

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL  
MESTRADO EM ENGENHARIA AMBIENTAL  
*MODALIDADE PROFISSIONAL*

MAPEAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA COMO ESTRATÉGIA DE  
AVALIAÇÃO SANITÁRIA EM COMUNIDADES RURAIS: ESTUDO DE CASO DO  
MUNICÍPIO DE CARDOSO MOREIRA/RJ

KAMILA ROCHA BERNARDINO

MACAÉ/RJ  
2020

KAMILA ROCHA BERNARDINO

MAPEAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA COMO ESTRATÉGIA DE  
AVALIAÇÃO SANITÁRIA EM COMUNIDADES RURAIS: ESTUDO DE CASO DO  
MUNICÍPIO DE CARDOSO MOREIRA/RJ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Avaliação, Gestão e Conservação Ambiental.

Orientador: DSc. Vicente de Paulo Santos de Oliveira

Coorientador: DSc. David de Andrade Costa

MACAÉ/RJ  
2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

B523m Bernardino, Kamila Rocha, 1994-.  
Mapeamento da qualidade da água subterrânea como estratégia de avaliação sanitária em comunidades rurais: estudo de caso do município de Cardoso Moreira/RJ. / Kamila Rocha Bernardino. — Macaé, RJ, 2020.  
80 f.: il. color.

Orientador: Vicente de Paulo Santos de Oliveira, 1965-.  
Coorientador: David de Andrade Costa, 1990-.  
Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental, Macaé, RJ, 2020.  
Inclui referências.  
Área de concentração: Sustentabilidade Regional.  
Linha de Pesquisa: Avaliação, Gestão e Conservação Ambiental.

1. Abastecimento de água no campo - Cardoso Moreira (RJ). 2. Águas subterrâneas - Cardoso Moreira (RJ). 3. Controle de qualidade da água - Legislação - Brasil. 4. Água - Análise. 5. Águas subterrâneas - Poluição. 6. Saneamento rural - Cardoso Moreira (RJ). I. Oliveira, Vicente de Paulo Santos de, 1965-, orient. II. Costa, David de Andrade, 1990-, coorient. III. Título.

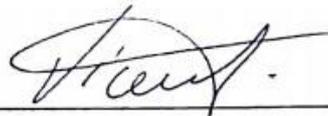
CDD 628.161098153

(23. ed.)

Dissertação intitulada **MAPEAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA COMO ESTRATÉGIA DE AVALIAÇÃO SANITÁRIA EM COMUNIDADES RURAIS: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE CARDOSO MOREIRA/RJ**, elaborada por **Kamila Rocha Bernardino** e apresentada, publicamente perante a Banca Examinadora, como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense - IFF, na área de concentração Sustentabilidade Regional, linha de pesquisa Avaliação, Gestão e Conservação Ambiental.

Aprovado em 11 de dezembro de 2020.

Banca Examinadora:



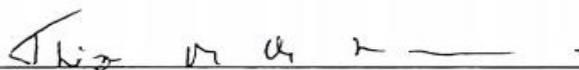
---

Vicente de Paulo Santos de Oliveira – Orientador  
Doutor em Engenharia Agrícola/Universidade Federal de Viçosa (UFV)  
Instituto Federal Fluminense (IFF)



---

David de Andrade Costa – Coorientador  
Doutor em Planejamento Ambiental/Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ)  
Instituto Federal Fluminense (IFF)



---

Thiago Moreira de Rezende Araújo  
Doutor em Ciências Naturais/Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)  
Instituto Federal Fluminense (IFF)



---

Wagner Rambaldi Telles  
Doutor em Modelagem Computacional/Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)  
Universidade Federal Fluminense (UFF)

*Dedico este trabalho primeiramente a Deus pelo sustento e força para sua realização; e aos meus pais, Claudio e Maria Helena, pelo amor incondicional, incentivo e amparo em todos os momentos, e pelas inúmeras renúncias em virtude do meu crescimento pessoal e profissional.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as bênçãos e amor incondicional, pelo amparo na realização de mais esse sonho, e por colocar em meu caminho pessoas tão especiais e únicas.

Aos meus amados pais, Cláudio e Maria Helena, meus maiores incentivadores. Agradeço por todos os ensinamentos, carinho, cuidado, amor, amparo e atenção. Amo-os incondicionalmente!

Aos meus orientadores, Vicente e David, pela orientação, confiança, conhecimentos compartilhados e por me oportunizar a realização deste trabalho.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental do Instituto Federal Fluminense (PPEA/IFF), juntamente com os professores, direção e administração por todo suporte oferecido.

Aos amigos do Laboratório (LabFoz), por toda dedicação e comprometimento na realização das análises laboratoriais apresentadas. Vocês foram incansáveis, sem palavras para agradecer!

Aos amigos Léo, Annelise, Julliana e Carol, obrigada por todo suporte, amizade, carinho e por tornarem meus dias mais leves e alegres ao longo do curso.

As amigas Alessandra e Luana, pela amizade, dedicação, cuidado e pela presença em todos os momentos, incentivando-me a prosseguir.

Aos demais amigos que fizeram parte dessa caminhada.

E a todos aqueles que contribuíram direta ou indiretamente para a realização e melhoria desse trabalho.

Muito Obrigada!

*“O homem é parte da natureza e sua guerra contra a natureza é inevitavelmente uma guerra contra si mesmo... Temos pela frente um desafio como nunca a humanidade teve, de provar nossa maturidade e nosso domínio, não da natureza, mas de nós mesmos. ”*

*Rachel Carson*

**LISTA DE FIGURAS****ARTIGO CIENTÍFICO 1**

Figura 1 – Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana .....22

**ARTIGO CIENTÍFICO 2**

Figura 1 – Município de Cardoso Moreira/RJ e suas localidades rurais .....44

Figura 2 – Mapas temáticos referentes aos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas  
.....48

## **LISTA DE TABELAS**

### **ARTIGO CIENTÍFICO 1**

Tabela 1 – População atendida por abastecimento de água nos municípios da Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH-IX).....	30
Tabela 2 – População atendida por esgotamento sanitário nos municípios da Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH-IX).....	32

**LISTA DE QUADROS****ARTIGO CIENTÍFICO 1**

Quadro 1 – Exemplos de doenças de veiculação hídrica.....	33
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGEVAP – Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul

ANA – Agência Nacional de Águas

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

COPPETEC – Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos

DATASUS – Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde

ES – Espírito Santo

FUNASA – Fundação Nacional da Saúde

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

*IDW – Inverse Distance Weighted*

IFF – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

INEA – Instituto Estadual do Ambiente

LabFoz – Laboratório de Análise e Monitoramento das Águas

NMP – Número Mais Provável

MA – Maranhão

$\mu$ S – microSiemens

mS – miliSiemens

MS – Mato Grosso do Sul

ODS – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

ONU – Organização das Nações Unidas

PA – Pará

PB – Paraíba

PICG – Polo de Inovação Campos dos Goytacazes

pH – Potencial Hidrogeniônico

PLANSAB – Plano Nacional de Saneamento Básico

PNSR – Programa Nacional de Saneamento Rural

RH IX – Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana

RJ – Rio de Janeiro

RN – Rio Grande do Norte

SEA – Secretaria de Estado do Ambiente

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

SNIS – Sistema de Informações em Saneamento

TCE/RJ – Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro

UNICEF – *United Nations Children's Fund*

UNT – Unidades de Turbidez

UN-WATER – *United Nations Water*

VMP – Valor Máximo Permitido

WHO – *World Health Organization*

# MAPEAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA COMO ESTRATÉGIA DE AVALIAÇÃO SANITÁRIA EM COMUNIDADES RURAIS: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE CARDOSO MOREIRA/RJ

## RESUMO

Os recursos hídricos são imprescindíveis para todas as formas de vida, sendo indispensáveis para a sobrevivência da espécie humana, as interações entre os seres vivos e os ambientes naturais. No que diz respeito à qualidade e quantidade da água, diversos problemas podem ser observados em áreas rurais, visto que o acesso à água nessas localidades ocorre principalmente por meio de fontes alternativas de abastecimento. A distribuição de água dentro dos padrões de potabilidade e em quantidades adequadas para suprir às necessidades da população é um procedimento essencial de saneamento básico, logo, é importante a realização de um monitoramento adequado da qualidade da água para consumo humano, por meio de análises físico-químicas e microbiológicas. Objetivou-se com o presente trabalho caracterizar e mapear, frente aos parâmetros analisados, a qualidade da água subterrânea consumida pelas comunidades rurais do município de Cardoso Moreira/RJ, tendo em vista a significativa importância desta como fonte de abastecimento local. Na realização da pesquisa bibliográfica e documental foram abordados os assuntos relevantes para a condução da pesquisa experimental. O monitoramento da qualidade da água foi conduzido em treze localidades rurais, considerando em média três pontos de coleta. As análises foram realizadas no Laboratório de Análise e Monitoramento das Águas (LabFoz) do Polo de Inovação Campos dos Goytacazes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (PICG/IFF), e os métodos de análise seguiram as normas técnicas estabelecidas pelo *Standard Methods for the examination of water and wastewater 23rd*; foram elaborados mapas temáticos com a representação das análises por meio do *software QGIS 3.6.0*, pela técnica *Inverse Distance Weighted (IDW)*. Os resultados da pesquisa foram relacionados com o preconizado pela Portaria de Consolidação nº 5/2017, Anexo XX, do Ministério da Saúde, a Resolução CONAMA nº 396/2008 e alguns trabalhos científicos. A partir de análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água, pode-se observar que dos parâmetros estudados, a maioria deles estavam desconformes com o estabelecido pelas legislações empregadas como referência; visto que, três deles não se encontram nas legislações utilizadas, e apenas um se mostrou dentro do preconizado, na totalidade dos pontos. Os parâmetros microbiológicos, coliformes totais e *Escherichia coli* se mostraram em desconformidade com as legislações na maioria dos pontos. Logo, é possível constatar a situação de vulnerabilidade sanitária das localidades estudadas, sendo indispensável à oferta de saneamento básico, monitoramento da qualidade da água e educação ambiental para a população residente nessas comunidades rurais.

**Palavras-chave:** Recursos hídricos. Saneamento básico. Abastecimento de água. Área rural.

**MAPPING THE QUALITY OF GROUNDWATER AS A STRATEGY FOR HEALTH  
ASSESSMENT IN RURAL COMMUNITIES: A CASE STUDY FROM THE MUNICIPALITY  
OF CARDOSO MOREIRA/RJ**

**ABSTRACT**

*Water resources are indispensable for all forms of life, being indispensable for the survival of the human species, the interactions between living beings and the natural environments. With regard to the quality and quantity of water, several problems can be observed in rural areas, since access to water in these locations occurs mainly through alternative sources of supply. The distribution of water within potability standards and in adequate amounts to meet the needs of the population is an essential procedure of basic sanitation, so it is important to perform an adequate monitoring of the quality of water for human consumption, through physical-chemical and microbiological analysis. This study aimed to characterize and map the quality of groundwater consumed by rural communities in the municipality of Cardoso Moreira/RJ, in view of its significant importance as a source of local supply. During the bibliographical and documental research, the relevant subjects for the experimental research were approached. The monitoring of the water quality was conducted in thirteen rural locations, considering an average of three collection points. The analyses were carried out in the Laboratory of Water Analysis and Monitoring (LabFoz) of the Campos dos Goytacazes Innovation Hub of the Federal Institute of Education, Science and Technology Fluminense (PICG/IFF), and the analysis methods followed the technical standards established by the Standard Methods for the examination of water and wastewater 23rd; thematic maps were prepared with the representation of the analyses through the QGIS 3.6.0 software, by the Inverse Distance Weighted (IDW) technique. The research results were related to the recommended by the Consolidation Ordinance No. 5/2017, Annex XX, of the Ministry of Health, the CONAMA Resolution No. 396/2008 and some scientific papers. From the physical-chemical and microbiological analysis of the water samples, it was observed that most of the parameters studied did not comply with the legislation used as reference, since three of these parameters are not in the legislation used, and one of them was within the recommended in all points. The microbiological parameters, total coliforms and *Escherichia coli*, showed to be in nonconformity with the legislations in most of the points. Thus, it is possible to verify the situation of sanitary vulnerability of the studied locations, being indispensable the provision of basic sanitation, monitoring of water quality and environmental education for the population residing in rural communities.*

**Keywords:** *Water resources. Basic sanitation. Water supply. Rural area.*

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE QUADROS.....	x
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	17
<b>ARTIGO CIENTÍFICO 1: O DESAFIO DO SANEAMENTO EM COMUNIDADES RURAIS E A IMPORTÂNCIA DO MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA</b> .....	19
RESUMO.....	19
<i>ABSTRACT</i> .....	20
<i>RESUMEN</i> .....	20
1. INTRODUÇÃO .....	21
2. MATERIAL E MÉTODO .....	22
2.1. Área de estudo.....	22
2.2. Levantamento bibliográfico .....	23
2.3. Levantamento de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) .....	23
2.4. Levantamentos de dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS).....	24
3. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	24
3.1. Escassez de água potável.....	24
3.2. Água subterrânea.....	25
3.3. Qualidade da água para consumo humano .....	26
3.4. Saneamento básico rural e saúde pública.....	28
3.4.1. Abastecimento de água em comunidades rurais .....	29
3.4.2. Esgotamento sanitário nas comunidades rurais .....	31

3.4.3. Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado .....	33
3.5. Monitoramento da qualidade da água para consumo humano .....	34
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	35
REFERÊNCIAS.....	37
<b>ARTIGO CIENTÍFICO 2: MAPEAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA COMO ESTRATÉGIA DE AVALIAÇÃO SANITÁRIA EM COMUNIDADES RURAIS: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE CARDOSO MOREIRA/RJ .....</b>	<b>41</b>
RESUMO .....	41
<i>ABSTRACT</i> .....	42
1. INTRODUÇÃO .....	42
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	44
2.1. Área de estudo .....	44
2.2. Monitoramento da qualidade da água .....	45
2.3. Análise das amostras .....	45
2.4. Mapas Temáticos.....	46
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	47
3.1. Caracterização socioeconômica da área de estudo.....	47
3.2. Análise dos parâmetros de qualidade da água.....	48
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	54
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA DISSERTAÇÃO .....	59
APÊNDICES.....	60

## APRESENTAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Os recursos hídricos são imprescindíveis tanto para a manutenção da vida, como para o estabelecimento de atividades socioeconômicas, em vista disso, a qualidade e disponibilidade das águas tem se tornado uma crescente preocupação para os gestores responsáveis, seja no que tange ao acesso à água como na qualidade para consumo humano e outros usos. Mediante a importância do acesso da população à água potável, assim como ao esgotamento sanitário adequado, justifica-se a necessidade da manutenção de um monitoramento constante que vise à eficiência dos serviços de fornecimento de água e saneamento, principalmente na área rural, visto que essas utilizam fontes alternativas de abastecimento (DA HORA, 2015; MORAIS, 2016).

Em localidades que possuem dificuldades de acesso a serviços eficientes de saneamento básico, o monitoramento se configura como instrumento indispensável, podendo contribuir de forma efetiva em fatores associados à perda de qualidade da água. A regulamentação dos procedimentos de controle e vigilância da qualidade de água para consumo humano e seu padrão de potabilidade foram preconizados pela Portaria de Consolidação nº 5/2017, Anexo XX, do Ministério da Saúde, que estabeleceu o controle de qualidade de água destinada ao consumo humano, distribuída coletivamente por meio de sistema, solução alternativa coletiva ou individual de abastecimento. (DANVI *et al.*, 2017; BRASIL, 2017).

O monitoramento da qualidade da água para consumo humano é realizado principalmente por meio de análises físico-químicas e microbiológicas de forma a garantir a qualidade da água que será consumida, assegurando dessa forma a saúde da população residente em um determinado local. Sendo assim, no presente trabalho foram realizadas análises dos parâmetros físico-químicos (pH, turbidez, condutividade elétrica, alcalinidade, dureza, salinidade, ferro), e microbiológicos (coliformes totais e *Escherichia coli*), de modo a caracterizar a qualidade da água da área de estudo.

Dessa forma, objetivou-se com o presente trabalho caracterizar e mapear, frente aos parâmetros analisados, a qualidade da água subterrânea consumida pelas comunidades rurais do município de Cardoso Moreira/RJ, tendo em vista a significativa importância desta como fonte de abastecimento local. Ao longo da elaboração da dissertação foram produzidos dois artigos científicos de modo a discutir assuntos relacionados e documentar os resultados do presente trabalho.

Em termos metodológicos, inicialmente foram realizadas pesquisas bibliográficas e documentais abordando os assuntos relevantes para a condução do projeto. No que tange a pesquisa experimental, foram definidos em média três pontos de coleta de água em cada uma das localidades a serem estudadas, sempre se atentando à distribuição homogênea dos pontos de forma a abranger todo

o município, e em seguida realizada as campanhas de coleta. As análises foram realizadas no Laboratório de Análise e Monitoramento das Águas (LabFoz) do Polo de Inovação Campos dos Goytacazes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (PICG/IFF), e os métodos de análise seguiram as normas técnicas estabelecidas pelo *Standard Methods for the examination of water and wastewater 23rd*; foram elaborados também mapas temáticos com a representação das análises, através do *software QGIS 3.6.0*, pela técnica *Inverse Distance Weighted (IDW)*.

No primeiro artigo científico, apresenta-se o desafio do saneamento em comunidades rurais e a importância do monitoramento da qualidade da água, tomando como área de estudo as comunidades rurais dos municípios inseridos na Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH-IX), tornando possível identificar possíveis fontes de contaminação decorrentes da carência de saneamento, e propor medidas de intervenção para assegurar a qualidade de vida da população local. Esse foi aceito para publicação no Boletim do Observatório Ambiental Alberto Lamego, que tem por finalidade publicar contribuições originais para suporte à decisão no campo ambiental, debatendo questões relacionadas a problemas e conflitos ambientais existentes a nível mundial.

Após a realização do estudo direcionado aos municípios inseridos na Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH-IX), o município de Cardoso Moreira/RJ foi escolhido devido ao saneamento rural precário decorrente da falta de políticas públicas que atendam de forma adequada a sua população. No segundo artigo científico, encontram-se os resultados obtidos pela pesquisa, representados em mapas temáticos, após as campanhas de coletas e análises laboratoriais destinadas ao monitoramento da qualidade da água consumida pela população residente nas localidades rurais do município de Cardoso Moreira/RJ, que possibilitou uma caracterização das condições sanitárias do local. Pretende-se publicar esse artigo na Revista *Águas Subterrâneas (ABAS)*.

Por fim, na seção pós-textual, são apresentadas as Referências Bibliográficas utilizadas nessa apresentação e os Apêndices intitulados “Mapas temáticos referentes aos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas”, que auxiliam em uma melhor visualização dos resultados apresentados, “Formulários Socioeconômicos” que teve por finalidade compreender a dinâmica populacional apresentada no município estudado, e, “Tabelas com os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas” que permite uma observação numérica dos resultados obtidos; todos direcionados ao segundo artigo científico.

**ARTIGO CIENTÍFICO 1****Artigo de Revisão**

e-ISSN 2177-4560

DOI: 10.19180/2177-4560.v14n22020p255-273

Submetido em: 14 abr. 2020

Aceito em: 15 nov. 2020

.....

***O desafio do saneamento em comunidades rurais e a importância do monitoramento da qualidade da água*****Kamila Rocha Bernardino**  <https://orcid.org/0000-0002-3298-0408>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. Engenheira Ambiental formada pelo Instituto Federal Fluminense campus Campos Guarus. Mestranda em Engenharia Ambiental pelo Instituto Federal Fluminense campus Macaé/RJ - Brasil. E-mail: kamilarochabernardino35@gmail.com

**David de Andrade Costa**  <https://orcid.org/0000-0003-1814-5892>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. Engenheiro de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente pela Universidade Federal Fluminense (UFF). Mestre em Sensoriamento Remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Doutorando em Planejamento Ambiental no Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ - Brasil. E-mail: david.costa@iff.edu.br

**Vicente de Paulo Santos de Oliveira**  <https://orcid.org/0000-0002-5981-0345>

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. Doutor em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa (UFV). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (IFFluminense) – Campos dos Goytacazes/RJ – Brasil. E-mail: vicentepsoliveira@gmail.com

**Resumo**

O saneamento básico é um direito assegurado pela legislação brasileira; porém, no que diz respeito ao acesso à água potável e esgotamento sanitário, esses serviços precisam evoluir significativamente para serem considerados eficientes, principalmente nas áreas rurais, onde o acesso à água potável é crítico e ocorre por meio de fontes alternativas de abastecimento, sendo imprescindível a realização de um monitoramento adequado da qualidade da água para consumo humano. O presente trabalho tem como objetivo mostrar o desafio do saneamento básico em áreas rurais dos municípios inseridos na Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH-IX) e a importância do monitoramento da qualidade da água nessas localidades, possibilitando a identificação de possíveis fontes de contaminação decorrentes da ausência de saneamento. Também é importante levar em consideração a resolução dos diferentes aspectos relacionados à contaminação das águas nessas áreas por meio de medidas estruturais e educacionais que tenham em conta a importância da qualidade ambiental para assegurar a saúde da população residente nas comunidades rurais desses municípios.

Palavras-chave: Recursos hídricos. Saneamento básico. Abastecimento de água. Saúde pública.

*The challenge of sanitation in rural communities and the importance of monitoring water quality***Abstract**

Basic sanitation is a right guaranteed by Brazilian legislation; but, as far as access to drinking water and sanitary exhaustion are concerned, these services need to evolve significantly to be considered efficient, especially in rural areas, where access to drinking water is critical and occurs through alternative sources of supply. This work aims to show the challenge of basic sanitation in rural areas of the municipalities in the Lower Paraíba do Sul and Itabapoana (RH-IX) Hydrographic Region, and the importance of monitoring water quality in these locations, enabling the identification of possible sources of contamination resulting from the lack of sanitation. It is also important to take into consideration the resolution of the different aspects related to water contamination in these areas, through structural and educational measures regarding the importance of environmental quality to ensure the health of the population living in the rural communities of these municipalities.

Keywords: Water resources. Basic sanitation. Water supply. Public health.

