1,20	mg/l	-	S	28/12/18
Dureza Total	82,82	1,10	mg/l	500	S	28/12/18
Ferro Total	1,77	0,06	mg/l	0,3	S	10/01/19
Odor	Não objetável	-	-	6	S	21/12/18
Turbidez	11,00	0,81	NTU	5	S	21/12/18

RESULTADOS ENSAIOS BIOLÓGICOS REFERENTES À AMOSTRA (Instalações permanentes)						
Parâmetros	Resultados	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data do início das análises
Coliformes Totais	23	1,8	NMP/100mL	Ausente	S	21/12/18
Escherichia Coli	<1,8	1,8	NMP/100mL	Ausente	S	21/12/18

- Laudos de janeiro a setembro de 2019:

INFORMAÇÕES REFERENTES À AMOSTRA			
Local de Amostragem	Macaé		
Ponto de Amostragem <small>(Em anexo, quando apropriado, diagrama, esboço ou fotografia)</small>	Entrada dos Poços		
Matriz da Amostra	Água Bruta	Responsável pela Coleta	Password
Data de Amostragem	14/01/2019	Hora	15:57
Condições ambientais	Não foram identificadas condições que podem afetar o resultado		
Informações referentes ao recebimento das amostras			
Data	14/01/2019	Hora	16:20
		Temperatura	3,8°C

RESULTADOS DE CAMPO (Instalações do cliente)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
pH	6,93	0,20	-	-	6,0 – 9,5	S	14/01/19
Cloro Residual Livre	<0,09	0,003	0,09	mg/l	0,2 – 5	S	14/01/19

RESULTADOS ENSAIOS QUÍMICOS REFERENTES À AMOSTRA (Instalações permanentes)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
Alcalinidade Total	72,10	1,08	1,10	mg/l	-	S	15/01/19
Cloreto	34,34	0,82	0,64	mg/l	250	S	29/01/19
Condutividade	365,50	3,99	0,6	µS/cm	-	S	29/01/19
Cor Aparente	27	0,15	5	uH	15	S	15/01/19
Dureza em Cálcio	26,26	0,90	0,45	mg/l	-	S	24/01/19
Dureza em Magnésio	12,27	0,45	1,20	mg/l	-	S	24/01/19
Dureza Total	76,76	0,82	1,10	mg/l	500	S	24/01/19
Ferro Total	3,20	0,003	0,06	mg/l	0,3	S	24/01/19
Odor	Objetável	-	-	-	6	S	14/01/19
Turbidez	8,94	0,04	0,81	NTU	5	S	15/01/19

RESULTADOS ENSAIOS BIOLÓGICOS REFERENTES À AMOSTRA (Instalações permanentes)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
Coliformes Totais	<1,8	-	1,8	NMP/100 mL	Ausente	S	15/01/19
Escherichia Coli	<1,8	-	1,8	NMP/100 mL	Ausente	S	15/01/19

INFORMAÇÕES REFERENTES À AMOSTRA			
Local de Amostragem	Macaé		
Ponto de Amostragem <small>(Em anexo, quando apropriado, diagrama, esboço ou fotografia)</small>	Entrada dos Poços		
Matriz da Amostra	Água Bruta	Responsável pela Coleta	Password
Data de Amostragem	08/02/2019	Hora	15:28
Condições ambientais	Não foram identificadas condições que podem afetar o resultado		
Informações referentes ao recebimento das amostras			
Data	08/02/2019	Hora	18:40
		Temperatura	2,7°C

RESULTADOS DE CAMPO (Instalações do cliente)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
pH	5,96	0,20	-	-	6,0 – 9,5	S	08/02/19
Cloro Residual Livre	< 0,09	0,003	0,09	mg/L	0,2 – 5	S	08/02/19
Odor	Não objetável	-	-	-	6	S	08/02/19