*El reto del saneamiento en las comunidades rurales y la importancia de la vigilancia de la calidad del agua***Resumen**

El saneamiento básico es un derecho garantizado por la legislación brasileña, pero en lo que respecta al acceso al agua potable y al agotamiento sanitario, esos servicios deben evolucionar considerablemente para que se consideren eficientes, especialmente en las zonas rurales, donde el acceso al agua potable es fundamental y se produce a través de fuentes de suministro alternativas. Este trabajo tiene por objeto mostrar el desafío del saneamiento básico en las zonas rurales de los municipios de la Región Hidrográfica del Bajo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH-IX), y la importancia de la vigilancia de la calidad del agua en esos lugares, lo que permite identificar las posibles fuentes de contaminación resultantes de la falta de saneamiento. También es importante tener en cuenta la resolución de los diferentes factores relacionados con la contaminación del agua en estas zonas, mediante medidas estructurales y educativas sobre la importancia de la calidad del medio ambiente para garantizar la salud de la población que vive en las comunidades rurales de estos municipios.

Palabras clave: Recursos hídricos. Saneamiento básico. Suministro de agua. Salud pública.

## ***1 Introdução***

A água doce é imprescindível para suprir as necessidades vitais de todos os organismos vivos, além de garantir o bom funcionamento dos ecossistemas, comunidades e economias. Porém, a quantidade e a qualidade da água em todo o mundo estão cada vez mais ameaçadas à medida que o crescimento populacional aumenta e as atividades agrícolas e industriais se expandem (UN-WATER, 2018).

No Brasil, a distribuição da água é bastante heterogênea, pois a maior parte dos recursos hídricos disponíveis concentra-se onde está localizada a menor parcela da população brasileira, que conseqüentemente possui baixa demanda por uso de água. Em contrapartida, para as regiões hidrográficas que aglomeram a maior parte da população do país, está disponível apenas uma pequena parte dos recursos hídricos (ANA, 2017a).

A Organização das Nações Unidas (ONU) propõe os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), entre os quais um traz a preocupação com o fornecimento de água potável e o acesso ao esgotamento sanitário para todos, visto que ambos os processos relacionam-se diretamente à qualidade de vida e à garantia de saúde pública à população. O Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6 (ODS 6) permite avaliar o cenário de cada país quanto aos seguintes pontos: abastecimento de água, esgotamento sanitário, oferta e demandas da água e seus usos para as atividades humanas, qualidade da água, gestão de recursos hídricos e ações de conservação dos ecossistemas aquáticos (ANA, 2019).

A qualidade da água destinada ao consumo da população está diretamente relacionada à saúde pública. Desta forma, é importante a realização do monitoramento adequado dos recursos hídricos destinados ao abastecimento humano por meio de análises físico-químicas e microbiológicas, tornando possível realizar o diagnóstico dos riscos e da precariedade das situações de saneamento de determinado local. A vigilância da qualidade da água deve ser realizada pelo poder público, pois consiste em um instrumento essencial para a garantia da proteção à saúde dos consumidores (ALEIXO *et al.*, 2016).

Diferentemente dos grandes centros urbanos, em áreas rurais o acesso à água potável é crítico e ocorre principalmente por meio de fontes alternativas de abastecimento. O consumo da água proveniente dessas fontes pode não ser seguro e consiste em um facilitador para o aumento no número de doenças de veiculação hídrica, o que torna a população vulnerável. Para que a água utilizada pela população residente nessas localidades rurais seja considerada potável, esta deve atender aos padrões de potabilidade estabelecidos pela legislação e, sendo assim, é imprescindível um monitoramento eficiente da qualidade da água a ser consumida.

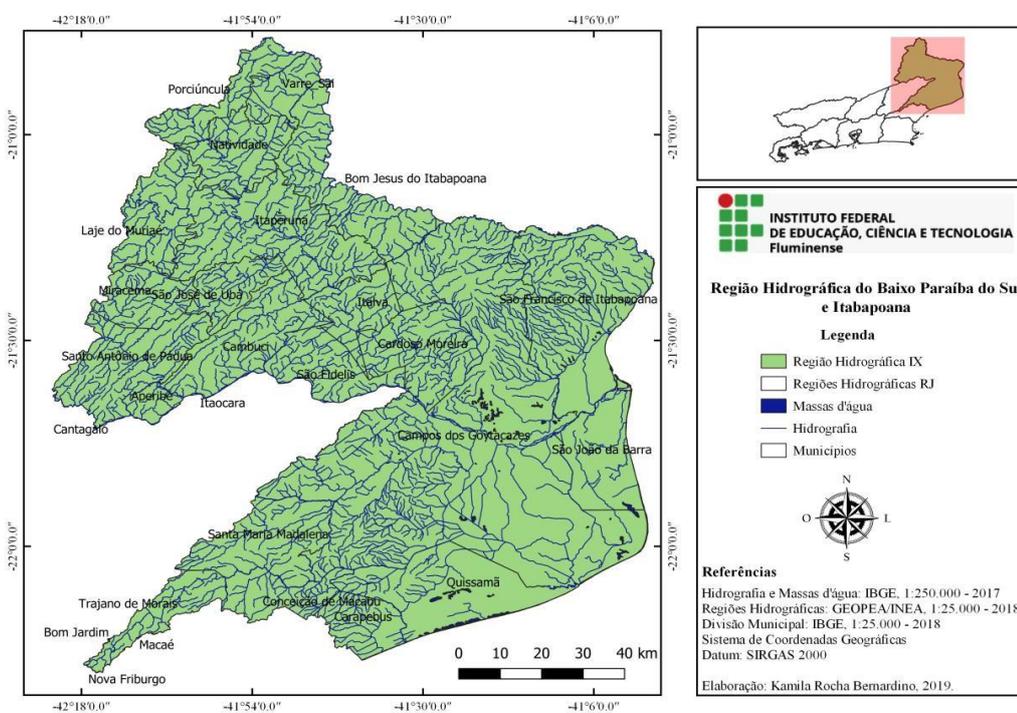
Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo apresentar um panorama do saneamento básico em áreas rurais e mostrar a relevância do monitoramento da qualidade da água oriunda de fontes alternativas de abastecimento, tomando como estudo de caso as comunidades rurais dos municípios inseridos na Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH-IX), possibilitando a identificação de possíveis fontes de contaminação decorrentes da carência de saneamento bem como propostas de medidas de intervenção para assegurar a qualidade de vida da população local.

## 2 Material e Método

### 2.1 Área de estudo

A Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH-IX) abrange integralmente os municípios de Aperibé, Bom Jesus do Itabapoana, Cambuci, Campos dos Goytacazes, Cardoso Moreira, Italva, Itaperuna, Laje do Muriaé, Miracema, Natividade, Porciúncula, Quissamã, Santo Antônio de Pádua, São Francisco de Itabapoana, São João da Barra, São José de Ubá e Varre-Sai, e, parcialmente, os municípios de Carapebus, Conceição de Macabu, Santa Maria Madalena, São Fidélis e Trajano de Moraes, situados na regiões norte e noroeste fluminense do estado do Rio de Janeiro (AGEVAP, 2017).

**Figura 1. Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH-IX)**



Fonte: Elaboração própria (2019)

De acordo com o último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2010, os municípios que estão inseridos na Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH-IX) totalizam uma população de aproximadamente 957.991 habitantes. Desses, os mais representativos do ponto de vista populacional, por possuírem uma população superior a 30 mil habitantes, são: Campos dos Goytacazes, Itaperuna, São Francisco de Itabapoana, São Fidélis, Bom Jesus do Itabapoana, Santo Antônio de Pádua e São João da Barra (AGEVAP, 2017; IBGE, 2019).

## 2.2 Levantamento bibliográfico

A pesquisa bibliográfica foi realizada a partir do levantamento de artigos científicos, dissertações de mestrado e teses de doutorado. Os trabalhos foram obtidos através de buscas na plataforma do Periódico CAPES e *Google Scholar*, sempre se atentando aos trabalhos mais relevantes ao tema estudado e mais atuais em relação aos anos de publicação. Foram utilizados os seguintes termos de busca: “qualidade de água”, “consumo humano”, “fontes alternativas de abastecimento”, “monitoramento da qualidade da água”, “escassez de água potável”, “saneamento básico rural”, “doenças de veiculação hídrica”, entre outros.

Documentos temáticos produzidos pela Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP), Agência Nacional de Águas (ANA), Fundação Nacional da Saúde (FUNASA), *United Nations Water* (UN-WATER), *World Health Organization* (WHO) e *United Nations Children’s Fund* (UNICEF) auxiliaram também na produção do trabalho. Além disso, foram utilizadas legislações pertinentes aos assuntos estudados.

## 2.3 Levantamento de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS)

Ao longo do trabalho foram apresentados também os dados referentes à população atendida por abastecimento de água e esgotamento sanitário, no ano de 2017, dos municípios da Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH-IX). Os dados sistematizados são provenientes da série histórica disponibilizada pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) consiste como a principal fonte de informação sobre o setor de saneamento. Dentre os principais objetivos do SNIS, destacam-se: planejamento e execução de políticas públicas; orientação da aplicação de recursos; conhecimento e avaliação do setor saneamento; avaliação de desempenho dos serviços; aperfeiçoamento da gestão; orientação de atividades regulatórias e de fiscalização; e exercício do controle social (SNIS, 2018).

Os dados disponibilizados pelo SNIS são fornecidos pelos prestadores dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário, compostos por companhias estaduais, empresas e autarquias municipais, empresas privadas, ou até mesmo pelas próprias prefeituras, por meio de suas secretarias ou departamentos (SNIS, 2018).

#### *2.4 Levantamentos de dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil (DATASUS)*

A busca dos dados referentes aos casos de doenças de veiculação hídrica nos municípios da Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH-IX) foi realizada no *site* do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), que consiste em um sistema de informação em saúde que abrange diversos aspectos da saúde da população.

Os dados são disponibilizados pelas equipes técnicas do Ministério da Saúde e das Secretarias Estaduais e Municipais de Saúde, e sua disseminação é realizada pelo DATASUS por meio do TabNet e TabWin. O TabNet, de onde obtivemos as informações para o presente trabalho, possibilita a consulta de dados e indicadores de diferentes sistemas de informação em saúde, agregados em unidades de tempo ou unidades geográficas (SALDANHA; BASTOS; BARCELOS, 2019).

### **3 Resultados e Discussões**

#### *3.1 Escassez de água potável*

A escassez hídrica é um problema que afeta cada vez mais os diferentes setores da sociedade, comprometendo também a sustentabilidade ambiental. A demanda mundial por água tem aumentado a uma taxa de aproximadamente 1% ao ano, o que vem ocorrendo devido ao crescimento populacional, ao desenvolvimento econômico e às mudanças nos padrões de consumo, e continuará a aumentar de forma significativa durante as próximas décadas (UN-WATER, 2018).

A Portaria de Consolidação nº 5/2017, Anexo XX, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017) define a água potável como a água própria para consumo humano cujos parâmetros físicos, químicos, radioativos e microbiológicos atendam ao padrão de potabilidade, e que não apresente riscos à saúde. A utilização da água sem observar esses parâmetros pode trazer sérios problemas de saúde para a população, pois a água contaminada é fonte de diversas doenças.

A escassez e a deterioração da água podem ocorrer por fatores como poluição, contaminação e crescimento da demanda em razão de aglomerados urbanos, além do desenvolvimento industrial e agrícola. Dessa forma, os elevados custos dos sistemas de tratamento somados aos elementos citados anteriormente acabam dificultando o abastecimento de água, principalmente nas periferias e comunidades rurais (RIBEIRO *et al.*, 2018).

Alguns fatores importantes, como a falta de investimentos em gestão ambiental e saneamento básico, o consumo indiscriminado por parte da população e a distribuição desigual, tornam preocupante a disponibilidade de água potável. Dessa forma, é indispensável a sua conservação, para que futuramente a população mundial possa ter água em quantidade e qualidade para atender às suas necessidades (SILVA; ALVES; PORTILHO, 2016).

### 3.2 Água subterrânea

A água subterrânea é um componente essencial do ciclo hidrológico e contribui de forma significativa no fornecimento de água doce para as populações, principalmente as que utilizam fontes alternativas de abastecimento. Nesse processo, parte do volume de água proveniente da precipitação consegue alcançar a superfície do solo, e assim inicia-se a infiltração ou o escoamento superficial. Quanto maior a infiltração, maior será a recarga dos aquíferos, e esse fator está relacionado diretamente à permeabilidade dos materiais de subsuperfície e declividade do terreno (BARISON, 2015; FREEZE; CHERRY, 2017).

Esses aquíferos podem ser livres ou confinados. Os aquíferos livres apresentam uma camada confinante apenas em sua base, estando sobreposto a eles a zona de aeração, sendo, desta forma, influenciados diretamente pela superfície, estando mais sujeitas à contaminação por ações antrópicas dada à livre circulação da água. Os confinados estão selados por duas camadas relativamente impermeáveis, e, desse modo, dificilmente apresentam alterações decorrentes das ações lesivas sobrescritas, haja vista que a circulação nessa área é restrita (TUCCI *et al.*, 2007; VILLAR; RIBEIRO, 2009).

O abastecimento utilizando as águas subterrâneas para suprir as necessidades da população é uma alternativa bastante utilizada, especialmente no que diz respeito a pequenas comunidades da zona rural. Nessas localidades, a captação da água geralmente é realizada por meio de poços rasos devido à sua operação e manutenção facilitadas, além do baixo custo de implantação. Vale ressaltar que os poços construídos de forma inadequada estão mais susceptíveis à contaminação, o que é mais preocupante em áreas rurais e periféricas das cidades, em decorrência da carência de saneamento básico (ANA, 2017a; RIZZATTI *et al.*, 2018).

Diversos fatores podem contribuir para a alteração da qualidade das águas subterrâneas, tornando-as mais susceptíveis à contaminação. Entre eles estão a destinação do esgoto doméstico e industrial em fossas e tanque sépticos, a disposição inadequada de resíduos sólidos urbanos e industriais, os postos de combustíveis, a mineração e a modernização da agricultura, que, por meio de problemas operacionais, entre outros, representam fontes de contaminação por bactérias e vírus patogênicos, parasitas, substâncias orgânicas e inorgânicas (ANA, 2018).

Em localidades rurais, em especial, o preparo do solo para agricultura pode contribuir significativamente para a alteração da qualidade das águas subterrâneas. Um dos problemas com maior implicação sanitária consiste na utilização de agrotóxicos; essas substâncias são tóxicas e podem causar diversas alterações no meio ambiente e na saúde pública. É importante considerar também a contribuição de nutrientes dos fertilizantes, que, após serem lançados no solo, muitas vezes em excesso, podem alcançar o lençol freático e elevar os índices de alguns elementos na água (JORDÃO; PESSÔA, 2014).

Além da contaminação das águas subterrâneas, outro fator considerado preocupante relaciona-se à superexploração desse recurso. Segundo Maciel e Sarmiento (2008), a superexploração ocorre quando a captação de água é maior que o volume infiltrado, podendo afetar o abastecimento dos rios e reservatórios, exaurir nascentes, provocar a circulação de água contaminada, salinizar e ainda acabar com a disponibilidade de água do aquífero.

A impermeabilização do solo também é considerada um agravante na qualidade e quantidade da água, pois o crescimento populacional pode desencadear diversos impactos negativos. As construções residenciais e industriais e o asfaltamento de ruas, entre outros, impermeabilizam o solo, e a inexistência de espaços verdes diminui a capacidade de infiltração. Dessa forma, o aumento no escoamento superficial reduz o volume de água na recarga de aquíferos, provoca erosão dos solos e assoreamento dos cursos de água, gera perdas materiais para a população e podem ocasionar diversos problemas de saúde pública mediante o surgimento de doenças (TUCCI, 2001; PINTO, 2011).

### 3.3 *Qualidade da água para consumo humano*

A distribuição de água de boa qualidade e em quantidades adequadas para a população consiste em um procedimento essencial de saneamento básico, e a qualidade dessa água é consequência do efeito de muitos processos que ocorrem ao longo do seu curso, sejam naturais ou antrópicos (SILVA *et al.*, 2015).

Segundo Oliveira Júnior *et al.* (2019), a qualidade da água está diretamente ligada ao abastecimento de água para o consumo humano e aos possíveis riscos que essa pode oferecer à saúde. Dessa forma, é imprescindível uma gestão pública com vistas à minimização desses riscos associados a um consumo de água que não atenda ao padrão de potabilidade.

O relatório disponibilizado pelo *World Health Organization* (WHO) e a *United Nations Children's Fund* (UNICEF) estima que 45% da população residente em comunidades rurais realizam a captação de água subterrânea de forma não segura através de perfuração de poços rasos nas suas residências. A utilização de fontes inseguras para o abastecimento de água pode

desencadear diversas doenças que comprometem a qualidade de vida da população. A água usada para abastecimento doméstico deve apresentar características sanitárias e toxicológicas adequadas e ser livre de micro-organismos patogênicos e substâncias nocivas à saúde, conforme preconizado pela legislação vigente (REALI; PAZ; DANIEL, 2013; WHO; UNICEF, 2017).

A Resolução CONAMA nº 396/2008 dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, além de estabelecer valores máximos permitidos dos parâmetros com maior probabilidade de ocorrência nessas águas, levando em consideração seus usos preponderantes. As águas subterrâneas são divididas em classe especial, 1, 2, 3, 4 e 5. Entre essas, apenas a classe 1 não exige tratamento para consumo humano, em razão de suas características hidrogeoquímicas naturais. Caso a qualidade da água não atenda aos valores estabelecidos por essa legislação, fazem-se necessárias ações de controle ambiental para a adequação da qualidade à sua respectiva classe, exceto para as substâncias que excedam aos limites estabelecidos dadas as condições naturais (BRASIL, 2008).

A Portaria de Consolidação nº 5/2017, Anexo XX, do Ministério da Saúde estabelece as normas e responsabilidades que relacionam o controle e a vigilância da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. A vigilância da qualidade da água consiste em um conjunto de ações adotadas continuamente pela autoridade de saúde pública com o objetivo de averiguar se a água consumida pela população respeita os padrões estabelecidos e também avaliar os riscos que os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água representam para a saúde humana (BRASIL, 2017).

Pezarino (2010) realizou a análise da qualidade da água consumida pelos moradores dos distritos do município de Campos dos Goytacazes/RJ e, nesse estudo, constatou que o índice de contaminação predominou na totalidade das amostras, não estando de acordo com o limite estabelecido pela legislação, e que os resultados foram influenciados pela falta de saneamento básico, evidenciado pela destinação incorreta dos esgotos domésticos e ausência de tratamento da água para o consumo da população.

Silva Filho *et al.* (2019), ao analisarem a qualidade da água do poço tubular que abastece o Sítio Alegre no município de Lagoa Seca/PB, constataram não conformidade com o preconizado pela legislação vigente. Foram detectadas violações aos padrões de coliformes totais, coliformes termotolerantes e bactérias heterotróficas. No que diz respeito aos parâmetros físico-químicos, os valores de condutividade elétrica e o cloreto estavam acima do permitido.

Silva (2013) constatou em grande parte do município de São Francisco do Itabapoana/RJ altos índices de contaminação por coliformes totais e termotolerantes, além de os parâmetros físico-

químicos em muitas localidades estarem fora do padrão de qualidade da água de consumo humano, concluindo a existência de uma precariedade no saneamento urbano e rural do referido município.

### *3.4 Saneamento básico rural e saúde pública*

Saneamento básico pode ser compreendido como um conjunto de medidas destinadas à preservação ou alteração das condições ambientais, com o intuito de promover a saúde pública, melhorando a qualidade de vida da população e a produtividade dos indivíduos. A Constituição da República Federativa do Brasil assegura o direito ao saneamento básico a toda a população brasileira; porém, apesar de o país ter conquistado alguns avanços, ainda há muito a se fazer para alcançar a efetividade desses serviços (TRATA BRASIL, 2019).

A Política Federal de Saneamento Básico, instituída pela Lei nº 11.445/2007, foi idealizada como a possibilidade de regularização desses serviços, com diretrizes e normas condizentes com as realidades sociais, ambientais e econômicas do país. Essa legislação define saneamento básico como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais (BRASIL, 2007).

Uma das diretrizes estabelecidas por essa legislação consiste na garantia de meios adequados que atendam de forma eficiente à população rural através da utilização de soluções compatíveis com suas características econômicas e sociais. Além disso, institui o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), que prevê o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR), o qual consiste em uma responsabilidade do Ministério da Saúde por meio da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) (BRASIL, 2007; FUNASA, 2018).

O Programa Nacional de Saneamento Rural é designado a promover as ações destinadas ao avanço de saneamento básico nas áreas rurais e, objetiva a universalização do acesso a esses serviços, deve garantir a equidade, a integralidade, a intersetorialidade, a sustentabilidade dos serviços implantados e a participação e o controle social. Dessa forma, o programa deverá levar em conta a compreensão das características da população e ser compatível com as necessidades e realidades encontradas em cada uma das localidades rurais, assegurando o acesso ao saneamento básico eficiente como garantia de uma melhor qualidade de vida à população rural (FUNASA, 2018).

A *World Health Organization* (WHO, 2018) afirma que o acesso precário a serviços de saneamento básico constitui uma ameaça à saúde pública, especialmente para as populações de baixa renda que vivem expostas a diversos patógenos. Sistemas de gestão e de acesso à informação

são imprescindíveis para estabelecer onexo causal da doença com o deficit de saneamento e, assim, possibilitar a ação necessária.

Embora a legislação brasileira conceitue saneamento básico como um conjunto de serviços, o Instituto Trata Brasil (2019) afirma que os mais usuais se relacionam ao acesso adequado a abastecimento de água e à coleta e tratamento de efluentes. Esses são o enfoque do presente trabalho em virtude de sua relevância no que diz respeito ao monitoramento da qualidade da água relacionado à avaliação sanitária da área de estudo.

### 3.4.1 Abastecimento de água em comunidades rurais

O relatório disponibilizado pelo *World Health Organization* (WHO) e pela *United Nations Children's Fund* (UNICEF) afirma que, em 2015, uma parcela significativa de pessoas no mundo ainda não possuía acesso aos serviços básicos de água potável e que cerca de 60% da população é carente em saneamento básico (WHO; UNICEF, 2017).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2019a), em seu último Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto referente ao ano de 2017, afirma que no Brasil aproximadamente 93% da população urbana tem acesso ao abastecimento de água. Porém, na avaliação da população total, que consiste na população urbana e rural, o índice representa apenas cerca de 83%. Essa avaliação é considerada preocupante, pois uma parte significativa da população brasileira vive em áreas rurais e acaba não tendo acesso a água potável.