RESULTADOS ENSAIOS QUÍMICOS REFERENTES À AMOSTRA (Instalações permanentes)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
Alcalinidade Total	51,50	1,08	1,10	mg/L	-	S	09/02/19
Cloreto	35,35	0,82	0,64	mg/L	250	S	11/02/19
Condutividade	322,0	3,99	0,6	µS/cm	-	S	12/02/19
Cor Aparente	19	0,15	5	uH	15	S	09/02/19
Dureza em Cálcio	28,28	0,90	0,45	mg/L	-	S	12/02/19
Dureza em Magnésio	26,51	0,45	1,20	mg/L	-	S	12/02/19
Dureza Total	137,36	0,82	1,10	mg/L	500	S	12/02/19
Ferro Total	1,91	0,003	0,06	mg/L	0,3	S	12/02/19
Turbidez	5,66	0,04	0,81	NTU	5	S	09/02/19

RESULTADOS ENSAIOS BIOLÓGICOS REFERENTES À AMOSTRA (Instalações permanentes)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
Coliformes Totais	33	-	1,8	NMP/100mL	Ausente	S	09/02/19
Escherichia Coli	< 1,8	-	1,8	NMP/100mL	Ausente	S	09/02/19

INFORMAÇÕES REFERENTES À AMOSTRA			
Local de Amostragem	Macaé		
Ponto de Amostragem <i>(Em anexo, quando apropriado, diagrama, esboço ou fotografia)</i>	Entrada dos Poços		
Matriz da Amostra	Água Bruta	Responsável pela Coleta	Password
Data de Amostragem	12/03/2019	Hora	15:50
Condições ambientais	Não foram identificadas condições que podem afetar o resultado		
Informações referentes ao recebimento das amostras			
Data	12/03/2019	Hora	16:25
		Temperatura	3,0°C

RESULTADOS DE CAMPO (Instalações do cliente)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
pH	5,86	0,20	-	-	6,0 – 9,5	S	12/03/19
Cloro Residual Livre	< 0,09	0,003	0,09	mg/L	0,2 – 5	S	12/03/19
Odor	Não objetável	-	-	-	6	S	12/03/19

RESULTADOS ENSAIOS QUÍMICOS REFERENTES À AMOSTRA (Instalações permanentes)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
Alcalinidade Total	82,40	1,08	1,10	mg/L	-	S	13/03/19
Cloro	42,42	0,82	0,64	mg/L	250	S	14/03/19
Condutividade	424,50	3,99	0,6	µS/cm	-	S	14/03/19
Cor Aparente	56	0,15	5	uH	15	S	13/03/19
Dureza em Cálcio	26,26	0,90	0,45	mg/L	-	S	14/03/19
Dureza em Magnésio	10,31	0,45	1,20	mg/L	-	S	14/03/19
Dureza Total	68,68	0,82	1,10	mg/L	500	S	14/03/19
Ferro Total	1,98	0,003	0,06	mg/L	0,3	S	14/03/19
Turbidez	3,27	0,04	0,81	NTU	5	S	13/03/19

RESULTADOS ENSAIOS BIOLÓGICOS REFERENTES À AMOSTRA (Instalações permanentes)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
Coliformes Totais	<1,8	-	1,8	NMP/100mL	Ausente	S	13/03/19
Escherichia Coli	< 1,8	-	1,8	NMP/100mL	Ausente	S	13/03/19

INFORMAÇÕES REFERENTES À AMOSTRA					
Local de Amostragem	Macaé				
Ponto de Amostragem <i>(Em anexo, quando apropriado, diagrama, esboço ou fotografia)</i>	Entrada dos Poços				
Matriz da Amostra	Água Bruta	Responsável pela Coleta	Password		
Data de Amostragem	11/04/2019	Hora	16:05		
Condições ambientais	Não foram identificadas condições que podem afetar o resultado				
Informações referentes ao recebimento das amostras					
Data	11/04/2019	Hora	16:40	Temperatura	3,0°C

RESULTADOS DE CAMPO (Instalações do cliente)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
pH	5,58	0,20	-	-	6,0 – 9,5	S	11/04/19
Cloro Residual Livre	< 0,09	0,003	0,09	mg/L	0,2 – 5	S	11/04/19
Odor	Não objetável	-	-	-	6	S	11/04/19

RESULTADOS ENSAIOS QUÍMICOS REFERENTES À AMOSTRA (Instalações permanentes)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
Alcalinidade Total	70,04	1,08	1,10	mg/L	-	S	12/04/19
Cloreto	40,40	0,82	0,64	mg/L	250	S	17/04/19
Condutividade	381,0	3,99	0,6	µS/cm	-	S	16/04/19
Cor Aparente	50	0,15	5	uH	15	S	12/04/19
Dureza em Cálcio	46,46	0,90	0,45	mg/L	-	S	25/04/19
Dureza em Magnésio	9,82	0,45	1,20	mg/L	-	S	25/04/19
Dureza Total	86,86	0,82	1,10	mg/L	500	S	25/04/19
Ferro Total	1,90	0,003	0,06	mg/L	0,3	S	17/04/19
Turbidez	2,86	0,04	0,81	NTU	5	S	12/04/19

RESULTADOS ENSAIOS BIOLÓGICOS REFERENTES À AMOSTRA (Instalações permanentes)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
Coliformes Totais	4,5	-	1,8	NMP/100mL	Ausente	S	12/04/19
Escherichia Coli	< 1,8	-	1,8	NMP/100mL	Ausente	S	12/04/19

INFORMAÇÕES REFERENTES À AMOSTRA							
Local de Amostragem		Macaé					
Ponto de Amostragem <small>(Em anexo, quando apropriado, diagrama, esboço ou fotografia)</small>		Entrada dos Poços					
Matriz da Amostra		Água Bruta	Responsável pela Coleta		Password		
Data de Amostragem		20/05/2019			Hora	15:00	
Condições ambientais		Não foram identificadas condições que podem afetar o resultado					
Informações referentes ao recebimento das amostras							
Data	20/05/2019	Hora	15:20	Temperatura	3,1°C		

RESULTADOS DE CAMPO (Instalações do cliente)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
pH	5,93	0,20	-	-	6,0 – 9,5	S	20/05/19
Cloro Residual Livre	<0,09	0,003	0,09	mg/L	0,2 – 5	S	20/05/19
Odor	Não objetável	-	-	-	-	S	20/05/19

RESULTADOS ENSAIOS QUÍMICOS REFERENTES À AMOSTRA (Instalações permanentes)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
Alcalinidade Total	76,22	1,08	1,10	mg/L	-	S	21/05/19
Cloreto	44,44	0,82	0,64	mg/L	250	S	24/05/19
Condutividade	411,5	3,99	0,6	µS/cm	-	S	24/05/19
Cor Aparente	38	0,15	5	uH	15	S	20/05/19
Dureza em Cálcio	30,30	0,90	0,45	mg/L	-	S	28/05/19
Dureza em Magnésio	14,73	0,45	1,20	mg/L	-	S	28/05/19
Dureza Total	90,90	0,82	1,10	mg/L	500	S	28/05/19
Ferro Total	1,53	0,003	0,06	mg/L	0,3	S	28/05/19
Turbidez	41,21	0,04	0,81	NTU	5	S	20/05/19

RESULTADOS ENSAIOS BIOLÓGICOS REFERENTES À AMOSTRA (Instalações permanentes)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
Coliformes Totais	33	-	1,8	NMP/100mL	Ausente	S	21/05/19
Escherichia Coli	2,0	-	1,8	NMP/100mL	Ausente	S	21/05/19

INFORMAÇÕES REFERENTES À AMOSTRA						
Local de Amostragem	Macaé					
Ponto de Amostragem (Em anexo, quando apropriado, diagrama, esboço ou fotografia)	Entrada dos Poços					
Matriz da Amostra	Água Bruta	Responsável pela Coleta		Password		
Data de Amostragem	13/06/2019	Hora		14:22		
Condições ambientais	Não foram identificadas condições que podem afetar o resultado					
Informações referentes ao recebimento das amostras						
Data	13/06/2019	Hora	15:35	Temperatura	3,2°C	