De acordo com a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA, 2018), 64,6% dos domicílios nas comunidades rurais captam água sem nenhum tratamento. Nessas localidades, é comum que, por falta de conhecimento da população, a água captada diretamente dos pontos de coleta seja considerada potável. Entretanto, vale ressaltar que a qualidade da água pode ser alterada por diversos fatores, oferecendo risco à saúde da população local. Sendo assim, a utilização da água sem tratamentos prévios que assegurem a sua qualidade não é aconselhável.

O estado do Rio de Janeiro, de forma geral, possui como principal fonte de abastecimento o Rio Paraíba do Sul, fornecendo água para aproximadamente 12,3 milhões de pessoas, o que corresponde a 75% da população fluminense. Destaca-se que a captação e o tratamento realizado pelas concessionárias não alcançam a totalidade do estado, ficando as áreas rurais e as periferias sem atendimento no que se refere à água tratada e de qualidade (COPPETEC/SEA/INEA, 2014).

Nos municípios que fazem parte da Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH-IX), a água captada em rios e mananciais abastece apenas a população localizada na área urbana, a parcela da população que se encontra na área rural utiliza basicamente água de fontes alternativas de abastecimento (TCE/RJ, 2018; AGEVAP, 2017).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2019b), vinculado ao Ministério do Desenvolvimento Regional, em sua série histórica, disponibilizou dados referentes ao ano de 2017 dos municípios inseridos na Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH-IX), especificando a população atendida com abastecimento de água potável, conforme mostra a Tabela 1. Podemos destacar que a população rural residente nesses municípios não é assistida de forma eficiente em relação a esse serviço, estando, dessa forma, exposta aos riscos oferecidos à saúde humana ao utilizar os sistemas e as soluções alternativas de abastecimento de água.

**Tabela 1. População atendida por abastecimento de água nos municípios da Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH-IX)**

<b>Municípios</b>	<b>População Total</b>	<b>População Urbana</b>	<b>População Rural</b>
Aperibé	10.988	9.552	1.436
Bom Jesus do Itabapoana	33.151	28.017	5.134
Cambuci	12.012	9.148	2.864
Cardoso Moreira	8.831	6.138	2.693
Italva	12.597	9.174	3.423
Itaperuna	87.804	80.958	6.846
Laje do Muriaé	6.843	5.152	1.691
Miracema	26.378	24.312	2.066
Natividade	12.415	9.916	2.499
Porciúncula	17.848	13.959	3.889
Quissamã	20.107	12.910	7.197
Santo Antônio de Pádua	41.312	31.654	9.658
São Francisco de Itabapoana	30.657	15.636	15.021
São João da Barra	34.519	27.290	7.229
São José de Ubá	4.027	1.781	2.246
Varre-Sai	6.346	3.878	2.468
Trajano de Moraes	3.348	1.555	1.793
Conceição de Macabu	18.618	18.618	0
Carapebus	4.394	3.468	926
Santa Maria Madalena	5.506	3.165	2.341
Campos dos Goytacazes	465.773	442.705	23.068
São Fidélis	30.094	23.790	6.304

Fonte: SNIS (2019b)

A insuficiência de instalações de abastecimento de água em condições adequadas para o consumo humano é uma dificuldade ainda persistente nos dias atuais. Em áreas rurais, esse quadro se agrava; é comum nessas regiões a população utilizar fontes alternativas de abastecimento sem nenhum tratamento. É importante que haja uma intervenção do poder público no que tange ao abastecimento de água em comunidades rurais, garantindo uma melhor qualidade de vida para a população residente nesses locais.

### *3.4.2 Esgotamento sanitário nas comunidades rurais*

De acordo com a Lei nº 11.445/2007, o esgotamento sanitário pode ser definido como o conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, tratamento e disposição final dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até o seu lançamento final no meio ambiente. Entre os serviços de saneamento básico, o esgotamento sanitário costuma ter índices inferiores de cobertura quando comparado aos serviços de abastecimento de água, além de serem os que mais necessitam de análises e propostas para o encaminhamento de soluções, principalmente quando nos voltamos para a gestão hídrica (BRASIL, 2007; ANA, 2017b).

Apesar dos serviços de saneamento básico serem imprescindíveis para a promoção da saúde pública e para a proteção ambiental, estima-se que no ano de 2015, cerca de 2,3 bilhões de pessoas no mundo ainda não tinham acesso a práticas adequadas de esgotamento sanitário, o que representa aproximadamente 31% da população global (WHO; UNICEF, 2017).

O Atlas Esgoto, disponibilizado pela Agência Nacional das Águas (ANA, 2017b), afirma que a situação do atendimento da população brasileira com serviços de esgotamento sanitário se caracteriza da seguinte forma: 43% é atendida por sistema coletivo (rede coletora e estação de tratamento de esgotos), 12% por solução individual (fossa séptica), 18% da população se enquadra na situação em que os esgotos são coletados, porém não são tratados, e por fim, 27% é desprovida de atendimento, não possuindo nenhum tipo de coleta e tratamento de esgotos.

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2019b), vinculado ao Ministério do Desenvolvimento Regional, em sua série histórica, disponibilizou dados referentes ao ano de 2017 dos municípios inseridos na Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH-IX), especificando a população atendida com esgotamento sanitário, conforme mostra a Tabela 2. É possível destacar uma deficiência significativa no fornecimento desse serviço para a população rural desses municípios, fazendo com que esta esteja vulnerável a diversas ameaças relacionadas à saúde humana por utilizar soluções individuais para atender suas necessidades.

**Tabela 2. População atendida por esgotamento sanitário nos municípios da Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH-IX)**

<b>Municípios</b>	<b>População Total</b>	<b>População Urbana</b>	<b>População Rural</b>
Aperibé	9.816	9.816	0
Bom Jesus do Itabapoana	33.500	29.800	3.700
Cambuci	8.100	8.100	0
Cardoso Moreira	2.710	1.813	897
Italva	7.150	5.800	1.350
Itaperuna	24.213	24.213	0
Laje do Muriaé	1.414	1.414	0
Miracema	25.865	23.839	2.026
Natividade	10.840	10.840	0
Porciúncula	1.422	1.422	0
Quissamã	6.584	6.584	0
Santo Antônio de Pádua	31.551	31.551	0
São Francisco de Itabapoana	488	488	0
São João da Barra	38.381	30.867	7.514
São José de Ubá	-	-	-
Varre-Sai	-	-	-
Trajano de Moraes	-	-	-
Conceição de Macabu	20.687	19.137	1.550
Carapebus	15.568	12.285	3.283
Santa Maria Madalena	5.910	5.000	910
Campos dos Goytacazes	398.448	398.448	0
São Fidélis	33.800	23.779	10.021

Fonte: SNIS (2019b)

A ausência de instalações de esgotamento sanitário em áreas rurais pode estar relacionada a fatores como dificuldade de acessos, ou mesmo descaso por meio do poder público. Mesmo os dados nacionais mostrando alguns pequenos avanços no que se trata da melhoria da situação de esgotamento sanitário na zona rural, a situação ainda é preocupante e a universalização desse serviço se constitui uma realidade distante. Dessa forma, as populações dessas regiões, principalmente as

mais pobres, estão expostas a diversos tipos de doenças e a uma qualidade de vida precária (LANDAU; MOURA, 2016; TONETTI *et al.*, 2018).

### 3.4.3 Doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado

O saneamento básico eficiente é um procedimento imprescindível para garantia da saúde pública, desde a prevenção de doenças até a melhoria e manutenção da qualidade de vida da população. Em diversos locais pode ser evidenciada a associação entre o aumento de determinadas doenças e a falta de saneamento adequado. O relatório do *World Health Organization* (WHO, 2018) propõe diversas diretrizes para promover sistemas e práticas de saneamento eficiente e seguro, objetivando a melhoria da saúde pública mundial.

As doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado estão diretamente associadas ao abastecimento de água e esgotamento sanitário ineficientes. Essas doenças atingem diretamente as populações mais vulneráveis no mundo inteiro. De acordo com o *World Health Organization* (WHO, 2017), no ano de 2015, milhões de crianças morreram antes de completar cinco anos, porém muitas dessas mortes poderiam ter sido evitadas através da abordagem dos riscos ambientais relacionados ao saneamento básico inadequado.

Segundo Nascimento (2011) as doenças de veiculação hídrica, relacionadas diretamente ao abastecimento ineficaz da água, são aquelas adquiridas por meio do consumo direto da água contaminada com micro-organismos patogênicos. Existem ainda as doenças veiculadas pelo contato direto com a água contaminada em atividades de higiene e lazer, além de outras doenças que podem ser contraídas em razão de seus vetores terem parte do seu ciclo desenvolvido em ambientes aquáticos. O Quadro 1, a seguir, exemplifica algumas doenças de veiculação hídrica.

**Quadro 1. Exemplos de doenças de veiculação hídrica**

Categorias	Grupos de doenças
<b>Doenças de transmissão feco-oral</b>	Diarreias; Cólera; Salmonose; Shigelose; Amebíase. Outras infecções intestinais bacterianas ( <i>Escherichia coli</i> , <i>Campilobacter</i> spp., <i>Yersinia enterocolitica</i> , <i>Clostridium difficile</i> ). Outras doenças intestinais por protozoários (Balantidíase, Giardíase, Criptosporidíase). Isosporíase Doenças intestinais por vírus (enterite por rotavírus, gastroenteropatia aguda, adenovírus). Febres entéricas; febre tifoide; Febre paratifoide; Hepatite A; Poliomielite.

<b>Doenças relacionadas com a higiene</b>	Doenças Infecciosas dos olhos (Tracoma; Conjuntivites). Doenças Infecciosas da pele (Dermatofitoses; Micoses).
<b>Doenças transmitidas através do contato com a água</b>	Esquistossomose; Leptospirose; Difilobotríase e outras infecções por helmintos.
<b>Doenças transmitidas por inseto vetor</b>	Dengue; Febre Amarela; Chikungunha; Leishmanioses; Malária; Doença de Chagas; Doença do sono.

Fonte: Fundação Nacional da Saúde (2010); Ferreira e Pádua (2010); Heller e Pádua (2010).

As condições socioeconômicas estão intrinsecamente relacionadas ao acesso aos serviços de saneamento básico que, por sua vez, afetam a salubridade ambiental e as condições de saúde pública de um determinado município. O Ministério da Saúde através do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS, 2019), por meio do TabNet, disponibiliza informações referentes a diversos indicadores de saúde (doenças, municípios de notificação, evolução dos casos, etc.) de acordo com cada região.

A Portaria de Consolidação nº 5/2017, Anexo XX, do Ministério da Saúde preconiza que é imprescindível que ocorra a notificação das doenças de veiculação hídrica como suporte de informações, para que dessa forma possam ser quantificados os casos dessas doenças e identificadas as possíveis causas relacionadas ao consumo de água com uma qualidade deteriorada, permitindo dessa forma que se proponham as medidas corretivas cabíveis (BRASIL, 2017).

Foi possível observar ao longo da pesquisa a deficiência de dados de doenças de veiculação hídrica referente aos municípios localizados na Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul (RH-IX), disponibilizados para acesso, até o final do ano de 2019, apesar do espaço oferecido pelo Ministério da Saúde para que essas informações possam chegar à população. É extremamente comum que os profissionais da saúde responsáveis pelas notificações não abasteçam o sistema com os dados, o que acaba dificultando a proposta de medidas de monitoramento da água e controle da disseminação de doenças.

### *3.5 Monitoramento da qualidade da água para consumo humano*

O monitoramento da qualidade da água é um instrumento imprescindível que pode contribuir significativamente com fatores relacionados à escassez hídrica, à perda de qualidade da água por ações antrópicas e como estratégia de avaliação sanitária, principalmente em localidades que não possuem serviços eficientes de saneamento básico. Por meio do monitoramento dos recursos hídricos, variáveis quantitativas e qualitativas da água são observadas a fim de ponderar o nível de degradação encontrado, para que se possa atuar sobre o agente poluidor (DANVI *et al.*, 2017).

O monitoramento da qualidade da água para consumo humano deve incluir programas de controle visando conhecê-la nas diversas partes do sistema, por meio de análises físico-químicas e microbiológicas, seguidas do gerenciamento de todo o sistema, a fim de identificar as causas da variação da qualidade da água e adotar as medidas preventivas e corretivas cabíveis (BRASIL, 2006).

Segundo Oliveira (2011), os aspectos físicos da água permitem uma percepção das características estéticas, sua importância está relacionada à alteração da água por compostos em suspensão, que podem estar na forma coloidal ou dissolvidos. As principais características físicas utilizadas para analisar a qualidade da água são: cor, odor, sabor, turbidez, temperatura, sólidos dissolvidos e condutividade elétrica.

Von Sperling (2014) afirma que os aspectos químicos permitem classificar a água por seu conteúdo mineral através dos íons presentes; determina o grau de contaminação quanto à origem dos principais poluentes, além de avaliar o equilíbrio bioquímico. As características químicas podem ser representadas pela alcalinidade, acidez, dureza, nitratos, nitritos, pesticidas, potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, além de metais como alumínio, ferro, manganês, cromo; entre outras.

Os aspectos microbiológicos são considerados de maior relevância em termos de qualidade da água, pois se relacionam diretamente com a maioria das doenças de veiculação hídrica através do consumo de água contaminada com micro-organismos patogênicos. As bactérias do grupo coliformes são as mais utilizadas nas análises de monitoramento da qualidade da água pelo fato de se propagarem com facilidade, serem comumente encontradas nas fezes humanas e dos demais animais, e possuem fácil identificação em análises laboratoriais, características que possibilitam sua utilização como indicadores microbianos (NASCIMENTO; ARAÚJO, 2013).

Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados em trabalhos destinados ao monitoramento da qualidade da água para consumo humano padronizam os seus resultados de acordo com os valores máximos permitidos (VMP) estabelecidos pela Portaria de Consolidação nº5/2017 do Ministério da Saúde, em seu Anexo XX (BRASIL, 2017).

#### ***4 Considerações finais***

A dificuldade de acesso à água potável e a má distribuição dos recursos hídricos são problemas crescentes uma vez que a demanda mundial por água tende a continuar aumentando e que, além disso, os diversos usos desse recurso comprometem sua qualidade. Dessa forma, os custos

elevados dos sistemas de tratamento e distribuição de água potável torna difícil o abastecimento, principalmente em áreas rurais.

A necessidade de fornecimento de água em quantidade e qualidade adequadas à população é de suma importância não só para que se assegure o atendimento das necessidades básicas dos núcleos populacionais e comunidades rurais, como também para garantir a saúde das pessoas que não possuem meios de obtenção de água adequada para consumo.

Nas comunidades rurais dos municípios inseridos na Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana (RH-IX), as fontes alternativas de abastecimento contribuem de forma significativa para suprir as necessidades da população, tornando-os susceptíveis à contaminação. Dessa maneira, não é aconselhável o consumo dessa água sem que seja submetida a tratamentos que garantam sua qualidade.

Diante dos obstáculos quanto à extensão da rede de abastecimento de água a populações mais afastadas do centro urbano do município, deve-se pensar em estratégias de monitoramento constantes das fontes alternativas de abastecimento utilizadas pela população, visto que diversas são as fontes de contaminação possíveis desse recurso, como a falta de tratamento de efluente, má disposição de resíduos sólidos, utilização de agrotóxicos, excesso de fertilizantes e falta de atenção do poder público aos riscos imputados ao consumo de água fora dos padrões estabelecidos legalmente.

Mesmo que dados nacionais mostrem avanços no que diz respeito aos serviços de saneamento básico das áreas rurais, ainda há muito a se fazer para que esses serviços possam atender a essas localidades de forma adequada.

O acesso aos dados relacionados às doenças de veiculação hídrica dos municípios em estudo é precário, o que dificulta a criação de propostas e medidas que ajudem a controlar a disseminação dessas doenças.

O acesso aos dados relacionados às doenças de veiculação hídrica dos municípios em estudo é precário, o que dificulta a criação de propostas e medidas que ajudem a controlar a disseminação dessas doenças.

O monitoramento constante das águas deve ser à base de uma boa gestão voltada ao saneamento básico e à saúde da população, e deve servir para fomentar políticas que visem ao oferecimento de água em qualidade adequada. É necessário que se leve em consideração também a resolução dos diferentes aspectos relacionados à contaminação das águas por meio de medidas estruturais e educacionais que tenham em conta a importância da qualidade ambiental para assegurar a saúde das pessoas.

## *Referências*

AGEVAP. ASSOCIAÇÃO PRÓ-GESTÃO DAS ÁGUAS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAÍBA DO SUL. **Relatório de Situação da Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana**. Rio de Janeiro. 2017. p.72.

ALEIXO, B., *et al.* Human Right in Perspective: Inequalities in Access to Water in a Rural Community of the Brazilian Northeast. **Revista Ambiente & Sociedade**. São Paulo. p.63-84. 2016.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas**. Brasília: Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. 2017b.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: Relatório Pleno**. Brasília: ANA, 2017a.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017: Relatório Pleno**. Brasília: ANA, 2018.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional. 2019.

BARISON, M. R. **Águas Subterrâneas: Ciências Ambientais para Engenharia**. São Paulo: Elsevier Brasil, 2015.p. 123–155.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. Brasília. 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde Brasília. **Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para minimização de riscos à saúde**. Brasília, 2006. p. 252.

BRASIL. Ministério da Saúde. 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, 2017.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 396, de 03 de Abril de 2008. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília, 2008.

COPPETEC.SEA.INEA. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro: Relatório Síntese**. Rio de Janeiro, 2014. p.125.

DANVI, A. *et al.* Comparing water quantity and quality in three inland valley watersheds with different levels of agricultural development in central Benin. **Agricultural Water Management**, Elsevier. p. 257-270, 2017.

DATASUS. Departamento de Informática do SUS. Portal da Saúde. Disponível em: <http://datasus.saude.gov.br/datasus>. Acesso em: 2019.

FERREIRA, A. C. S.; PÁDUA, V. L. Abastecimento de água para consumo humano. 2. ed. rev. e atual. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. v.1. cap.4, p.151-217.

FREEZE, A. R.; CHERRY, J. A. Águas Subterrâneas. Traduzido de Groundwater. Tradução de Everton Oliveira. São Paulo: Edição Instituto Água Sustentável. 2017.

FUNASA. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (Brasil). Impactos na Saúde e no Sistema Único de Saúde Decorrentes de Agravos Relacionados a um Saneamento Ambiental Inadequado. Brasília: Ministério da Saúde, 2010.

FUNASA. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (Brasil). Saneamento Rural. 2018. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/web/guest/acoes-de-saneamento-rural-funasa>. Acesso em: Julho.2019.

HELLER, L.; PÁDUA, V. Abastecimento de água para consumo humano. 2. ed. rev. e atual. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. v.1, p.418.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Cidades: Cardoso Moreira, RJ: Panorama. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/cardoso-moreira/panorama>. Acesso em 2019.

JORDÃO, E. P.; PESSÔA, C. A. Tratamento de Esgotos Domésticos. 7. ed. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, ABES, 2014.

LANDAU, E. C.; MOURA, L. Variação geográfica do saneamento básico no Brasil em 2010: domicílios urbanos e rurais. Brasília: Embrapa, 2016. p.975.

MACIEL, K. L. S.; SARMENTO, V. de B. A. Outorga e cobrança pelo uso da água subterrânea: normas vigentes e estudo de caso em Recife, PE. Revista Águas Subterrâneas, 2008.

NASCIMENTO, V. S. F. Doenças de Veiculação Hídrica em Trechos da Bacia do Rio PiranhasAssu: ocorrência de bactérias oportunistas, caracterização epidemiológica e concepções de professores e agentes de saúde. 2011. Dissertação (Mestrado) - UFRGN, 2011.

NASCIMENTO, V. F. S.; ARAÚJO, M. F. F. Ocorrência de bactérias patogênicas oportunistas em um reservatório do semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil. Revista de Ciências Ambientais, v. 7, n. 1, p. 91-104, 2013.

OLIVEIRA JÚNIOR, A. *et al.* Sistema de Informação de Vigilância da Qualidade da Água para Consumo Humano (Sisagua): características, evolução e aplicabilidade. Epidemiologia e Serviços de Saúde, 2019.

OLIVEIRA, K. C. Contaminação da água consumida pelas comunidades rurais de São João da Barra, RJ, Brasil. 2011. Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, 2011.

PEZARINO, R. S. **Avaliação da qualidade da água utilizada nos distritos de Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil.** 2010. Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, 2010.

PINTO, L. L. C. A. **O desempenho de pavimentos permeáveis como medida mitigadora da impermeabilização do solo urbano.** 2011. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, 2011.

REALI, M. A. P.; PAZ, L. P. S.; DANIEL, L. A. **Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão.** Coordenadores: Maria do Carmo Calijuri, Davi Gasparini Fernandes Cunha. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. cap. 17, p.405-451.

RIBEIRO, P. G. *et al.* Sistema de abastecimento e qualidade da água de consumo do alojamento Iarem em Lavras, MG. **Revista Sustentare.** v.2, n.1, p. 1-19, 2018.

RIZZATTI, I. M. *et al.* Avaliação de parâmetros físicos, químicos e microbiológicos de água de alguns poços do bairro Jardim das Copalbas, Boa Vista, RO. **Revista Eletrônica Ambiente, Gestão e Desenvolvimento.** v. 11, n. 1, p. 17-32, dez. 2018.

SALDANHA, R. D. F.; BASTOS, R. R.; BARCELLOS, C. Microdatasus: pacote para download e pré-processamento de microdados do Departamento de Informática do SUS (DATASUS). **Cadernos de Saúde Pública,** v. 35. p. 1-9, 2019.

SILVA FILHO da, E. D., *et al.* Estudo da qualidade físico-química e microbiológica da água de poço tubular situado no sitio alegre no município de Lagoa Seca/PB. **Revista Águas Subterrâneas,** v.33. n.1, 2019.

SILVA, E.B.; ALVES, C.S.; PORTILHO, J.C.S. Diagnóstico Participativo de Saneamento Básico na Comunidade Rural do Baixo Rio Araguari no Município de Ferreira Gomes, Amapá, Brasil. **Revista Biota Amazônia,** v. 6, n. 2, p.17-23, 2016.

SILVA, F. M. *et al.* Qualidade microbiológica da água consumida por crianças de pré-escolas do município de Rio Largo/Alagoas. **Revista de Saúde e Biologia.** v. 10. n. 3. p. 43-48, 2015.

SILVA, R. A. **Mapeamento da qualidade da água de poços rasos em São Francisco de Itabapoana, RJ.** 2013. Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, 2013.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (Brasil). **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos 2016.** Brasília: Ministério das Cidades, 2018. p. 220. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/2019/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2016>. Acesso em: 2019.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (Brasil). **Diagnóstico dos serviços de água e esgotos 2017.** Brasília: Ministério das Cidades, 2019a. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017>. Acesso em: 2019.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (Brasil). **Série Histórica**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2019b. Disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/#>. Acesso em: 2019.

TONETTI, A. L. *et al.* **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas**: referencial para a escolha de soluções. Universidade Estadual de Campinas, Departamento de Saneamento e Ambiente. Campinas, SP, 2018.

TRATA BRASIL. Instituto Trata Brasil. Saneamento é Saúde. **Saneamento Ambiental**: Definição e Importância. 2019. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/saneamento/o-que-e-saneamento>. Acesso em: Julho/2019.

TUCCI, C. E. M. Aspectos institucionais do controle das inundações urbanas: Avaliação e controle da Drenagem Urbana. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO CENTRO-OESTE, 1., 1999, Brasília. **Anais [...]**. v. 2. p. 405-419.

TUCCI, C. E. M. *et al.* **Hidrologia**: ciência e aplicação. Porto Alegre: Editora UFRGS, ABRH, 2007.

UN-WATER. UNITED NATIONS WATER. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos**: Soluções Baseadas na Natureza para a Gestão da Água. Tradução Agência Nacional de Águas, ANA. Perugia, Itália: Colombella. 2018.

VILLAR, P. C.; RIBEIRO, W. C. Sociedade e gestão do risco: o aquífero Guarani em Ribeirão Preto-SP, Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**. n. 43, p. 51-64, 2009.

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto. 4ed. Belo Horizonte. Editora UFMG, 2014.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Guidelines on sanitation and health**. Geneva: World Health Organization, 2018.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Inheriting a sustainable world?** Atlas on children's health and the environment. Geneva: World Health Organization, 2017.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. UNICEF. **Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene**. Geneva: World Health Organization and United Nations Children's Fund., 2017.



## ARTIGO CIENTÍFICO 2

### MAPEAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA COMO ESTRATÉGIA DE AVALIAÇÃO SANITÁRIA EM COMUNIDADES RURAIS: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE CARDOSO MOREIRA/RJ

*MAPPING GROUNDWATER QUALITY AS A HEALTH ASSESSMENT STRATEGY IN RURAL  
COMMUNITIES: CASE STUDY OF THE MUNICIPALITY OF CARDOSO MOREIRA/RJ*

Kamila Rocha Bernardino – Instituto Federal Fluminense/PPEA

David de Andrade Costa – Instituto Federal Fluminense

Vicente de Paulo Santos de Oliveira – Instituto Federal Fluminense/PPEA

#### Resumo

A ausência de acesso aos serviços de saneamento básico, em especial no que tange ao abastecimento de água, levam as comunidades rurais a uma condição de vulnerabilidade sanitária que pode impactar negativamente nas condições de saúde e na qualidade de vida dessa população. Dessa forma, é imprescindível a realização do monitoramento da qualidade da água por meio de análises físico-químicas e microbiológicas para garantia do consumo da água dentro dos padrões de potabilidade. O presente trabalho tem como objetivo caracterizar e mapear, frente aos parâmetros analisados, a qualidade da água subterrânea consumida pelas comunidades rurais do município de Cardoso Moreira/RJ, tendo em vista a significativa importância desta como fonte de abastecimento local. As coletas das amostras foram realizadas ao longo de duas campanhas de coleta, em treze localidades rurais, sendo três pontos de coleta em cada uma delas. Os resultados, em sua maioria, foram relacionados com o preconizado pela Portaria de Consolidação nº 5/2017, Anexo XX, do Ministério da Saúde e Resolução CONAMA nº 396/2008. Os parâmetros físico-químicos analisados, com exceção da turbidez e ferro, estão em conformidade com o estabelecido por essas legislações em praticamente todos os pontos da totalidade de localidades rurais estudadas. Em relação aos parâmetros microbiológicos (*Escherichia coli* e Coliformes totais), todas as localidades rurais encontram-se em desconformidade com o estabelecido pela legislação vigente em pelo menos um ponto de coleta, exceto em duas localidades no que diz respeito à presença de *Escherichia coli*, indicando que a água está imprópria para consumo humano sendo necessária a realização de tratamentos adequados antes do consumo.

Palavras-chave: Saneamento básico. Abastecimento de água. Saúde pública.

### ***Abstract***

*The lack of access to basic sanitation services, especially regarding water supply, leads rural communities to a condition of sanitary vulnerability that can negatively impact the health conditions and quality of life of this population. Therefore, it is essential to monitor water quality through physical-chemical and microbiological analysis to ensure water consumption within potability standards. The objective of this work is to characterize and map, in view of the parameters analyzed, the quality of the underground water consumed by the rural communities of the municipality of Cardoso Moreira/RJ, considering its significant importance as a source of local supply. The samples were collected during two collection campaigns, in thirteen rural locations, being three collection points in each one of them. The results, in its majority, were related to the one recommended by the Portaria de Consolidação nº 5/2017, Anexo XX, of the Ministry of Health and Resolution CONAMA nº396/2008. The analyzed physical-chemical parameters, with the exception of turbidity and iron, are in conformity with the established by these legislations in practically all the points of the totality of studied rural localities. In relation to the microbiological parameters (*Escherichia coli* and total coliforms), all the rural localities are in non-conformity with that established by the legislation in force in at least one collection point, except in two localities in relation to the presence of *Escherichia coli*, indicating that the water is unfit for human consumption and it is necessary to carry out adequate treatments before consumption.*

*Keywords: Basic sanitation. Water supply. Public health.*

## **1. INTRODUÇÃO**

A Lei nº 14.026/2020 atualiza o Marco Legal de Saneamento Básico, e define saneamento básico como o conjunto dos serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, drenagem urbana, manejos de resíduos sólidos e de águas pluviais. Essa legislação visa viabilizar a universalização dos serviços de saneamento básico até o ano de 2033, o que pode contribuir significativamente na qualidade da água destinada a população brasileira (BRASIL, 2020).

O fornecimento de água potável e o acesso ao esgotamento sanitário para todos consistem em sistemas indispensáveis para o desenvolvimento humano, porém essas ações ainda são precárias, principalmente em áreas rurais. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2019), uma parcela pouco expressiva da população rural brasileira, no ano de 2017, tinha acesso à água potável, utilizando fontes alternativas de abastecimento, um fato preocupante visto que esse acesso está associado diretamente à qualidade de vida e a garantia de saúde pública à população.

A Lei nº 14.026/2020 traz como uma de suas diretrizes a garantia de meios adequados para o atendimento da população rural, por meio da utilização de soluções compatíveis com as suas características econômicas e sociais peculiares. Em seu artigo 49, inciso IV, expõe o objetivo de proporcionar condições adequadas de salubridade ambiental às populações rurais e às pequenas

comunidades. A união será responsável pela elaboração do Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) que contemplará um programa específico para ações de saneamento básico em áreas rurais (BRASIL, 2020).

A Portaria de Consolidação nº 5/2017, Anexo XX, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017) considera a água potável, própria para consumo humano, a que atenda aos parâmetros físicos, químicos, radioativos e microbiológicos e que não apresente riscos à saúde. A água destinada ao consumo humano sem observar esses parâmetros pode ocasionar sérios problemas de saúde para a população.

Os sistemas de monitoramento da qualidade da água são destinados à obtenção de informações das características físicas, químicas e biológicas da água. O monitoramento por meio de análises físico-químicas e microbiológicas consiste em um instrumento indispensável que pode ser utilizado como uma estratégia de avaliação sanitária, principalmente em áreas rurais, que possuem alta vulnerabilidade socioambiental. Essa prática possibilita a identificação de fatores influentes na alteração da qualidade da água, e a aplicação de possíveis medidas preventivas e corretivas (WHO; UNICEF, 2017; WHO, 2018).

A Portaria de Consolidação nº 5/2017, Anexo XX, do Ministério da Saúde estabelece as normas e responsabilidades que relacionam o controle e vigilância da água para o consumo humano e seu padrão de potabilidade. Essa legislação disponibiliza os valores máximos permitidos de parâmetros físico-químicos e microbiológicos de forma a garantir que a água consumida pela população não a exponha a doenças de veiculação hídrica (BRASIL, 2017).

A Resolução CONAMA nº 396/2008 dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas, muito utilizada como fonte alternativa de abastecimento em áreas rurais, além de estabelecer valores máximos permitidos dos parâmetros com maior probabilidade de ocorrência nessas águas, levando em consideração seus usos preponderantes (BRASIL, 2008).

Os estudos relacionados às questões ambientais demandam cada vez mais tecnologias que contribuem com a gestão, o manejo e o monitoramento do meio ambiente. O geoprocessamento pode ser compreendido como o conjunto de técnicas e métodos teóricos e computacionais associados com a coleta, entrada, armazenamento, tratamento e processamento de dados, com o intuito de fornecer informações espaciais ou georreferenciadas (ZAIDAN, 2017).

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) podem ser definidos como um conjunto de hardware, software e dados geográficos planejados com a finalidade de obter, armazenar, atualizar, alterar, examinar e visualizar todas as possibilidades de informações geograficamente referenciadas. Esses sistemas podem ser utilizados como apoio no desenvolvimento de estudos ambientais, por

exemplo, na elaboração de mapas temáticos, que visam caracterizar e entender a organização do espaço, de forma a subsidiar projetos futuros (DANGERMOND, 1992; MEDEIROS; CÂMARA, 2001).

Dessa forma, o presente artigo tem como objetivo caracterizar e mapear, frente aos parâmetros analisados, a qualidade da água subterrânea consumida pelas comunidades rurais do município de Cardoso Moreira/RJ, tendo em vista a significativa importância desta como fonte de abastecimento local.

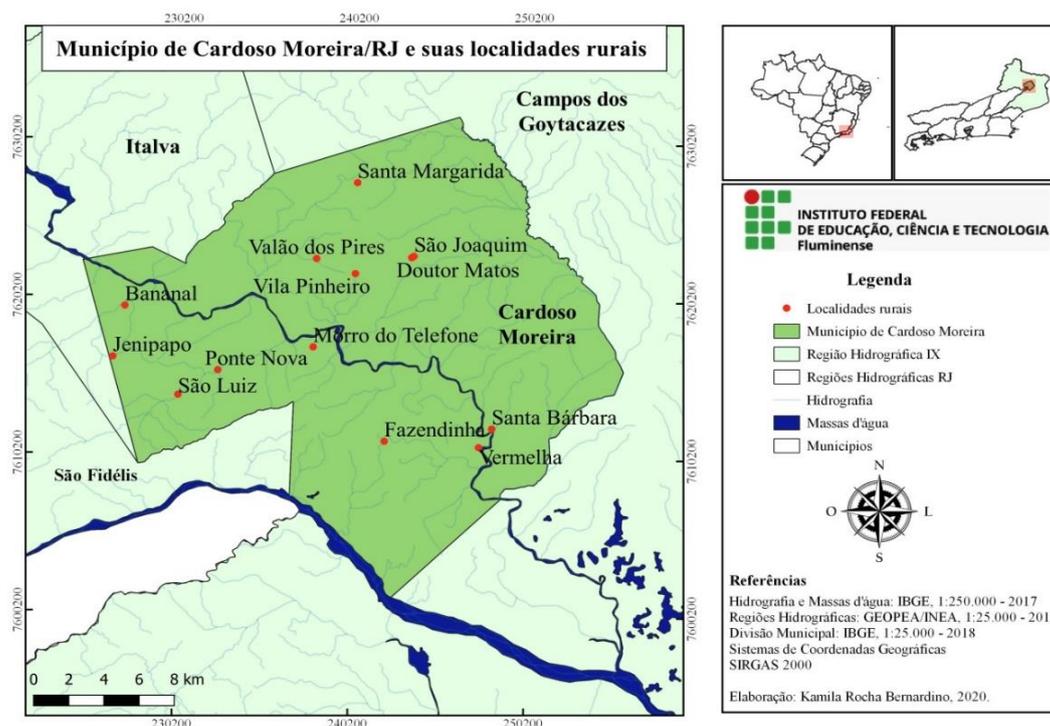
## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

O município de Cardoso Moreira está situado no estado do Rio de Janeiro e pertence à Região Norte Fluminense (Figura 1), que abrange também os municípios de Campos dos Goytacazes, Carapebus, Conceição de Macabu, Macaé, Quissamã, São Fidélis, São Francisco de Itabapoana e São João da Barra (AGEVAP, 2017).

Cardoso Moreira possui uma área total de 524,6 km<sup>2</sup>, correspondentes a 5,4% da área da Região Norte Fluminense, está localizado na Região Hidrográfica IX – Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana, e é abastecido pelo Rio Muriaé (TCE/RJ, 2018).

**Figura 1 – Município de Cardoso Moreira/RJ e suas localidades rurais**



Fonte: Elaboração própria (2020).

No último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2010, Cardoso Moreira tinha uma população de 12.600 habitantes, correspondente a 1,6% do contingente da Região Norte Fluminense. A densidade demográfica era de 24,02 habitantes por km<sup>2</sup>, e a taxa de urbanização correspondia a 69% da população. No ano de 2019, a população do município foi estimada em 12.823 pessoas (TCE/RJ, 2019; IBGE, 2020).

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2019), vinculado ao Ministério das Cidades, disponibilizou dados referentes ao ano de 2017, do município de Cardoso Moreira/RJ, afirmando que 70,54% é abastecido por água potável. Se tratando de esgotamento sanitário, dados do ano de 2016, mostram que aproximadamente 77,12% do município possui esse tipo de serviço (SNIS, 2018).

## **2.2 Monitoramento da qualidade da água**

Foram coletadas 37 amostras de água durante duas campanhas de coleta no município de Cardoso Moreira/RJ nas datas 05/12/2019 e 12/12/2019. Dados pluviométricos disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2020), e obtidos pela Estação Meteorológica, código 02141003, indicam que o mês de realização das coletas teve a segunda maior precipitação do ano (163,6 mm), sendo as semanas das datas de coleta parcialmente chuvosas.

O monitoramento foi realizado em treze localidades rurais (Figura 1), com três pontos de coleta em cada uma delas, exceto na localidade de Vermelha, onde foi possível apenas a coleta de uma amostra devido à dificuldade de acesso. A malha amostral foi planejada objetivando uma abrangência homogênea do município.

As amostragens destinadas às análises físico-químicas e microbiológicas foram realizadas de acordo com as orientações do Manual Prático de Análise de Água disponibilizado pela Fundação Nacional de Saúde (BRASIL, 2013).

Em todas as localidades e seus respectivos pontos de coleta foram aplicados formulários objetivando uma caracterização socioeconômica da área de estudo, com a finalidade de compreender a dinâmica populacional apresentada no município.

## **2.3 Análise das amostras**

As análises das amostras coletadas foram realizadas em duplicata e triplicata, com exceção das análises microbiológicas, no Laboratório de Análise e Monitoramento das Águas (LabFoz) do Polo de Inovação Campos dos Goytacazes do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense (PICG/IFF) localizado no município de Campos dos Goytacazes/RJ.

Os métodos de análises utilizados seguiram as normas técnicas estabelecidas pelo *Standard Methods for the examination of water and wastewater 23rd Edition (2017)*. Os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados foram: potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica, alcalinidade, dureza total, salinidade, turbidez, coliformes totais, *Escherichia coli* e ferro.

O pH foi determinado com o auxílio do pHmetro de bancada da Thermo, Orion Star A 214, enquanto para a obtenção da condutividade elétrica foi utilizado um condutivímetro de bancada da Tecnal, Tec - 4 MP.

A alcalinidade foi obtida por meio de titulação com ácido sulfúrico  $0,0100 \text{ mol L}^{-1}$ , e os indicadores utilizados foram Fenolftaleína e Verde de Bromocresol, já o parâmetro dureza total foi determinado por meio de titulação com EDTA  $0,0100 \text{ mol L}^{-1}$ , sendo o indicador Negro de Eriocromo T e o preparo da amostra feito com adição de solução tampão pH 10.

A salinidade, em gramas (de sal) por litro (de solução), ou seja, por mil (‰), foi obtida por meio de equação de conversão a partir da condutividade elétrica. Para tal, converteu-se a unidade de medição da condutividade elétrica de microsiemens por centímetro ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ ) para milisiemens por centímetro ( $\text{mS cm}^{-1}$ ), em seguida elevou-se a potência de 1,0878 e multiplicou-se por 0,4665. Já o parâmetro turbidez foi obtido por turbidimetria a partir da utilização de turbidímetro de bancada Digimed, DM - TU - EBC.

As análises dos parâmetros microbiológicos coliformes totais e *Escherichia coli* foram realizadas pelo Método Colilert<sup>®</sup> com tempo de incubação de 24h a  $35,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , sendo sua determinação em número mais provável por 100 mL (NMP/100 mL).

A determinação do parâmetro ferro foi através da técnica de espectrofotometria, com a utilização do espectrofotômetro UV/Vis (UV 380-G) Gehaka, e para o preparo da amostra foi utilizado Ácido nítrico e Tiocianato de potássio. A curva analítica foi obtida com a utilização de solução padrão estoque de ferro  $1000 \text{ mg L}^{-1}$ , contendo 5 pontos com as seguintes concentrações: 0,25; 1,00; 2,50; 5,00 e  $10,00 \text{ mg L}^{-1}$ , sendo a equação da reta  $y = 0,1049x - 0,0024$ , e o coeficiente de correlação  $R^2 = 0,9995$ .

## 2.4. Mapas Temáticos

Os resultados das análises foram representados em mapas temáticos, elaborados com o auxílio do *software QGIS 3.6.0*, utilizando a técnica de interpolação por média ponderada pelo inverso da distância aos pontos, ou seja, o modelo *Inverse Distance Weighted (IDW)*, objetivando a interpolação dos pontos de monitoramento. O procedimento foi realizado para cada parâmetro escolhido, obtendo como resultado final nove mapas interpolados.

Segundo Gomes, *et al.* (2017) o modelo *IDW* estima os valores pelo método inverso da distância, ou seja, o valor previsto consiste em uma média dos valores da vizinhança, sendo o resultado da interpolação obtido no formato matricial. De acordo com Giacomini *et al.* (2014), no modelo *IDW* o interpolador local considera que pontos mais próximos possuem valores similares e maior influência sobre o valor a ser interpolado.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Caracterização socioeconômica da área de estudo

A análise socioeconômica foi realizada por meio de formulários, aplicados em todas as localidades e seus respectivos pontos de coleta, totalizando 37 questionários. Foi possível observar que as residências, em sua maioria eram compostas de dois ou três moradores, totalizando respectivamente 40,5% e 21,6 % das moradias analisadas, 2,7% dos entrevistados dividem a casa com mais seis pessoas. O grau de escolaridade predominante da região é de Ensino Fundamental Incompleto (40,5%), com um índice de analfabetismo de 18,9% dos entrevistados. Apenas 5,4% dos entrevistados apresentaram grau de escolaridade de Pós-graduação.

Na presente análise, a renda predominante da região é de R\$ 600,01 até R\$ 1000,00 com 59,5% dos entrevistados. A atividade agrícola é praticada por 64,9% deles, sendo que desse montante, 41,7% utilizam a renda adquirida para sua subsistência. Dentre as atividades agropecuárias desenvolvidas, estão a criação de gado (35,1%), a criação de frango (13,5%) e porcos (2,7%), assim como a plantação de cana de açúcar, milho, mandioca e banana, totalizando 32,4%. Dos entrevistados que possuem plantações, 92% não utilizam nenhum tipo de fertilizante, dos 8% que utilizam, a maior parcela faz uso dos fertilizantes biológicos.