RESULTADOS DE CAMPO (Instalações do cliente)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
pH	5,80	0,20	-	-	6,0 – 9,5	S	13/06/19
Cloro Residual Livre	<0,09	0,003	0,09	mg/L	0,2 – 5	S	13/06/19
Odor	Não objetável	-	-	-	6	S	13/06/19

RESULTADOS ENSAIOS QUÍMICOS REFERENTES À AMOSTRA (Instalações permanentes)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
Alcalinidade Total	63,86	1,08	1,10	mg/L	-	S	13/06/19
Cloreto	35,35	0,82	0,64	mg/L	250	S	26/06/19
Condutividade	430,0	3,99	0,6	µS/cm	-	S	18/06/19
Cor Aparente	10	0,15	5	uH	15	S	13/06/19
Dureza em Cálcio	24,24	0,90	0,45	mg/L	-	S	26/06/19
Dureza em Magnésio	8,34	0,45	1,20	mg/L	-	S	26/06/19
Dureza Total	58,58	0,82	1,10	mg/L	500	S	26/06/19
Ferro Total	0,62	0,003	0,06	mg/L	0,3	S	01/07/19
Turbidez	1,34	0,04	0,81	NTU	5	S	13/06/19

RESULTADOS ENSAIOS BIOLÓGICOS REFERENTES À AMOSTRA (Instalações permanentes)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
Coliformes Totais	<1,8	-	1,8	NMP/100mL	Ausente	S	14/06/19
Escherichia Coli	< 1,8	-	1,8	NMP/100mL	Ausente	S	14/06/19

INFORMAÇÕES REFERENTES À AMOSTRA			
Local de Amostragem	Macaé		
Ponto de Amostragem <i>(Em anexo, quando apropriado, diagrama, esboço ou fotografia)</i>	Entrada dos Poços		
Matriz da Amostra	Água Bruta	Responsável pela Coleta	Password
Data de Amostragem	02/07/2019	Hora	14:54
Condições ambientais	Não foram identificadas condições que podem afetar o resultado		
Informações referentes ao recebimento das amostras			
Data	02/07/2019	Hora	16:10
		Temperatura	3,2°C

RESULTADOS DE CAMPO (Instalações do cliente)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
pH	6,34	0,20	-	-	6,0 – 9,5	S	02/07/19
Cloro Residual Livre	<0,09	0,003	0,09	mg/L	0,2 – 5	S	02/07/19
Odor	Não objetável	-	-	-	6	S	02/07/19

RESULTADOS ENSAIOS QUÍMICOS REFERENTES À AMOSTRA (Instalações permanentes)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
Alcalinidade Total	70,04	1,08	1,10	mg/L	-	S	03/07/19
Cloreto	36,36	0,82	0,64	mg/L	250	S	04/07/19
Condutividade	354,0	3,99	0,6	µS/cm	-	S	04/07/19
Cor Aparente	<5	0,15	5	uH	15	S	03/07/19
Dureza em Cálcio	26,26	0,90	0,45	mg/L	-	S	05/07/19
Dureza Total	74,74	0,82	1,10	mg/L	500	S	04/07/19
Ferro Total	<0,06	0,003	0,06	mg/L	0,3	S	11/07/19
Magnésio	11,78	0,45	1,20	mg/L	-	S	04/07/19
Turbidez	<0,81	0,04	0,81	NTU	5	S	03/07/19

RESULTADOS ENSAIOS BIOLÓGICOS REFERENTES À AMOSTRA (Instalações permanentes)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
Coliformes Totais	<1,8	-	1,8	NMP/100mL	Ausente	S	03/07/19
Escherichia Coli	< 1,8	-	1,8	NMP/100mL	Ausente	S	03/07/19

INFORMAÇÕES REFERENTES À AMOSTRA			
Local de Amostragem	Macaé		
Ponto de Amostragem <small>(Em anexo, quando apropriado, diagrama, esboço ou fotografia)</small>	Entrada dos Poços		
Matriz da Amostra	Água Bruta	Responsável pela Coleta	Password
Data de Amostragem	02/08/2019	Hora	15:20
Condições ambientais	Não foram identificadas condições que podem afetar o resultado		
Informações referentes ao recebimento das amostras			
Data	02/08/2019	Hora	17:22
		Temperatura	3,2°C