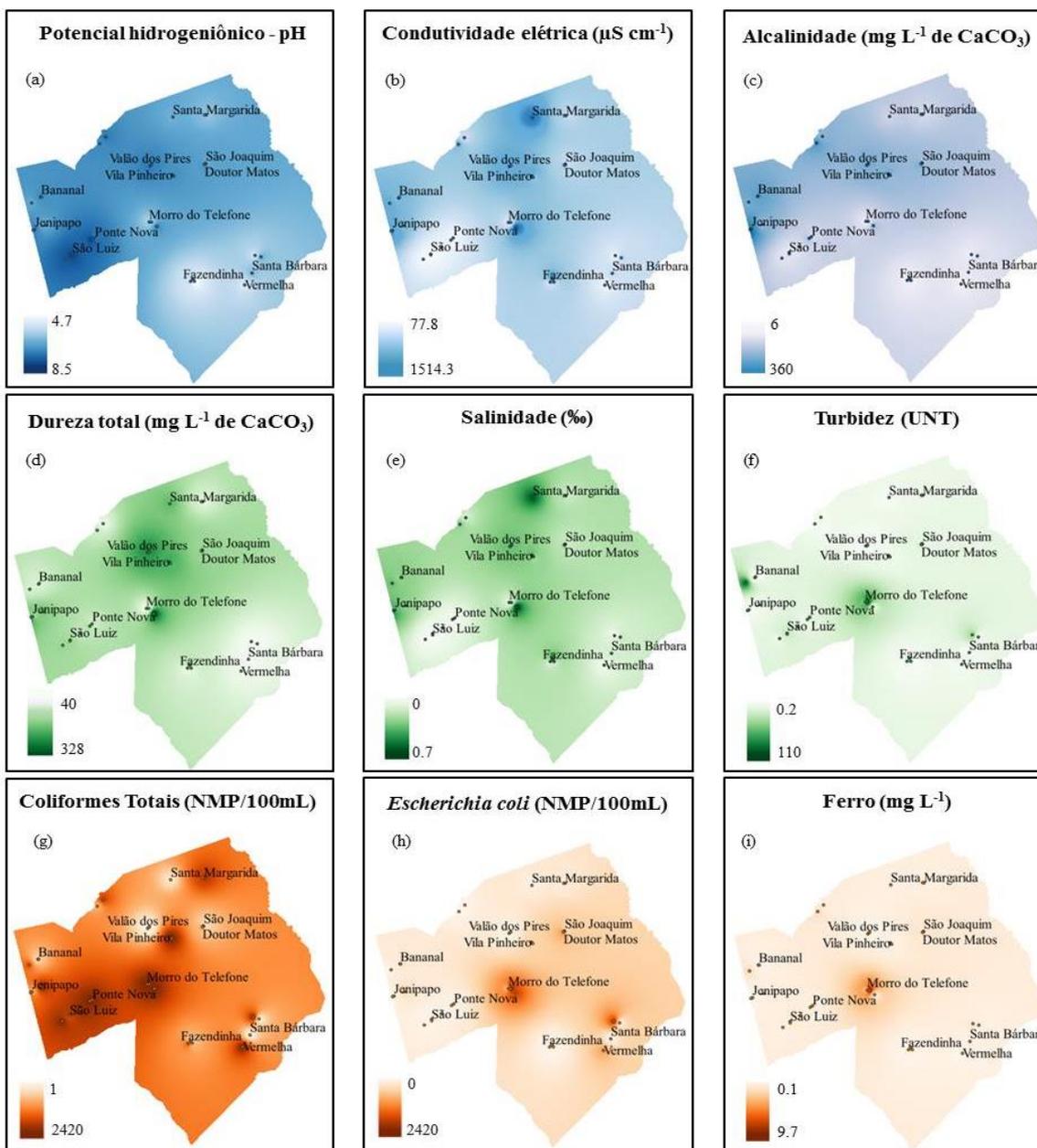
A água utilizada pela maioria das pessoas provém de poços (83,8%), e nascentes (16,2%). Antes de utilizar a água, 27% faz um tratamento com filtro de barro e 5,4% utilizam cloro para desinfecção. A maioria das pessoas não realiza nenhum tratamento na água antes do uso (67,6%). De todos os entrevistados, 21,6% alegaram ter tido doenças que podem ser relacionadas à ingestão de água de má qualidade, como por exemplo, diarreias (5,4%) e vômitos (8,1%), essas foram tratadas em hospitais de outros municípios, postos de saúde local e em sua própria residência.

No que se refere a efluentes domésticos, 51,3% dos entrevistados usam a fossa comum, 45,9% são despejados direto em córregos próximos às residências e apenas 2,7% utilizam rede coletora de esgoto. Os resíduos sólidos são coletados por empresa especializada em 56,7% das residências. Em 48,6% das residências, nas localidades de Santa Bárbara, Fazendinha, Santa Margarida, Jenipapo e Morro do Telefone, os resíduos sólidos são queimados.

### 3.2. Análise dos parâmetros de qualidade da água

Os resultados obtidos nas análises físico-químicas e microbiológicas foram apresentados em mapas temáticos (Figura 2), e confrontados com o preconizado pela Portaria de Consolidação nº 5/2017, Anexo XX, do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017) e com a Resolução CONAMA nº 396/2008 (BRASIL, 2008), visto a utilização considerável da água subterrânea para o consumo humano nas localidades estudadas. Vale ressaltar, que os parâmetros não contemplados por essas legislações foram comparados com trabalhos científicos.

**Figura 2 – Mapas temáticos referentes aos resultados das análises físico-químicas e microbiológica**



Fonte: Elaboração própria (2020).

As análises de potencial hidrogeniônico (pH) são realizadas com o intuito de monitorar e dosar os íons hidrogênio  $H^+$  e, dessa forma, indicar acidez, neutralidade ou alcalinidade da água. Os valores abaixo de 7.0 são considerados ácidos, o valor 7.0 indica a neutralidade, e acima de 7.0 sugere uma água alcalina ou básica (BRASIL, 2014).

Para fins de consumo humano, a Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), define como valor mínimo permitido de 6.0 e o valor máximo permitido de 9.5; enquanto a Resolução CONAMA nº 396/2008 (BRASIL, 2008) não especifica um valor máximo permitido para esse parâmetro.

Os valores de pH estavam em conformidade com a legislação de referência em praticamente todos pontos de coleta (Figura 2a), exceto em um ponto específico das localidades Fazendinha ( $P_3$ ), Vermelha ( $P_1$ ) e Santa Bárbara ( $P_2$ ), onde os valores foram 4.7; 5.7 e 5.8; respectivamente, indicando um pH ácido e a necessidade de tratamento da água antes de ser consumida. Segundo Gomes e Cavalcante (2017), a acidez da água pode ocasionar doenças como gastrite, irritações nos olhos, na pele e mucosas, além de prejudicar o desempenho dos processos de desinfecção da água.

Menezes *et al.* (2013), estudaram a qualidade da água subterrânea para consumo humano na zona rural do município de Alegre/ES, e também encontraram a maior parte das amostras dentro do preconizado pela legislação para o pH, entretanto uma parcela da comunidade estava consumindo água não potável em relação a este parâmetro.

A condutividade elétrica refere-se à capacidade de condução de eletricidade, e está diretamente associada à quantidade de sais dissolvidos na água sob a forma de íons (CUSTÓDIO E LLAMAS, 1983). A Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017) e a Resolução CONAMA nº 396/2008 (BRASIL, 2008) não fazem referência ao parâmetro condutividade elétrica, porém esse não deixa de ser considerado importante para verificação da qualidade da água.

Segundo Chapman e Kimstach (1996) a condutividade elétrica em água doce varia entre 10 e  $1000 \mu S cm^{-1}$ , e quando essa for igual ou superior a  $1000 \mu S cm^{-1}$ , indica possível poluição dessa água por efluentes domésticos, ou outros fatores. Os valores de condutividade elétrica, no presente trabalho, variaram entre 77.8 e  $1514.3 \mu S cm^{-1}$ . Nas localidades Jenipapo ( $P_2$ ), Vila Pinheiro ( $P_1$ ), Doutor Matos ( $P_1$ ), Santa Margarida ( $P_1$ ), Morro do Telefone ( $P_3$ ) e Fazendinha ( $P_2$ ), os valores encontrados foram superiores a  $1000 \mu S cm^{-1}$ , podendo indicar uma água salobra em condições naturais ou até mesmo contaminação da água subterrânea nesses locais (Figura 2b).

Coelho *et al.* (2017) encontraram valores baixos de condutividade elétrica em poços localizados na comunidade rural na cidade de São Luiz/MA. Os valores de condutividade elétrica variaram de 51.0 a  $216.7 \mu S cm^{-1}$  no estudo de Chaves *et al.* (2020) para a avaliação da qualidade da água subterrânea na cidade de Parauapebas/PA.

A salinidade está diretamente relacionada à parcela de sais dissolvidos encontrados na água, prevalecendo os chamados íons majoritários, esse parâmetro pode ser obtido por meio dos resultados de condutividade elétrica (APPELO; POSTMA, 2005).

De acordo com Rojas (2020) a água destinada ao consumo humano com valores elevados de salinidade causa impactos negativos, alterando o sabor ou até mesmo afetando a saúde do consumidor. Dessa forma, é indispensável realizar os tratamentos adequados visando reduzir o teor de íons dissolvidos, como por exemplo, cloretos, sódio e sulfato.

A Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017) e a Resolução CONAMA nº 396/2008 (BRASIL, 2008) não estabelecem um valor máximo permitido para esse parâmetro, nem mesmo para a água destinada ao consumo humano. Enquanto a Resolução CONAMA nº 357/2005, responsável por trazer parâmetros para o enquadramento de corpos hídricos, preconiza como água salobra a que possui valores de salinidade entre 0.5 a 30‰. Os cálculos para a obtenção da salinidade, após as análises laboratoriais, mostraram que os valores variaram de 0 a 0.7 ‰ (Figura 2e) em todas as localidades rurais estudadas.

Richards (1954) sugere uma classificação do parâmetro salinidade para água destinada à irrigação, essa se aplica ao presente trabalho visto que uma parcela significativa da população amostral utiliza a água com esse objetivo. O autor preconiza que valores de condutividade elétrica entre 0 e 250  $\mu\text{S cm}^{-1}$  indicam uma água com baixa salinidade, como a maioria dos valores encontrados para o parâmetro em questão ultrapassaram ao recomendado pelo autor, pode-se considerar que a água de praticamente todas as localidades rurais do município estudado não pode ser utilizada para irrigação, pois possuem altos teores de sais.

A alcalinidade expressa à quantidade de íons na água que reagem para neutralizar os íons hidrogênio, possuindo os bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) e hidróxidos ( $\text{OH}^-$ ) como principais representantes. A medição desse parâmetro indica a condição da água para neutralizar os ácidos, expressando a capacidade de tamponamento da água, isto é, a sua possibilidade de resistência a mudanças do pH (BRASIL, 2014).

A Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017) e a Resolução CONAMA nº 396/2008 (BRASIL, 2008) não estabelecem um valor máximo permitido para esse parâmetro.

Segundo a Fundação Nacional da Saúde (FUNASA), a maioria das águas naturais apresenta valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ , afirma ainda que os resultados elevados desse parâmetro podem estar relacionados à decomposição da matéria orgânica e à alta taxa

respiratória de micro-organismos, com liberação e dissolução do gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) na água (BRASIL, 2014).

Os resultados mostram que os valores para alcalinidade se mantiveram na faixa de 6 a 360  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$  nas comunidades rurais estudadas (Figura 2c). Considerando o recomendado pela Fundação Nacional da Saúde, nenhuma das localidades estudadas apresentaram valores acima de 500  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ . De acordo com VON SPERLING (1996), em elevadas concentrações a alcalinidade pode causar gosto amargo na água e é uma determinação importante no controle do tratamento de água por relacionar-se à corrosão em tubulações.

A dureza da água é representada em  $\text{mg L}^{-1}$  de equivalente em carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ). A Fundação Nacional de Saúde (BRASIL, 2014), a classifica em mole ou branda, quando seus valores estão menores que 50  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ , moderada em resultados que se mantêm entre 50  $\text{mg L}^{-1}$  e 150  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ , dura para valores que variam entre 150  $\text{mg L}^{-1}$  e 300  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ , e muito dura nos resultados acima de 300  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ .

Segundo Cordeiro *et al.* (2012) em ambientes naturais, a dureza é uma característica química da água que provêm da dissolução de rochas calcíneas ou de outros minerais que contenham cálcio e magnésio. Von Sperling (2005) afirma que a dureza não possui influência significativa direta na saúde da população, porém em determinadas concentrações podem conferir um sabor desagradável à água, causar efeitos laxativos após ingestão, dificultar atividades domésticas (lavagem de roupas, louças, etc.) e de higiene pessoal.

A Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017), na sua tabela direcionada a padrão organoléptico de potabilidade, estabelece como valor máximo permitido 500  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$  para esse parâmetro, enquanto a Resolução CONAMA nº 396/2008 (BRASIL, 2008) não especifica um valor máximo permitido para o referido parâmetro.

Os resultados encontrados para o parâmetro dureza total (Figura 2d) estão em conformidade com o estabelecido pela legislação referência, variando entre 40 e 328  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ , sendo o menor valor encontrado na localidade de Fazendinha ( $P_1$ ) e o maior em Morro do Telefone ( $P_3$ ).

Mesquita *et al.* (2016) também obtiveram resultados para dureza total dentro do estabelecido por essa legislação ao estudarem a água subterrânea consumida em comunidades amazônicas brasileiras. Silva Filho *et al.* (2019) encontraram uma dureza total de 415  $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ , ao estudarem a qualidade físico-química e microbiológica da água de poço tubular situado no Sítio Alegre no município de Lagoa Seca/PB.

A Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017) destaca que a turbidez se deve à presença de material suspenso. A análise desse parâmetro possui grande importância em razão da dificuldade que pode ocasionar no processo de desinfecção da água, devido

às partículas em suspensão, que podem impedir a inativação dos agentes patogênicos a partir do uso de desinfetantes. Essa portaria estabelece 5.0 unidades de turbidez (UNT) como valor máximo permitido para esse parâmetro, enquanto a Resolução CONAMA nº 396/2008 (BRASIL, 2008) não o referencia.

Os valores de turbidez ficaram acima do valor máximo permitido estabelecido pela legislação em nove das treze localidades estudadas (Figura 2f), sendo elas Bananal (P<sub>3</sub>), Ponte Nova (P<sub>1</sub>; P<sub>3</sub>), São Luiz (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>; P<sub>3</sub>), Vila Pinheiro (P<sub>3</sub>), São Joaquim (P<sub>2</sub>; P<sub>3</sub>), Doutor Matos (P<sub>1</sub>; P<sub>3</sub>), Santa Margarida (P<sub>2</sub>), Morro do Telefone (P<sub>1</sub>; P<sub>2</sub>) e Santa Bárbara (P<sub>2</sub>), esses variaram de 6.4 a 110 UNT. Os outros pontos das localidades citadas, e as demais localidades ficaram dentro dos limites aceitáveis, com valores variando entre 0.2 e 3 UNT.

Zerwes *et al.* (2015), estudaram a qualidade da água de dez poços artesanais no município de Imigrante/RS e constataram que dois desses poços não estavam em conformidade com o preconizado pela legislação vigente para o parâmetro turbidez, esses tiveram valores 11.69 e 9.11 UNT. Os autores destacaram que os mesmos estão localizados próximos a uma criação de gado, susceptível a pisoteio e contaminação por fezes e urina dos animais, o que pode justificar os valores elevados de turbidez. Chaves *et al.* (2020) ao analisarem a qualidade das águas subterrâneas destinada ao abastecimento em bairros na cidade Parauapebas/PA encontraram valores de turbidez variando entre 1.0 e 1.75 UNT, atendendo ao valor referência.

Os coliformes totais são bactérias capazes de fermentar a lactose com a produção de ácido e gás quando são incubadas a uma temperatura de 35°C, elas contêm bacilos gram-negativos, não formadores de esporos, aeróbicos ou anaeróbicos facultativos. Podem ser encontradas no solo, e em matéria vegetal em decomposição, e não estão relacionadas necessariamente com origem fecal (SILVA *et al.*, 2014).

A *Escherichia coli* é uma espécie do grupo coliforme, e é encontrada no intestino de humanos e outros animais de sangue quente, onde exerce importantes funções fisiológicas. Esses micro-organismos naturalmente não são encontrados em outros ambientes, mas existem relatos que afirmam que os mesmos podem se multiplicar em águas superficiais e subterrâneas, especialmente em ambientes tropicais (NOLLET; GELDER, 2013).

Entre as mais diversas bactérias encontradas no ambiente, o grupo dos coliformes tem sido amplamente utilizado como um indicador de qualidade da água e a contagem de *Escherichia coli* é considerada uma das melhores técnicas para avaliar o grau de poluição de origem fecal existente em uma determinada amostra (YÁÑEZ; VALOR; CATALÁN, 2006).

A Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde (BRASIL, 2017) e a Resolução CONAMA nº 396/2008 (BRASIL, 2008) estabelecem que a água própria destinada ao consumo humano deve ter a ausência de coliformes totais e *Escherichia coli* em cada 100 mL de água.

Os valores encontrados para coliformes totais (Figura 2g) em todos os pontos das localidades rurais estudadas não estão em conformidade com o preconizado pelas legislações, sendo que os resultados analíticos obtidos em Jenipapo (P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>), Ponte Nova (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>), São Luiz (P<sub>1</sub> e P<sub>3</sub>), Vila Pinheiro (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>), Doutor Matos (P<sub>1</sub>), Santa Margarida (P<sub>2</sub>), Morro do Telefone (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>), Vermelha (P<sub>1</sub>) e Santa Bárbara (P<sub>3</sub>) se mostraram acima da capacidade de detecção da técnica utilizada (> 2419.6 NMP/100 mL).

A *Escherichia coli* (Figura 2h) esteve presente em pelo menos um ponto de todas as localidades estudadas, Bananal (P<sub>2</sub>), Jenipapo (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>), Ponte Nova (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>), São Luiz (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>), Vila Pinheiro (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>), Doutor Matos (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>), Santa Margarida (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>), Morro do Telefone (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>), Fazendinha (P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>), Vermelha (P<sub>1</sub>) e Santa Bárbara (P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub>); exceto em Valão dos Pires e São Joaquim. Os valores encontrados em Doutor Matos (P<sub>1</sub>) e Morro de Telefone (P<sub>2</sub>) se apresentaram acima da capacidade de detecção da técnica utilizada (> 2419.6 NMP/100 mL).

De acordo com Sako *et al.* (2018), o déficit do saneamento básico, a disposição final ineficaz dos resíduos sólidos domésticos, e o excremento de animais tornam as águas subterrâneas vulneráveis à contaminação por bactérias. Vicente *et al.* (2018) também apontaram alterações nos parâmetros microbiológicos em água subterrâneas associados às atividades agropecuárias e contaminação por sistemas ineficazes de esgotamento sanitário.

Pezarino (2010) realizou a análise da qualidade da água consumida pelos moradores dos distritos do município de Campos dos Goytacazes/RJ, verificando que o índice de contaminação por coliformes totais predominou na totalidade das amostras, não estando de acordo com o limite estabelecido pela legislação.

Rêgo *et al.* (2020) ao caracterizarem a qualidade da água nas comunidades rurais da Chapada do Apodi/RN constataram que os parâmetros de coliformes totais e *Escherichia coli* apresentaram concentrações elevadas em praticamente toda a área rural.

Por fim foi analisado o parâmetro ferro. Sendo o quarto elemento mais abundante da crosta terrestre, é um micronutriente vital para o bom funcionamento do metabolismo das plantas, animais e seres humanos, e desempenha grande influência na ciclagem de outros nutrientes. Entretanto, pode se tornar tóxico quando em altas concentrações ou ainda na forma associada a complexos orgânicos (COSTA LUCAS; BARRELLA, 2015).

A presença desse elemento causa diversos problemas em águas destinadas ao abastecimento, quando encontrado em teores superiores a 0.5 mg L<sup>-1</sup>, podendo ocasionar sabor e odor desagradáveis,

além de provocar manchas em roupas e utensílios sanitários (MORUZZI; REALI, 2012). A Portaria de Consolidação nº 5/2017 estabelece como valor máximo permitido a concentração de 0.3 mg L<sup>-1</sup> para esse parâmetro (BRASIL, 2017), já a Resolução CONAMA nº 396/2008 (BRASIL, 2008) não preconiza um valor para o parâmetro em questão.

Os resultados para o parâmetro ferro (Figura 2i) mostraram valores acima do permitido pela legislação em pelo menos um ponto das localidades Bananal (P<sub>3</sub>), Jenipapo (P<sub>3</sub>), Ponte Nova (P<sub>1</sub> e P<sub>3</sub>), Vila Pinheiro (P<sub>2</sub>), São Joaquim (P<sub>2</sub> e P<sub>3</sub>), Santa Margarida (P<sub>2</sub>), Morro do Telefone (P<sub>1</sub> e P<sub>2</sub>), Santa Bárbara (P<sub>2</sub>), sendo que São Luiz e Doutor Matos apresentaram valores acima do aceitável em todos os pontos de coleta.

Mesquita *et al.* (2016) ao analisarem a água subterrânea consumida em comunidades amazônicas brasileiras, obtiveram valores acima do preconizado pela legislação em 10 das 48 amostras analisadas. Os autores relacionam esses valores com as características do solo da região, além de possíveis contaminações pela lixiviação do solo. Resultados diferentes foram encontrados por Grumicker *et al.* (2018) ao estudarem a qualidade da água de poços artesianos em um assentamento do município de Mundo Novo/MS, pois puderam constatar que não havia a presença de ferro, considerando o limite de detecção da técnica utilizada, em nenhuma das amostras coletadas.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo realizado, a partir de análises físico-químicas e microbiológicas das amostras de água, apontou que dos parâmetros estudados, a maioria deles (turbidez, ferro, coliformes totais e *Escherichia coli*) estavam em desconformidade com o estabelecido pelas legislações empregadas como referência; visto que os parâmetros alcalinidade, condutividade elétrica e salinidade não se encontram nas legislações utilizadas, e o parâmetro dureza se mostrou dentro do preconizado na totalidade dos pontos estudados. Vale ressaltar, quanto aos parâmetros microbiológicos, à ocorrência de valores de coliformes totais e *Escherichia coli* acima dos estipulados tanto pela Portaria de Consolidação nº 5/2017 do Ministério da Saúde quanto pela Resolução CONAMA nº 396/2008 na maioria dos pontos.

Diante do exposto, é possível constatar a situação de vulnerabilidade sanitária das localidades estudadas, explicitada pela caracterização socioeconômica. A utilização, na maioria das vezes sem tratamento, da água proveniente de poços e nascentes, em um ambiente em que os efluentes domésticos são depositados em fossas comuns ou despejados diretamente em córregos próximos às residências pode ser responsável pelos elevados valores de coliformes totais e *Escherichia coli*.

As águas subterrâneas são uma fonte de abastecimento importante para as áreas em que não há rede de distribuição de água regular, porém é de extrema necessidade que esse recurso seja ofertado a população de maneira responsável, visando sempre a melhor gestão e monitoramento de sua qualidade, para que se evite o consumo de água que não atenda aos padrões de potabilidade recomendados pela legislação. Para tal, é indispensável à oferta de saneamento básico adequado, que contemplem rede de coleta e tratamento dos efluentes domésticos ou medidas alternativas, como fossas sépticas biodigestoras, coleta e destinação final de resíduos sólidos, monitoramento da qualidade da água e educação ambiental.

As informações sobre a qualidade da água geradas neste trabalho representam uma iniciativa para auxiliar a gestão dos recursos hídricos no município de Cardoso Moreira/RJ, visando nortear o poder público quanto à resolução de problemas relativos à melhoria contínua da oferta de água potável para as comunidades rurais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGEVAP. Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul. Relatório de Situação da Região Hidrográfica do Baixo Paraíba do Sul e Itabapoana. p.72. Rio de Janeiro. 2017.

ANA. Agência Nacional das Águas. Séries Históricas de Estações Pluviométricas. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>>. Acesso em Outubro/2020.

APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. *23st Edition*. New York: APHA, WWA, WPCR, 2017.

APPELO, C. A. J; POSTMA, D. Geochemistry, groundwater and pollution. A.A. Balkema Publishers, Leiden, The Netherlands. 2005.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de Julho de 2020**. Atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico e dá outras providências. Brasília. 2020.

BRASIL. **Manual de Controle da Qualidade da Água para Técnicos que trabalham em Estação de Tratamento de Água (ETA)**. 1ª edição. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Ministério da Saúde. Brasília. 2014.

BRASIL. **Manual Prático de Análise de Água**. 4ª edição. Fundação Nacional de Saúde (FUNASA). Ministério da Saúde. Brasília. 2013.

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. Ministério da Saúde. Brasília. 2017.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 357, 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. Brasília. 2005.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 396, de 03 de Abril de 2008**. Dispõe sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e dá outras providências. Brasília. 2008.

CHAPMAN, D.; KIMSTACH, V. Selection of water quality variables. In: CHAPMAN, D. (Ed.). *Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring*. Cambridge: University Press. p. 59-126. 1996.

CHAVES, H.S., *et al.* Aplicação estatística multivariada para a avaliação físico-química na qualidade da água subterrânea na cidade de Parauapebas (Sudeste do Estado do Pará). *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*. 2020.

COELHO, S.C., DUARTE, A.N., Amara, L.S., dos Santos, P.M., Salles, M.J., dos Santos, J.A.A. and Sotero-Martins, A. Monitoramento da água de poços como estratégia de avaliação sanitária em Comunidade Rural na Cidade de São Luís, MA, Brasil. **Revista Ambiente & Água**. 2017.

CORDEIRO, M. M.; GADELHA, C. L. M.; BONFIM, E. O.; SILVA, T.C. Variações da Dureza da Água Captada de Poços do Aquífero Beberibe na Cidade de João Pessoa – PB. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v.17, p. 239-247. 2012.

COSTA LUCAS, Alexandre Almeida da; BARRELLA, Walter. Ecologia de Ecossistemas Aquáticos e a Importância do Elemento Ferro (Fe) - Aspectos Teóricos e Roteiro de Atividade Prática de Laboratório para medir a concentração de Ferro (Fe) em solução aquosa. **Unisanta BioScience**. v. 4, n. 5, p. 7-17, 2015.

CUSTÓDIO, E.G.; LLAMAS, M.R. *Hidrologia Subterrânea*. Barcelona: Ediciones Omega S.A., 1983.

DANGERMOND, J. What is a Geographic information System (GIS)? In: JOHNSON, A.I.; PETERSSON, C. B.; FULTON, J. L. **Geographic Information Systems (GIS) and Mapping – Practices and Standards**. Philadelphia: ASTM STP 1126, Eds. American Society for Testing and Materials. p.11-17. 1992.

GIACOMIN, G., CARVALHO, M. B., SANTOS, A. P., MEDEIROS, N. G. M., FERRAZ, A. S., Análise comparativa entre métodos interpoladores de modelos de superfícies. **Revista Brasileira de Cartografia**. pp. 1315-1329. 2014

GOMES, M.D.C.R.; CAVALCANTE, I.N. Aplicação da análise estatística multivariada no estudo da qualidade da água subterrânea. **Revista Águas Subterrâneas**. pp.134-149. 2017.

GOMES, Marcelo Rolo. *Altimetria Barométrica Suportada por Fusão de Observações Meteorológicas com Previsões Numéricas*. Faculdade de Ciências Universidade do Porto. Dissertação de Mestrado. Porto/Portugal. 2017.

GRUMICKER, M. G.; SILVA, V. F. B.; Baylli, D.; Silva, A. F.G.; Ruaro, R.; Moraes, A. R. Qualidade da água de poços artesianos em um assentamento do município de Mundo Novo, Mato Grosso do Sul. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**. Florianópolis. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/cardoso-moreira/panorama>>. Acesso em: Junho/2020.

MADEIROS, J. S.; Câmara, G. Geoprocessamento para projetos ambientais. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Ministério da Ciência e Tecnologia. São José dos Campos. 2001.

MENEZES, J.P.C., Bertossi, A.P.A., dos Santos, A.R. and Neves, M.A. Qualidade da água subterrânea para consumo humano e uso agrícola no sul do estado do Espírito Santo. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. p.3318-3326. 2013.

MESQUITA, K.F.C., SANTOS, M.D.L.S., Pereira, J.A.R. and da Silva, M.A.M. Avaliação da Concentração de Metais na Água Subterrânea consumida em comunidades amazônicas brasileiras. **Revista Ciência & Engenharia**. p.91-96. 2016.

MORUZZI, Rodrigo Braga; REALI, Marco Antonio Penalva. Oxidação e remoção de ferro e manganês em águas para fins de abastecimento público ou industrial: uma abordagem geral. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, p. 29-43. 2012.

NOLLET, Leo. M. L; GELDER, Leen. S.P. de. *Handbook of Water Analysis*. 3. ed. Taylor & Francis Group, 2013.

PEZARINO, R. da S. Avaliação da qualidade da água utilizada nos distritos de Campos dos Goytacazes/RJ. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense. **Dissertação de Mestrado**. 2010.

RÊGO, A.T.A., Bezerra, J.M., Pinto Filho, J.L.D.O. Modelagem espacial da qualidade da água nas comunidades rurais da Chapada do Apodi–RN. **Revista Brasileira de Geografia Física**. p.1819-1834. 2020.

RICHARDS, L. A. (Ed.). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Washington: U.S. Government Printing Office, 1954.

ROJAS, L.A.V. Qualidade química e radiológica de fontes de água para consumo humano do Seridó Oriental no Rio Grande do Norte. **Dissertação de Mestrado**. Recife. 2020.

SAKO, A., J. M. Yaro, O. Bamba. Impacts of hydrogeochemical processes and anthropogenic activities on groundwater quality in the Upper Precambrian sedimentary aquifer of northwestern Burkina Faso. **Applied Water Science**. 2018.

SILVA FILHO da, E. D., *et al.* Estudo da qualidade físico-química e microbiológica da água de poço tubular situado no sitio alegre no município de Lagoa Seca/PB. **Revista Águas Subterrâneas**, v.33. n.1. 2019.

SILVA, P. A. J.G., LIMA, S., Golin, R., FIGUEIREDO, D., LIMA, Z., MORAIS, E., DORES, E. Qualidade da água de uma microbacia com fins de abastecimento público, Chapada dos Guimarães/MT. **HOLOS**. 2014.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos/2016. Ministério das Cidades. p. 220. Brasília. 2018. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/> /2019 diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2016>. Acesso em: Julho/2020.

SNIS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. Diagnóstico dos serviços de água e esgotos/2017. Ministério das Cidades. p. 226. Brasília. 2019. Disponível em: <<http://www.snis.gov.br/diagnostico-agua-e-esgotos/diagnostico-ae-2017>>. Acesso em: Julho/2020.

TCE/RJ. Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro. Estudos Socioeconômicos do Município de Cardoso Moreira. Rio de Janeiro. p. 136. 2018.

TCE/RJ. Tribunal de Contas do Estado do Rio de Janeiro. Estudos Socioeconômicos do Município de Cardoso Moreira. Rio de Janeiro. p. 129. 2019.

VICENTE, G.Z., LIMA, C.G.R., MARQUES, S.M. Variabilidade espacial e temporal do Nitrato e Cloreto no Sistema Aquífero Bauru, estado de São Paulo. **Revista Águas Subterrâneas**. p. 295- 306. 2018.

VON SPERLING, Marcos. Introdução à qualidade da água e ao tratamento de esgotos. 2ª edição. Departamento de engenharia sanitária e ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 1996.

VON SPERLING, M. Princípios do Tratamento Biológico das Águas Residuárias. 3ª edição. Editora UFMG. Belo Horizonte. 2005.

WHO. Guidelines on sanitation and health. Geneva: **World Health Organization**. 2018.

WHO; UNICEF. Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene. Geneva: **World Health Organization and United Nations Children's Fund**. 2017.

YÁÑEZ, M. A.; VALOR, C.; CATALÁN, V. A simple and cost-effective method for the quantification of total coliforms and Escherichia coli in potable water. Journal of microbiological methods. v. 65, n. 3, p. 608-611. 2006.

ZAIDAN, R. T. Geoprocessamento conceitos e definições. **Revista de Geografia**. 195-201. Universidade Federal de Juiz de Fora. Minas Gerais. 2017.

ZERWES, C.M., SECCHI, M.I., CALDERAN, T.B., DE BORTOLI, J., TONETTO, J.F., TOLDI, M., DE OLIVEIRA, E.C., DE SANTANA, E.R.R. Análise da qualidade da água de poços artesianos do município de Imigrante, Vale do Taquari/RS. **Revista Ciência e Natura**. p.651-663. 2015.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS DA DISSERTAÇÃO

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. Ministério da Saúde. Brasília. 2017.

DA HORA, A. L. B., *et al.* Análise da eficiência dos serviços de saneamento básico nos municípios do estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa Operacional para o Desenvolvimento**, v. 7, n. 1, p. 55-81, 2015.

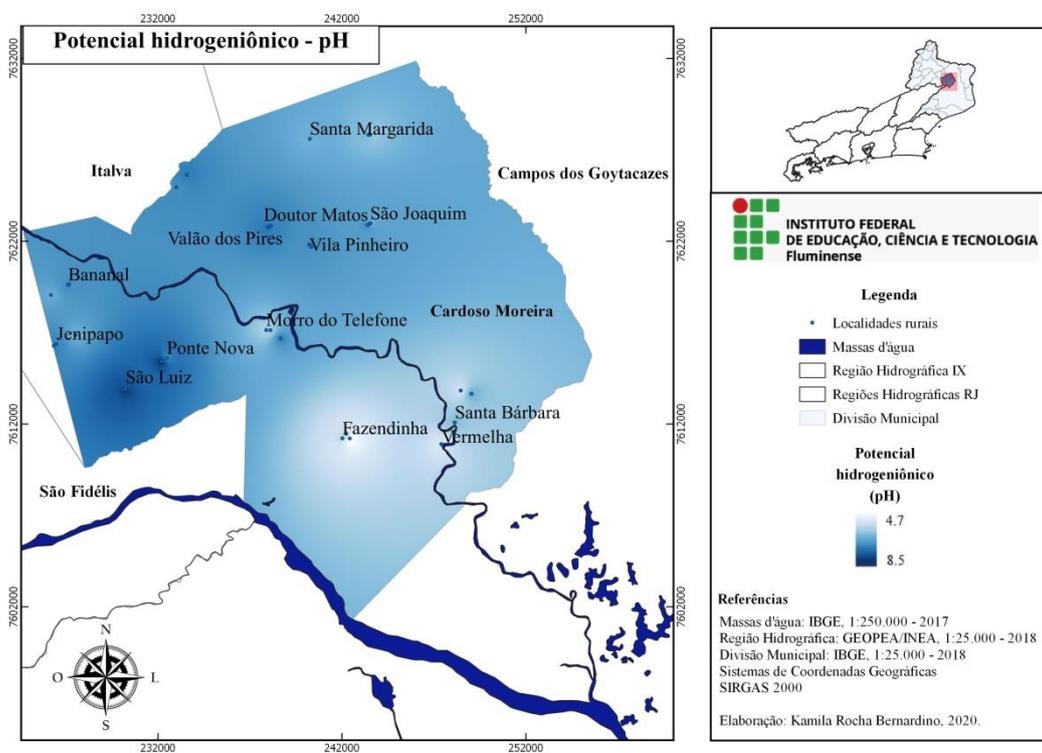
DANVI, A., *et al.* Comparing water quantity and quality in three inland valley watersheds with different levels of agricultural development in central Benin. **Agricultural Water Management**. Elsevier. p. 257-270. 2017.

MORAIS, W. A., *et al.* Qualidade Sanitária da Água Distribuída para Abastecimento Público em Rio Verde/Goiás. **Cadernos Saúde Coletiva**. Scielo, v. 24, n. 3, p.361-367. 2016.

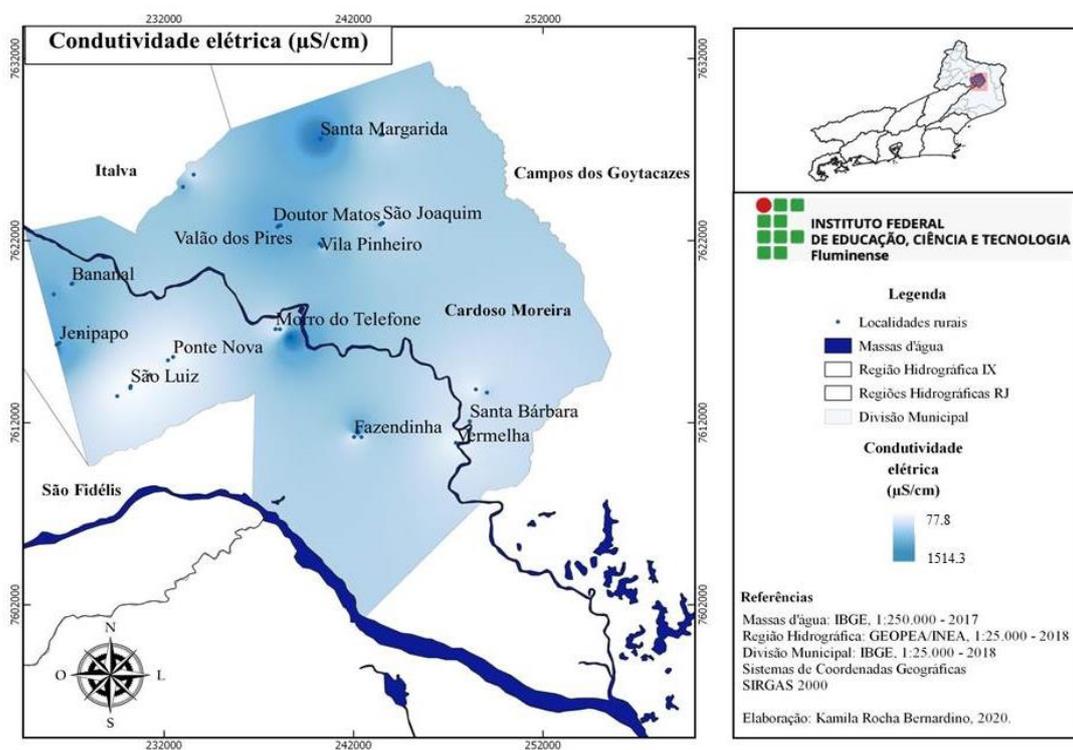
## APÊNDICES

### Apêndice A – Mapas temáticos referentes aos resultados das análises físico-químicas e microbiológicas

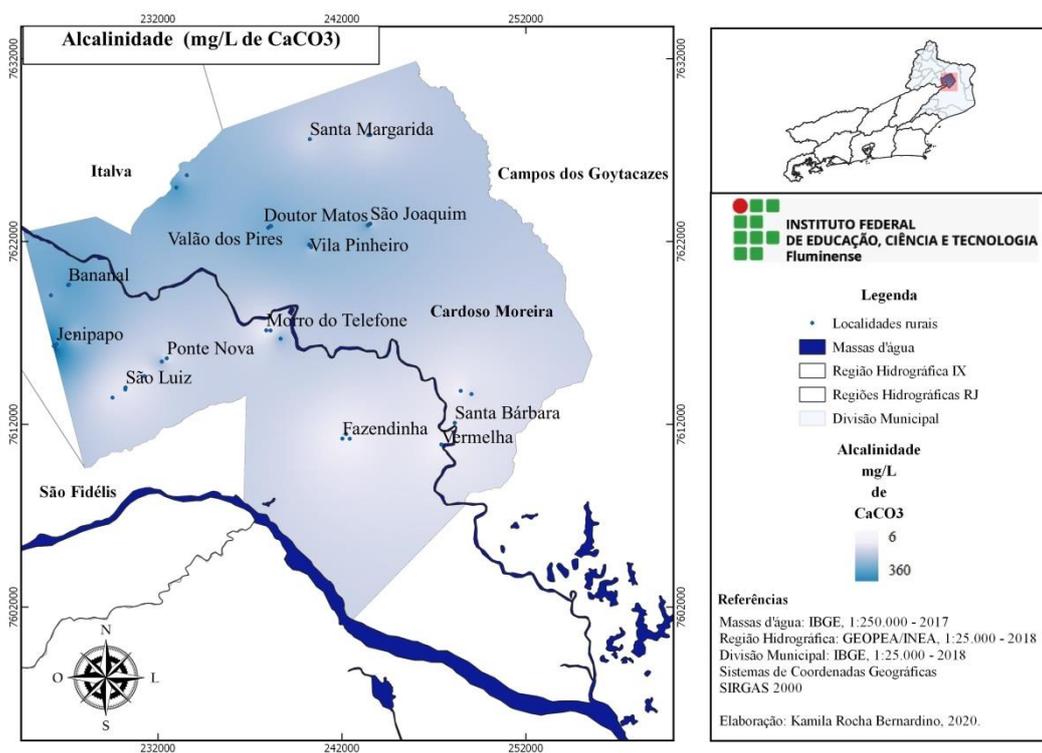
#### Apêndice A1 – Mapa temático referente ao resultado da análise do parâmetro Potencial hidrogeniônico (pH)



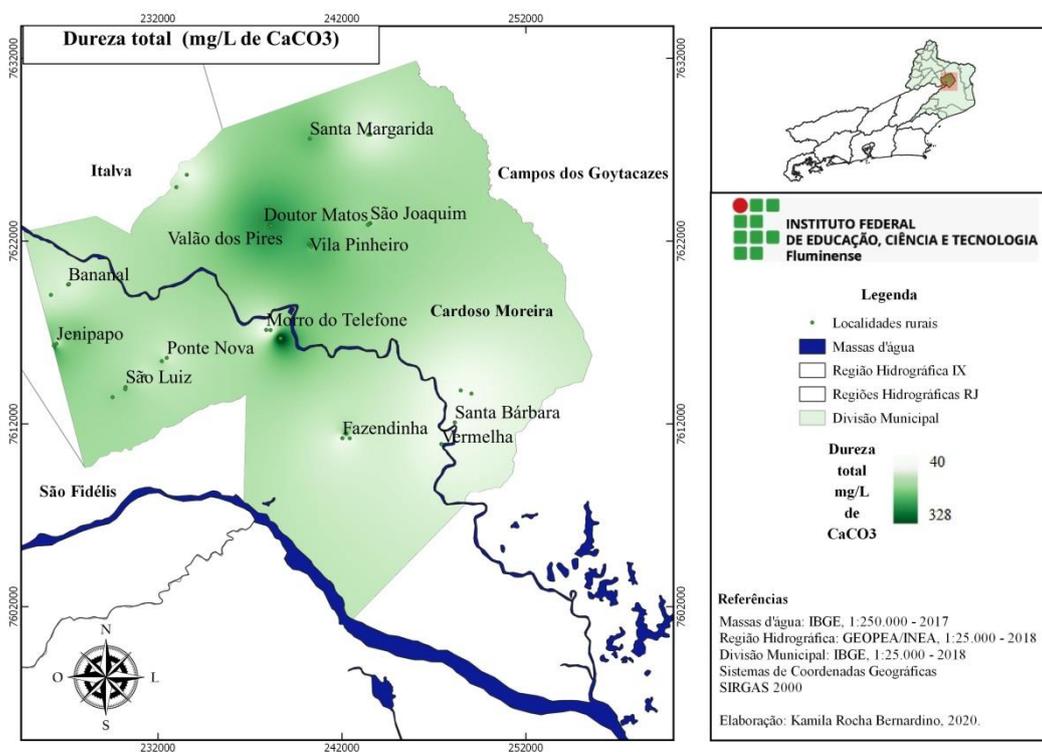
#### Apêndice A2 – Mapa temático referente ao resultado da análise do parâmetro Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )



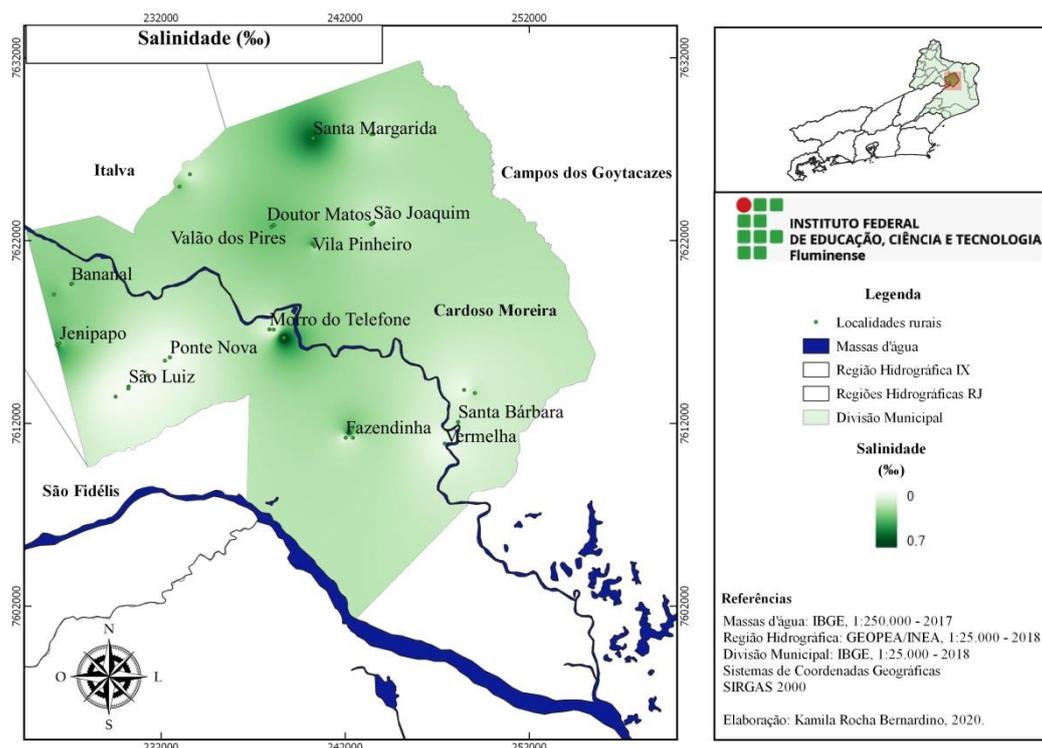
**Apêndice A3 – Mapa temático referente ao resultado da análise do parâmetro Alcalinidade ( $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ )**



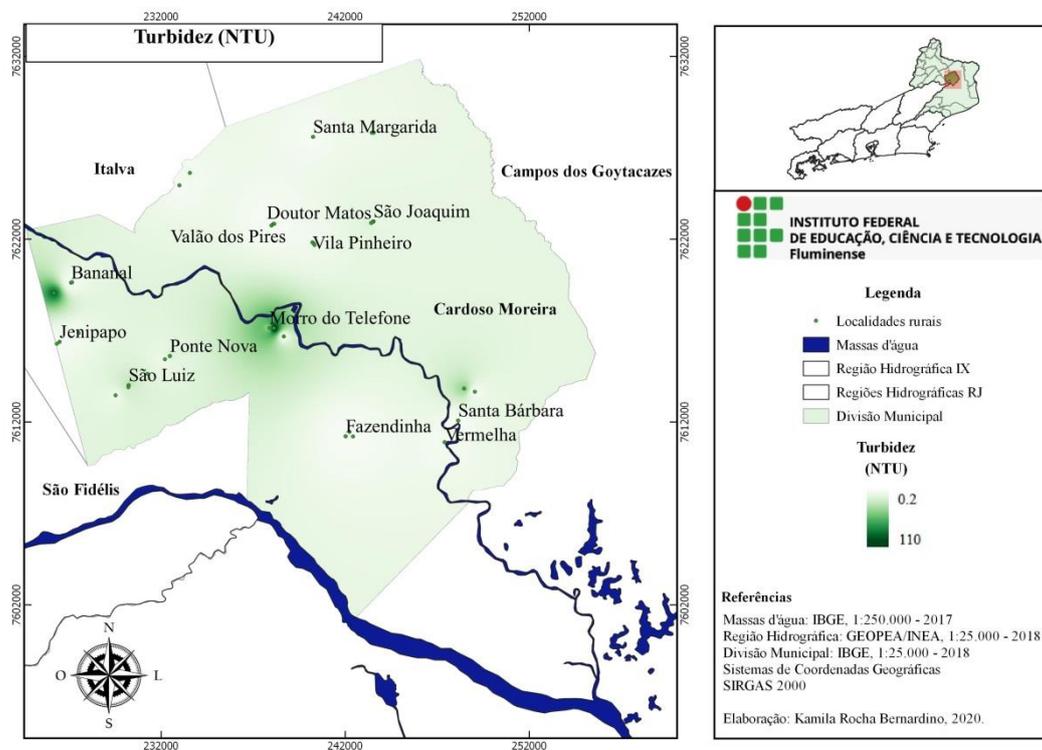
**Apêndice A4 – Mapa temático referente ao resultado da análise do parâmetro Dureza total ( $\text{mg L}^{-1}$  de  $\text{CaCO}_3$ )**



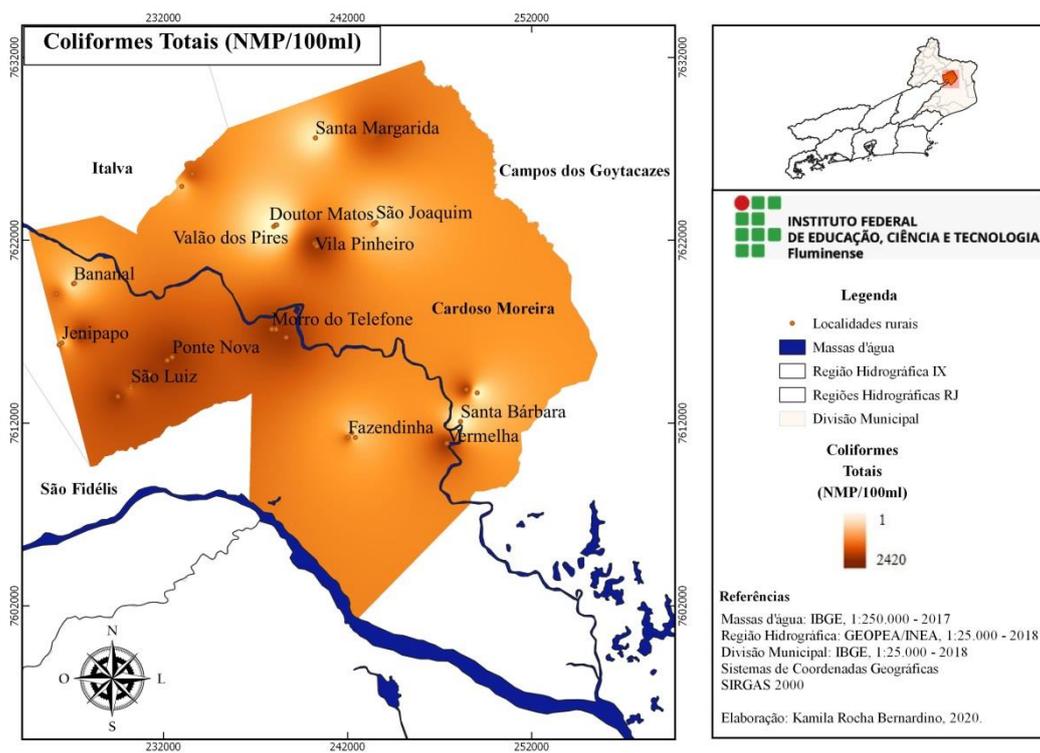
### Apêndice A5 – Mapa temático referente ao resultado da análise do parâmetro Salinidade (%)



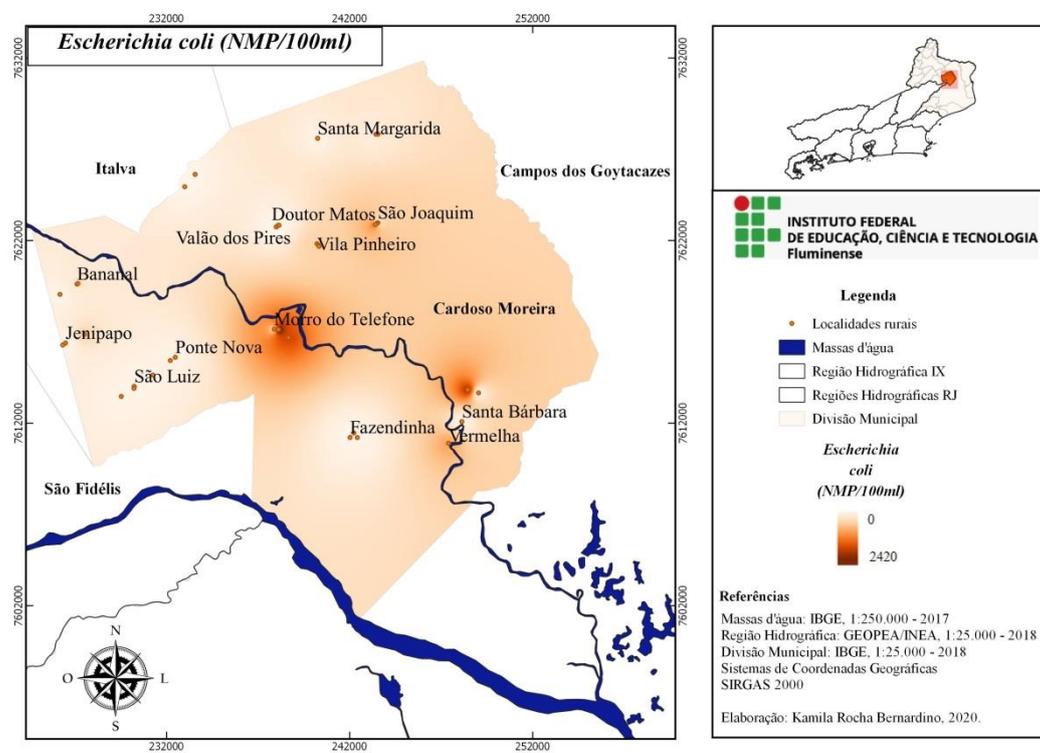
### Apêndice A6 – Mapa temático referente ao resultado da análise do parâmetro Turbidez (UNT)



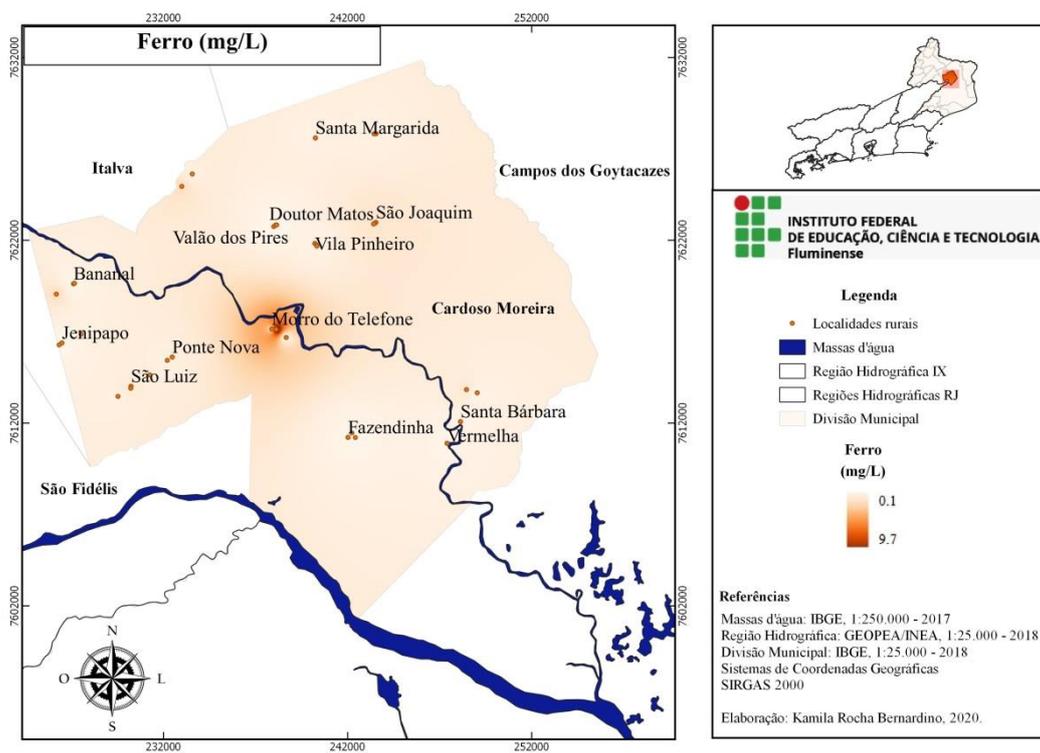
Apêndice A7 – Mapa temático referente ao resultado da análise do parâmetro *Coliformes Totais* (NMP/100ml)



Apêndice A8 – Mapa temático referente ao resultado da análise do parâmetro *Escherichia coli* (NMP/100ml)



Apêndice A9 – Mapa temático referente ao resultado da análise do parâmetro Ferro ( $\text{mg L}^{-1}$ )



**Apêndice B – Formulário socioeconômico aplicado ao longo das campanhas de coleta das amostras**



MINISTÉRIO DA  
EDUCAÇÃO



**FORMULÁRIO SOCIOECONÔMICO**

MAPEAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA SUBTERRÂNEA COMO ESTRATÉGIA DE AVALIAÇÃO  
SANITÁRIA EM COMUNIDADES RURAIS: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE CARDOSO MOREIRA/RJ

**Data:** \_\_\_\_\_ **Hora:** \_\_\_\_\_

- 1) **Nome do Proprietário:** \_\_\_\_\_
- 2) **Telefone para contato:** \_\_\_\_\_
- 3) **Localidade:** \_\_\_\_\_
- 4) **Coordenadas:** \_\_\_\_\_
- 5) **Quantidades de habitantes na residência:**
  - a) 1 pessoa ( )
  - b) 2 pessoas ( )
  - c) 3 pessoas ( )
  - d) Superior a 3 pessoas ( ) Quantas? \_\_\_\_\_
- 6) **Grau de escolaridade:**
  - a) Analfabeto (a) ( )
  - b) Ensino Fundamental Incompleto ( )
  - c) Ensino Fundamental Completo ( )
  - d) Ensino Médio Incompleto ( )
  - e) Ensino Médio Completo ( )
  - f) Ensino Superior Incompleto ( )
  - g) Ensino Superior Completo ( )
  - h) Pós-Graduação ( )
- 7) **Renda Mensal Familiar? (em salários-mínimos)**
  - a) Até R\$ 600,00 ( )
  - b) De R\$ 600,01 até R\$ 1000,00 ( )
  - c) De R\$ 1000,01 até R\$ 2000,00 ( )
  - d) De R\$ 2000,01 até R\$ 5000,00 ( )
  - e) De R\$ 5000,01 até R\$ 8000,00 ( )
  - f) De R\$ 8000,01 ou mais ( )

8) A água que você utiliza em sua residência é proveniente de qual fonte?

---

9) Você costuma realizar algum tratamento na água antes de utilizá-la (fervura – cloro – filtração)?

- a) Sim ( ) Qual? \_\_\_\_\_
- b) Não ( )

10) Alguém na residência já teve alguma(s) dessas doenças de veiculação hídrica?

- a) Coléra ( )
- b) Dengue ( )
- c) Doença de Chagas ( )
- d) Esquistossomose ( )
- e) Febre Amarela ( )
- f) Febre Tifóide ( )
- g) Hepatite ( )
- h) Leishmaniose Visceral ( )
- i) Leptospirose ( )
- j) Malária ( )
- k) Diarreias constantes ( )

11) Caso a questão 10 seja positiva, realizou o tratamento:

- a) ( ) Em casa
- b) ( ) Postos de saúde local
- c) ( ) Postos de saúde em outros municípios
- d) ( ) Hospitais em outros municípios

12) Caso tenha ocorrência de alguma(s) das doenças listadas na questão 10, qual a frequência?

---

13) Quantos membros da casa foram diagnosticados com a mesma? \_\_\_\_\_

14) O efluente da sua residência é destinado para qual sistema? \_\_\_\_\_

15) Qual a destinação do lixo gerado em sua residência? \_\_\_\_\_

16) Você possui alguma atividade agrícola em sua residência?

- a) Sim ( ) Tipo: \_\_\_\_\_
- b) Não ( )

17) Caso a resposta da questão 15 seja sim, você utiliza algum fertilizante em sua cultura?

- a) Sim. Uso fertilizante orgânico ( )
- b) Sim. Uso fertilizante químico ( )
- c) Não ( )

18) Caso a resposta da questão 15 seja sim, atividade agrícola é utilizada como fonte de renda familiar?

- a) Sim ( )
- b) Não ( )
- c) De vez em quando ( )

**Apêndice C – Tabelas com os resultados das análises físico-químicas e microbiológicas**

**Apêndice C1 – Tabela com os resultados da análise do parâmetro Potencial hidrogeniônico (pH)**

<b>Localidades e Pontos</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>Média</b>
Bananal (Ponto 1)	7.40	7.43	7.43	<b>7.42</b>
Bananal (Ponto 2)	7.33	7.30	7.30	<b>7.31</b>
Bananal (Ponto 3)	6.92	6.90	6.90	<b>6.91</b>
Jenipapo (Ponto 1)	7.36	7.34	7.33	<b>7.34</b>
Jenipapo (Ponto 2)	7.74	7.73	7.73	<b>7.73</b>
Jenipapo (Ponto 3)	6.79	6.77	6.76	<b>6.77</b>
Ponte Nova (Ponto 1)	7.40	7.40	7.40	<b>7.40</b>
Ponte Nova (Ponto 2)	8.42	8.44	8.45	<b>8.44</b>
Ponte Nova (Ponto 3)	7.84	7.81	7.81	<b>7.82</b>
São Luiz (Ponto 1)	7.93	7.92	7.90	<b>7.92</b>
São Luiz (Ponto 2)	8.49	8.48	8.47	<b>8.48</b>
São Luiz (Ponto 3)	8.02	8.01	8.00	<b>8.01</b>
Vila Pinheiro (Ponto 1)	7.30	7.28	7.27	<b>7.28</b>
Vila Pinheiro (Ponto 2)	7.63	7.61	7.60	<b>7.61</b>
Vila Pinheiro (Ponto 3)	7.16	7.14	7.13	<b>7.14</b>
Valão dos Pires (Ponto 1)	7.84	7.82	7.80	<b>7.82</b>
Valão dos Pires (Ponto 2)	7.53	7.51	7.50	<b>7.51</b>
Valão dos Pires (Ponto 3)	7.44	7.41	7.40	<b>7.42</b>
São Joaquim (Ponto 1)	6.68	6.67	6.66	<b>6.67</b>
São Joaquim (Ponto 2)	6.69	6.66	6.65	<b>6.67</b>
São Joaquim (Ponto 3)	6.84	6.82	6.81	<b>6.82</b>
Doutor Matos (Ponto 1)	8.26	8.23	8.22	<b>8.24</b>
Doutor Matos (Ponto 2)	7.39	7.37	7.36	<b>7.37</b>
Doutor Matos (Ponto 3)	7.63	7.60	7.59	<b>7.61</b>
Santa Margarida (Ponto 1)	6.83	6.81	6.80	<b>6.81</b>
Santa Margarida (Ponto 2)	6.22	6.20	6.19	<b>6.20</b>
Santa Margarida (Ponto 3)	6.92	6.93	6.93	<b>6.93</b>

Morro do Telefone (Ponto 1)	6.27	6.24	6.23	<b>6.25</b>
Morro do Telefone (Ponto 2)	6.36	6.35	6.35	<b>6.35</b>
Morro do Telefone (Ponto 3)	7.57	7.55	7.55	<b>7.56</b>
Fazendinha (Ponto 1)	6.13	6.07	6.07	<b>6.09</b>
Fazendinha (Ponto 2)	6.10	6.09	6.07	<b>6.09</b>
Fazendinha (Ponto 3)	4.73	4.69	4.68	<b>4.70</b>
Vermelha (Ponto 1)	5.71	5.69	5.68	<b>5.69</b>
Santa Bárbara (Ponto 1)	6.61	6.60	6.59	<b>6.60</b>
Santa Bárbara (Ponto 2)	5.82	5.81	5.80	<b>5.81</b>
Santa Bárbara (Ponto 3)	6.84	6.82	6.81	<b>6.82</b>

**Apêndice C2 – Tabela com os resultados da análise do parâmetro Condutividade elétrica ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )**

<b>Localidades e Pontos</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>Média</b>
Bananal (Ponto 1)	531.20	531.10	531.10	<b>531.13</b>
Bananal (Ponto 2)	810.00	810.60	810.60	<b>810.40</b>
Bananal (Ponto 3)	790.10	791.00	789.90	<b>790.33</b>
Jenipapo (Ponto 1)	593.30	593.50	593.70	<b>593.50</b>
Jenipapo (Ponto 2)	1388.80	1389.10	1389.90	<b>1389.27</b>
Jenipapo (Ponto 3)	658.00	657.20	657.40	<b>657.53</b>
Ponte Nova (Ponto 1)	77.72	77.82	77.82	<b>77.79</b>
Ponte Nova (Ponto 2)	211.10	212.00	212.00	<b>211.70</b>
Ponte Nova (Ponto 3)	79.41	79.52	79.49	<b>79.47</b>
São Luiz (Ponto 1)	78.93	78.92	78.94	<b>78.93</b>
São Luiz (Ponto 2)	89.14	89.11	89.07	<b>89.11</b>
São Luiz (Ponto 3)	122.19	122.21	122.18	<b>122.19</b>
Vila Pinheiro (Ponto 1)	1081.70	1081.70	1081.60	<b>1081.67</b>
Vila Pinheiro (Ponto 2)	705.90	706.50	706.50	<b>706.30</b>
Vila Pinheiro (Ponto 3)	316.70	316.50	316.50	<b>316.57</b>
Valão dos Pires (Ponto 1)	806.10	807.70	808.20	<b>807.33</b>
Valão dos Pires (Ponto 2)	813.00	814.00	814.30	<b>813.77</b>

Valão dos Pires (Ponto 3)	813.50	813.90	813.70	<b>813.70</b>
São Joaquim (Ponto 1)	226.70	226.80	226.80	<b>226.77</b>
São Joaquim (Ponto 2)	283.20	283.60	283.60	<b>283.47</b>
São Joaquim (Ponto 3)	262.60	262.20	262.50	<b>262.43</b>
Doutor Matos (Ponto 1)	1006.30	1013.20	1018.10	<b>1012.53</b>
Doutor Matos (Ponto 2)	672.60	675.80	675.80	<b>674.73</b>
Doutor Matos (Ponto 3)	356.70	355.80	368.30	<b>360.27</b>
Santa Margarida (Ponto 1)	1277.30	1274.50	1272.90	<b>1274.90</b>
Santa Margarida (Ponto 2)	212.10	180.25	180.06	<b>190.80</b>
Santa Margarida (Ponto 3)	726.80	723.30	723.20	<b>724.43</b>
Morro do Telefone (Ponto 1)	294.50	292.70	290.80	<b>292.67</b>
Morro do Telefone (Ponto 2)	181.50	190.95	191.04	<b>187.83</b>
Morro do Telefone (Ponto 3)	1431.10	1552.00	1559.90	<b>1514.33</b>
Fazendinha (Ponto 1)	108.86	114.35	114.66	<b>112.62</b>
Fazendinha (Ponto 2)	1319.70	1318.90	1339.40	<b>1326.00</b>
Fazendinha (Ponto 3)	242.40	259.90	260.00	<b>254.10</b>
Vermelha (Ponto 1)	164.69	165.01	164.93	<b>164.88</b>
Santa Bárbara (Ponto 1)	374.10	375.90	392.50	<b>380.83</b>
Santa Bárbara (Ponto 2)	163.89	168.66	168.57	<b>167.04</b>
Santa Bárbara (Ponto 3)	437.00	471.30	473.30	<b>460.53</b>

**Apêndice C3 – Tabela com os resultados da análise do parâmetro Alcalinidade (mg L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>)**