RESULTADOS DE CAMPO (Instalações do cliente)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
Cloro Residual Livre	<0,09	0,003	0,09	mg/L	0,2 – 5	S	02/08/19
Odor	Não objetável	-	-	-	6	S	02/08/19
pH	5,21	0,20	-	-	6,0 – 9,5	S	02/08/19

RESULTADOS ENSAIOS QUÍMICOS REFERENTES À AMOSTRA (Instalações permanentes)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
Alcalinidade Total	70,04	1,08	1,10	mg/L	-	S	03/08/19
Cloreto	40,40	0,82	0,64	mg/L	250	S	06/08/19
Condutividade	406,0	3,99	0,6	µS/cm	-	S	06/08/19
Cor Aparente	<5	0,15	5	uH	15	S	03/08/19
Dureza em Cálcio	20,20	0,90	0,45	mg/L	-	S	06/08/19
Dureza Total	52,52	0,82	1,10	mg/L	500	S	06/08/19
Ferro Total	0,07	0,003	0,06	mg/L	0,3	S	12/08/19
Magnésio	7,85	0,45	1,20	mg/L	-	S	06/08/19
Turbidez	<0,81	0,04	0,81	NTU	5	S	03/08/19

RESULTADOS ENSAIOS BIOLÓGICOS REFERENTES À AMOSTRA (Instalações permanentes)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
Coliformes Totais	<1,8	-	1,8	NMP/100mL	Ausente	S	02/08/19
Escherichia Coli	<1,8	-	1,8	NMP/100mL	Ausente	S	02/08/19

INFORMAÇÕES REFERENTES À AMOSTRA					
Local de Amostragem	Macaé				
Ponto de Amostragem <i>(Em anexo, quando apropriado, diagrama, esboço ou fotografia)</i>	Entrada dos Poços				
Matriz da Amostra	Água Bruta	Responsável pela Coleta	Password		
Data de Amostragem	04/09/2019	Hora	15:20		
Condições ambientais	Não foram identificadas condições que possam afetar os resultados				
Informações referentes ao recebimento das amostras					
Data	04/09/2019	Hora	15:40	Temperatura	3,5°C

RESULTADOS DE CAMPO (Instalações do cliente)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
Cloro Residual Livre	<0,09	0,003	0,09	mg/L	0,2 – 5	S	04/09/19
Odor	Não objetável	-	-	-	6	S	04/09/19
pH	5,91	0,20	-	-	6,0 – 9,5	S	04/09/19

RESULTADOS ENSAIOS QUÍMICOS REFERENTES À AMOSTRA (Instalações permanentes)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
Alcalinidade Total	95,79	1,08	1,10	mg/L	-	S	04/09/19
Cloreto	40,40	0,82	0,64	mg/L	250	S	05/09/19
Condutividade	510,5	3,99	0,6	µS/cm	-	S	06/09/19
Cor Aparente	7	0,15	5	uH	15	S	04/09/19
Dureza em Cálcio	24,24	0,90	0,45	mg/L	-	S	06/09/19
Dureza Total	64,64	0,82	1,10	mg/L	500	S	06/09/19
Ferro Total	0,78	0,003	0,06	mg/L	0,3	S	06/09/19
Magnésio	9,82	0,45	1,20	mg/L	-	S	06/09/19
Turbidez	2,06	0,04	0,81	NTU	5	S	04/09/19

RESULTADOS ENSAIOS BIOLÓGICOS REFERENTES À AMOSTRA (Instalações permanentes)							
Parâmetros	Resultados	Incerteza	L.Q.	Un.	(V.M.P.)	TC	Data das análises
Coliformes Totais	13	-	1,8	NMP/100mL	Ausente	S	05/09/19
Escherichia Coli	<1,8	-	1,8	NMP/100mL	Ausente	S	05/09/19