<b>Localidades e Pontos</b>	<b>R1</b> (Volume gasto)	<b>R2</b> (Volume gasto)	<b>Média</b> (Volume gasto)	<b>Alcalinidade</b> (mg L <sup>-1</sup> de CaCO <sub>3</sub> )
Bananal (Ponto 1)	7.3	7.3	7.3	<b>153.88</b>
Bananal (Ponto 2)	8.3	8.5	8.4	<b>177.07</b>
Bananal (Ponto 3)	6.7	6.7	6.7	<b>141.24</b>
Jenipapo (Ponto 1)	7.1	7.3	7.2	<b>151.78</b>
Jenipapo (Ponto 2)	17.0	17.1	17.1	<b>359.41</b>
Jenipapo (Ponto 3)	5.0	4.9	5.0	<b>104.35</b>

Ponte Nova (Ponto 1)	1.2	1.2	1.2	<b>25.30</b>
Ponte Nova (Ponto 2)	4.9	4.9	4.9	<b>103.29</b>
Ponte Nova (Ponto 3)	1.2	1.2	1.2	<b>25.30</b>
São Luiz (Ponto 1)	1.2	1.1	1.2	<b>24.24</b>
São Luiz (Ponto 2)	1.1	1.3	1.2	<b>25.30</b>
São Luiz (Ponto 3)	1.4	1.6	1.5	<b>31.62</b>
Vila Pinheiro (Ponto 1)	7.9	7.9	7.9	<b>166.53</b>
Vila Pinheiro (Ponto 2)	8.8	8.9	8.9	<b>186.56</b>
Vila Pinheiro (Ponto 3)	1.1	1.1	1.1	<b>23.19</b>
Valão dos Pires (Ponto 1)	6.6	6.7	6.7	<b>140.18</b>
Valão dos Pires (Ponto 2)	6.6	6.7	6.7	<b>140.18</b>
Valão dos Pires (Ponto 3)	6.7	6.6	6.7	<b>140.18</b>
São Joaquim (Ponto 1)	3.2	3.3	3.3	<b>68.51</b>
São Joaquim (Ponto 2)	2.6	2.6	2.6	<b>54.81</b>
São Joaquim (Ponto 3)	2.7	2.6	2.7	<b>55.86</b>
Doutor Matos (Ponto 1)	12.6	12.5	12.6	<b>264.55</b>
Doutor Matos (Ponto 2)	8.4	8.4	8.4	<b>177.07</b>
Doutor Matos (Ponto 3)	5.6	5.7	5.7	<b>119.10</b>
Santa Margarida (Ponto 1)	2.8	2.7	2.8	<b>57.97</b>
Santa Margarida (Ponto 2)	1.1	1.1	1.1	<b>23.19</b>
Santa Margarida (Ponto 3)	3.8	3.9	3.9	<b>81.16</b>
Morro do Telefone (Ponto 1)	0.5	0.6	0.6	<b>11.59</b>
Morro do Telefone (Ponto 2)	1.2	1.2	1.2	<b>25.30</b>
Morro do Telefone (Ponto 3)	5.1	5.1	5.1	<b>107.51</b>
Fazendinha (Ponto 1)	0.5	0.5	0.5	<b>10.54</b>
Fazendinha (Ponto 2)	1.0	1.1	1.1	<b>22.13</b>
Fazendinha (Ponto 3)	0.3	0.3	0.3	<b>6.32</b>
Vermelha (Ponto 1)	0.5	0.5	0.5	<b>10.54</b>
Santa Bárbara (Ponto 1)	0.9	1.1	1.0	<b>21.08</b>
Santa Bárbara (Ponto 2)	0.5	0.4	0.5	<b>9.49</b>
Santa Bárbara (Ponto 3)	2.0	1.9	2.0	<b>41.11</b>

**Apêndice C4 – Tabela com os resultados da análise do parâmetro Dureza total (mg L<sup>-1</sup> de CaCO<sub>3</sub>)**

<b>Localidades e Pontos</b>	<b>R1</b> (Volume gasto)	<b>R2</b> (Volume gasto)	<b>Média</b> (Volume gasto)	<b>Dureza</b> (mg L <sup>-1</sup> de CaCO <sub>3</sub> )
Bananal (Ponto 1)	3.5	3.5	3.5	<b>70.00</b>
Bananal (Ponto 2)	5.5	5.5	5.5	<b>110.00</b>
Bananal (Ponto 3)	4.8	4.8	4.8	<b>96.00</b>
Jenipapo (Ponto 1)	3.6	3.0	3.3	<b>66.00</b>
Jenipapo (Ponto 2)	15.8	16.0	15.9	<b>318.00</b>
Jenipapo (Ponto 3)	8.5	8.5	8.5	<b>170.00</b>
Ponte Nova (Ponto 1)	4.1	4.8	4.5	<b>89.00</b>
Ponte Nova (Ponto 2)	6.7	6.9	6.8	<b>136.00</b>
Ponte Nova (Ponto 3)	5.2	5.2	5.2	<b>104.00</b>
São Luiz (Ponto 1)	6.2	6.0	6.1	<b>122.00</b>
São Luiz (Ponto 2)	8.5	8.0	8.3	<b>165.00</b>
São Luiz (Ponto 3)	7.3	7.5	7.4	<b>148.00</b>
Vila Pinheiro (Ponto 1)	10.7	11.5	11.1	<b>222.00</b>
Vila Pinheiro (Ponto 2)	10.8	12.0	11.4	<b>228.00</b>
Vila Pinheiro (Ponto 3)	7.7	7.9	7.8	<b>156.00</b>
Valão dos Pires (Ponto 1)	10.7	10.1	10.4	<b>208.00</b>
Valão dos Pires (Ponto 2)	13.8	14.5	14.2	<b>283.00</b>
Valão dos Pires (Ponto 3)	11.8	10.6	11.2	<b>224.00</b>
São Joaquim (Ponto 1)	5.8	6.3	6.1	<b>121.00</b>
São Joaquim (Ponto 2)	7.1	7.5	7.3	<b>146.00</b>
São Joaquim (Ponto 3)	7.0	7.9	7.5	<b>149.00</b>
Doutor Matos (Ponto 1)	8.4	8.6	8.5	<b>170.00</b>
Doutor Matos (Ponto 2)	5.1	5.3	5.2	<b>104.00</b>
Doutor Matos (Ponto 3)	3.5	3.2	3.4	<b>67.00</b>
Santa Margarida (Ponto 1)	9.2	9.4	9.3	<b>186.00</b>
Santa Margarida (Ponto 2)	2.2	2.5	2.4	<b>47.00</b>

Santa Margarida (Ponto 3)	6.2	6.4	6.3	<b>126.00</b>
Morro do Telefone (Ponto 1)	2.5	2.6	2.6	<b>51.00</b>
Morro do Telefone (Ponto 2)	3.1	3.1	3.1	<b>62.00</b>
Morro do Telefone (Ponto 3)	16.0	16.8	16.4	<b>328.00</b>
Fazendinha (Ponto 1)	1.9	2.1	2.0	<b>40.00</b>
Fazendinha (Ponto 2)	9.9	10.2	10.1	<b>201.00</b>
Fazendinha (Ponto 3)	2.7	2.6	2.7	<b>53.00</b>
Vermelha (Ponto 1)	3.4	3.0	3.2	<b>64.00</b>
Santa Bárbara (Ponto 1)	2.4	2.4	2.4	<b>48.00</b>
Santa Bárbara (Ponto 2)	2.6	2.7	2.7	<b>53.00</b>
Santa Bárbara (Ponto 3)	2.5	2.7	2.6	<b>52.00</b>

**Apêndice C5 – Tabela com os resultados da análise do parâmetro Salinidade (‰)**

<b>Localidades e Pontos</b>	<b>R1</b>	<b>Média</b>
Bananal (Ponto 1)	0.2344	<b>0.2344</b>
Bananal (Ponto 2)	0.3711	<b>0.3711</b>
Bananal (Ponto 3)	0.3612	<b>0.3612</b>
Jenipapo (Ponto 1)	0.2645	<b>0.2645</b>
Jenipapo (Ponto 2)	0.6671	<b>0.6671</b>
Jenipapo (Ponto 3)	0.2957	<b>0.2957</b>
Ponte Nova (Ponto 1)	0.0290	<b>0.0290</b>
Ponte Nova (Ponto 2)	0.0862	<b>0.0862</b>
Ponte Nova (Ponto 3)	0.0297	<b>0.0297</b>
São Luiz (Ponto 1)	0.0295	<b>0.0295</b>
São Luiz (Ponto 2)	0.0336	<b>0.0336</b>
São Luiz (Ponto 3)	0.0474	<b>0.0474</b>
Vila Pinheiro (Ponto 1)	0.5081	<b>0.5081</b>
Vila Pinheiro (Ponto 2)	0.3196	<b>0.3196</b>
Vila Pinheiro (Ponto 3)	0.1335	<b>0.1335</b>
Valão dos Pires (Ponto 1)	0.3696	<b>0.3696</b>

Valão dos Pires (Ponto 2)	0.3728	<b>0.3728</b>
Valão dos Pires (Ponto 3)	0.3728	<b>0.3728</b>
São Joaquim (Ponto 1)	0.0929	<b>0.0929</b>
São Joaquim (Ponto 2)	0.1184	<b>0.1184</b>
São Joaquim (Ponto 3)	0.1089	<b>0.1089</b>
Doutor Matos (Ponto 1)	0.4729	<b>0.4729</b>
Doutor Matos (Ponto 2)	0.3041	<b>0.3041</b>
Doutor Matos (Ponto 3)	0.1537	<b>0.1537</b>
Santa Margarida (Ponto 1)	0.6076	<b>0.6076</b>
Santa Margarida (Ponto 2)	0.0770	<b>0.0770</b>
Santa Margarida (Ponto 3)	0.3285	<b>0.3285</b>
Morro do Telefone (Ponto 1)	0.1226	<b>0.1226</b>
Morro do Telefone (Ponto 2)	0.0757	<b>0.0757</b>
Morro do Telefone (Ponto 3)	0.7327	<b>0.7327</b>
Fazendinha (Ponto 1)	0.0434	<b>0.0434</b>
Fazendinha (Ponto 2)	0.6341	<b>0.6341</b>
Fazendinha (Ponto 3)	0.1051	<b>0.1051</b>
Vermelha (Ponto 1)	0.0657	<b>0.0657</b>
Santa Bárbara (Ponto 1)	0.1632	<b>0.1632</b>
Santa Bárbara (Ponto 2)	0.0666	<b>0.0666</b>
Santa Bárbara (Ponto 3)	0.2007	<b>0.2007</b>

**Apêndice C6 – Tabela com os resultados da análise do parâmetro Turbidez (UNT)**

<b>Localidades e Pontos</b>	<b>R1</b>	<b>R2</b>	<b>R3</b>	<b>Média</b>
Bananal (Ponto 1)	1.98	1.97	1.99	<b>1.98</b>
Bananal (Ponto 2)	0.73	0.73	0.73	<b>0.73</b>
Bananal (Ponto 3)	99.50	99.40	98.80	<b>99.23</b>
Jenipapo (Ponto 1)	2.15	2.35	2.25	<b>2.25</b>
Jenipapo (Ponto 2)	0.82	0.81	0.81	<b>0.81</b>
Jenipapo (Ponto 3)	2.82	3.14	2.95	<b>2.97</b>

Ponte Nova (Ponto 1)	20.20	19.71	19.43	<b>19.78</b>
Ponte Nova (Ponto 2)	4.06	3.65	4.32	<b>4.01</b>
Ponte Nova (Ponto 3)	15.18	15.06	15.07	<b>15.10</b>
São Luiz (Ponto 1)	41.40	41.80	39.40	<b>40.87</b>
São Luiz (Ponto 2)	14.38	14.49	14.62	<b>14.50</b>
São Luiz (Ponto 3)	7.21	7.37	7.03	<b>7.20</b>
Vila Pinheiro (Ponto 1)	4.24	4.25	4.25	<b>4.25</b>
Vila Pinheiro (Ponto 2)	4.18	4.12	4.24	<b>4.18</b>
Vila Pinheiro (Ponto 3)	11.45	11.35	11.34	<b>11.38</b>
Valão dos Pires (Ponto 1)	0.22	0.28	0.22	<b>0.24</b>
Valão dos Pires (Ponto 2)	0.24	0.22	0.21	<b>0.22</b>
Valão dos Pires (Ponto 3)	0.53	0.30	0.30	<b>0.38</b>
São Joaquim (Ponto 1)	0.31	0.31	0.32	<b>0.31</b>
São Joaquim (Ponto 2)	10.36	10.87	11.14	<b>10.79</b>
São Joaquim (Ponto 3)	13.28	13.38	13.37	<b>13.34</b>
Doutor Matos (Ponto 1)	32.40	32.70	32.70	<b>32.60</b>
Doutor Matos (Ponto 2)	1.74	1.74	1.74	<b>1.74</b>
Doutor Matos (Ponto 3)	6.47	6.34	6.35	<b>6.39</b>
Santa Margarida (Ponto 1)	1.52	1.52	1.53	<b>1.52</b>
Santa Margarida (Ponto 2)	17.44	17.43	17.42	<b>17.43</b>
Santa Margarida (Ponto 3)	0.27	0.27	0.27	<b>0.27</b>
Morro do Telefone (Ponto 1)	38.50	38.50	38.50	<b>38.50</b>
Morro do Telefone (Ponto 2)	137.00	137.00	137.00	<b>137.00</b>
Morro do Telefone (Ponto 3)	1.42	1.42	1.41	<b>1.42</b>
Fazendinha (Ponto 1)	2.39	2.40	2.41	<b>2.40</b>
Fazendinha (Ponto 2)	1.54	1.42	1.36	<b>1.44</b>
Fazendinha (Ponto 3)	0.43	0.42	0.42	<b>0.42</b>
Vermelha (Ponto 1)	2.91	2.83	2.84	<b>2.86</b>
Santa Bárbara (Ponto 1)	0.56	0.54	0.53	<b>0.54</b>
Santa Bárbara (Ponto 2)	46.50	46.50	46.50	<b>46.50</b>
Santa Bárbara (Ponto 3)	0.34	0.34	0.33	<b>0.34</b>

Apêndice C7 – Tabela com os resultados da análise do parâmetro Coliformes Totais (NMP/100ml)

<b>Localidades e Pontos</b>	<b>Coliformes Totais (NMP/100ml)</b>
Bananal (Ponto 1)	<b>66.3</b>
Bananal (Ponto 2)	<b>1046.2</b>
Bananal (Ponto 3)	<b>1732.9</b>
Jenipapo (Ponto 1)	<b>151.5</b>
Jenipapo (Ponto 2)	<b>&gt;2419,6</b>
Jenipapo (Ponto 3)	<b>&gt;2419,6</b>
Ponte Nova (Ponto 1)	<b>&gt;2419,6</b>
Ponte Nova (Ponto 2)	<b>&gt;2419,6</b>
Ponte Nova (Ponto 3)	<b>&gt;2419,6</b>
São Luiz (Ponto 1)	<b>&gt;2419.6</b>
São Luiz (Ponto 2)	<b>1553.1</b>
São Luiz (Ponto 3)	<b>&gt;2419.6</b>
Vila Pinheiro (Ponto 1)	<b>&gt;2419,6</b>
Vila Pinheiro (Ponto 2)	<b>&gt;2419,6</b>
Vila Pinheiro (Ponto 3)	<b>&gt;2419,6</b>
Valão dos Pires (Ponto 1)	<b>2</b>
Valão dos Pires (Ponto 2)	<b>4.1</b>
Valão dos Pires (Ponto 3)	<b>1</b>
São Joaquim (Ponto 1)	<b>1</b>
São Joaquim (Ponto 2)	<b>15.6</b>
São Joaquim (Ponto 3)	<b>122.3</b>
Doutor Matos (Ponto 1)	<b>&gt;2419,6</b>
Doutor Matos (Ponto 2)	<b>866.4</b>
Doutor Matos (Ponto 3)	<b>1986.3</b>
Santa Margarida (Ponto 1)	<b>261.3</b>
Santa Margarida (Ponto 2)	<b>&gt;2419,6</b>
Santa Margarida (Ponto 3)	<b>1732.9</b>

Morro do Telefone (Ponto 1)	>2419,6
Morro do Telefone (Ponto 2)	>2419,6
Morro do Telefone (Ponto 3)	>2419,6
Fazendinha (Ponto 1)	1986.3
Fazendinha (Ponto 2)	235.9
Fazendinha (Ponto 3)	727
Vermelha (Ponto 1)	>2419,6
Santa Bárbara (Ponto 1)	2
Santa Bárbara (Ponto 2)	>2419,6
Santa Bárbara (Ponto 3)	1

**Apêndice C8 – Tabela com os resultados da análise do parâmetro *Escherichia coli* (NMP/100ml)**

<b>Localidades e Pontos</b>	<b><i>Escherichia coli</i> (NMP/100ml)</b>
Bananal (Ponto 1)	<1
Bananal (Ponto 2)	435.2
Bananal (Ponto 3)	<1
Jenipapo (Ponto 1)	1
Jenipapo (Ponto 2)	57.6
Jenipapo (Ponto 3)	435.2
Ponte Nova (Ponto 1)	19.9
Ponte Nova (Ponto 2)	68
Ponte Nova (Ponto 3)	27.9
São Luiz (Ponto 1)	24.1
São Luiz (Ponto 2)	23.1
São Luiz (Ponto 3)	25.9
Vila Pinheiro (Ponto 1)	304.4
Vila Pinheiro (Ponto 2)	770.1
Vila Pinheiro (Ponto 3)	365.4
Valão dos Pires (Ponto 1)	<1
Valão dos Pires (Ponto 2)	<1

Valão dos Pires (Ponto 3)	<1
São Joaquim (Ponto 1)	<1
São Joaquim (Ponto 2)	<1
São Joaquim (Ponto 3)	<1
Doutor Matos (Ponto 1)	>2419,6
Doutor Matos (Ponto 2)	5.2
Doutor Matos (Ponto 3)	10.8
Santa Margarida (Ponto 1)	54.8
Santa Margarida (Ponto 2)	325.5
Santa Margarida (Ponto 3)	4.1
Morro do Telefone (Ponto 1)	214.3
Morro do Telefone (Ponto 2)	>2419,6
Morro do Telefone (Ponto 3)	1553.1
Fazendinha (Ponto 1)	17.3
Fazendinha (Ponto 2)	3.1
Fazendinha (Ponto 3)	4.1
Vermelha (Ponto 1)	816.4
Santa Bárbara (Ponto 1)	1
Santa Bárbara (Ponto 2)	1732.9
Santa Bárbara (Ponto 3)	<1

**Apêndice C9 – Tabela com os resultados da análise do parâmetro Ferro (mg L<sup>-1</sup>)**

<b>Localidades e Pontos</b>	<b>R1 (Absorção)</b>	<b>R2 (Absorção)</b>	<b>Média (Absorção)</b>	<b>Ferro (mg L<sup>-1</sup>)</b>
Bananal (Ponto 1)	0.015	0.013	0.014	<b>0.156</b>
Bananal (Ponto 2)	0.005	0.006	0.0055	<b>0.075</b>
Bananal (Ponto 3)	0.137	0.137	0.137	<b>1.329</b>
Jenipapo (Ponto 1)	0.002	0.003	0.0025	<b>0.047</b>
Jenipapo (Ponto 2)	0.005	0.004	0.0045	<b>0.066</b>
Jenipapo (Ponto 3)	0.037	0.038	0.0375	<b>0.380</b>

Ponte Nova (Ponto 1)	0.056	0.055	0.0555	<b>0.552</b>
Ponte Nova (Ponto 2)	0.026	0.021	0.0235	<b>0.247</b>
Ponte Nova (Ponto 3)	0.049	0.05	0.0495	<b>0.495</b>
São Luiz (Ponto 1)	0.069	0.067	0.068	<b>0.671</b>
São Luiz (Ponto 2)	0.058	0.06	0.059	<b>0.585</b>
São Luiz (Ponto 3)	0.031	0.031	0.031	<b>0.318</b>
Vila Pinheiro (Ponto 1)	0.014	0.013	0.0135	<b>0.152</b>
Vila Pinheiro (Ponto 2)	0.042	0.043	0.0425	<b>0.428</b>
Vila Pinheiro (Ponto 3)	0.019	0.018	0.0185	<b>0.199</b>
Valão dos Pires (Ponto 1)	0.004	0.003	0.0035	<b>0.056</b>
Valão dos Pires (Ponto 2)	0.005	0.005	0.005	<b>0.071</b>
Valão dos Pires (Ponto 3)	0.001	0.002	0.0015	<b>0.037</b>
São Joaquim (Ponto 1)	0.011	0.01	0.0105	<b>0.123</b>
São Joaquim (Ponto 2)	0.219	0.219	0.219	<b>2.111</b>
São Joaquim (Ponto 3)	0.122	0.122	0.122	<b>1.186</b>
Doutor Matos (Ponto 1)	0.061	0.061	0.061	<b>0.604</b>
Doutor Matos (Ponto 2)	0.134	0.134	0.134	<b>1.300</b>
Doutor Matos (Ponto 3)	0.032	0.031	0.0315	<b>0.323</b>
Santa Margarida (Ponto 1)	0.029	0.028	0.0285	<b>0.295</b>
Santa Margarida (Ponto 2)	0.045	0.046	0.0455	<b>0.457</b>
Santa Margarida (Ponto 3)	0.022	0.023	0.0225	<b>0.237</b>
Morro do Telefone (Ponto 1)	0.082	0.08	0.081	<b>0.795</b>
Morro do Telefone (Ponto 2)	1.013	1.014	1.0135	<b>9.684</b>
Morro do Telefone (Ponto 3)	0.002	0.002	0.002	<b>0.042</b>
Fazendinha (Ponto 1)	0.008	0.006	0.007	<b>0.090</b>
Fazendinha (Ponto 2)	0.016	0.015	0.0155	<b>0.171</b>
Fazendinha (Ponto 3)	0	0.0001	0.00005	<b>0.023</b>
Vermelha (Ponto 1)	0.005	0.006	0.0055	<b>0.075</b>
Santa Bárbara (Ponto 1)	0.015	0.016	0.0155	<b>0.171</b>
Santa Bárbara (Ponto 2)	0.087	0.088	0.0875	<b>0.857</b>
Santa Bárbara (Ponto 3)	0.013	0.014	0.0135	<b>0.152</b>



