

**REDE DOCTUM DE ENSINO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CARATINGA  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

**ÁGUAS SUBTERRÂNEAS  
VIABILIDADE DO USO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA PELA EMPRESA DE  
ABASTECIMENTO PÚBLICO DA CIDADE DE CARATINGA**

**ANA PAULA VIANA RIBEIRO  
FRANCYELE BRUNA GALVINO MALTA**

**Trabalho de Conclusão de Curso**

**Caratinga/MG**

**2016**

**ANA PAULA VIANA RIBEIRO  
FRANCYELE BRUNA GALVINO MALTA**

**ÁGUAS SUBTERRÂNEAS  
VIABILIDADE DO USO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA PELA EMPRESA DE  
ABASTECIMENTO PÚBLICO DA CIDADE DE CARATINGA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora do Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Tecnológico de Caratinga da DOCTUM Caratinga como requisito parcial para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Professor Orientador: Ricardo Botelho Campos  
Douglas Borges Domingos.

**Caratinga/MG**

**2016**

TERMO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DO TRABALHO

ÁGUAS SUBTERRÂNEAS - VIABILIDADE DO USO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA PELA EMPRESA DE ABASTECIMENTO PÚBLICO DE CARATINGA

Nome completo do aluno: ANA PAULA VIANA RIBEIRO  
FRANCYRELE BRUNA GALVINO MALTA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado perante a Banca de Avaliação composta pelos professores Ricardo Botelho Campos, Joildo Fernandes Costa Junior e Bárbara Dutra Da Silva, às 19:30 horas do dia 13 de dezembro de 2016, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil. Após a avaliação de cada professor e discussão, a Banca Avaliadora considerou o trabalho: APROVADO (aprovado ou não aprovado), com a qualificação: ÓTIMA (Excelente, Ótima, Bom, Satisfatório ou Insatisfatório).

Trabalho indicado para publicação: ( ) SIM ( ) NÃO

Caratinga,

13 de dezembro de 2016

Ricardo Botelho Campos  
Professor Orientador e Presidente da Banca

Joildo Fernandes Costa Junior  
Professor Avaliador 1

Bárbara Dutra Da Silva  
Professor Avaliador 2

Francyrelle B.C Malta / Ana Paula V. Ribeiro  
Aluno(a)

[Assinatura]  
Coordenador(a) do Curso

*Dedico este trabalho, ao meu esposo, a minha amiga Francyele e a todos que acompanharam e acreditaram no potencial que me fez merecedora dessa vitória!*

Ana paula Viana Ribeiro.

*Dedico este trabalho a meu irmão Tiago, que com sua sensibilidade, percebeu as minhas necessidades e, ao contrário de muitos, em vez de me dar conselhos para fazer o que ele achava certo, me apoiou a fazer aquilo que eu queria e acreditava.*

Francyele Bruna Galvino Malta.

## **AGRADECIMENTOS**

Foram cinco anos de encontros, desencontros, descobertas, amadurecimento, sonhos... Tanta coisa aconteceu. Muitos risos, lágrimas, muitas decepções e emoções, tudo com muita intensidade...

Mas com esforço e dedicação graças á Deus venci mais essa etapa da minha vida.

Agradeço Senhor, por todo amparo, por ter me carregado nos dias de mais fraqueza.

Agradeço aos meus pais, por terem me dado á luz para vencer.

Agradeço ao meu grupo "tô de boa", que me ajudaram em cada minuto dessa jornada, e me mostraram a importância de uma verdadeira amizade.

Agradeço a minha amiga companheira Francyclele, por toda compreensão, dedicação e conselhos, nos momentos mais difíceis.

Agradeço ao meu amor Silvestre, por todo apoio, paciência, dedicação, incentivo, e por não me deixar desistir.

Agradeço á todos os colegas que me acompanharam e colaboraram com os meus dias, sentirei muita falta de vocês.

Agradeço aos mestres, que se dedicaram a minha aprendizagem.

Aos diversos familiares e amigos, que me acompanharam e acreditaram em mim. Sou muito grata a tudo e a todos!

Ana Paula Viana Ribeiro.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, que me deu força e saúde para buscar meus objetivos.

Agradeço a minha família, principalmente minha mãe por ter disponibilizado o seu tempo e paciência para me apoiar e ajudar nos momentos difíceis.

Agradeço minha grande amiga, Ana Paula Viana, por ter me acompanhado nessa jornada desde o primeiro dia, me incentivando continuar mesmo nas adversidades.

Agradeço minhas irmãs de coração Camila Malta e Keitira Mello, que me deram forças e conselhos no momento mais difícil de minha vida.

Agradeço minha amiga Sheila Almeida, que mesmo na minha ausência, sempre fez questão da minha presença.

Agradeço em especial ao meu namorado, Weikman Sousa da Paixão, por todo carinho, paciência e compreensão nesse último ano, compartilhando minha dor e me dando apoio para seguir em frente.

Agradeço ao Engenheiro Civil Tiago Alves, por ter me recebido durante o período de estágio e ter contribuído de forma tão significativa no meu aprendizado.

E todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

Francyele Bruna Galvino Malta.

*“Sempre que te perguntarem se podes fazer um trabalho,  
respondas que sim e te ponhas em seguida a aprender como se faz”*

(F. Roosevelt)



RIBEIRO, Ana Paula; MALTA, Francyele. **Viabilidade do uso de água subterrânea pela empresa de abastecimento público da cidade de Caratinga.** Caratinga, 2016. 68f. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Civil - Curso de Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2016.

## **RESUMO**

Os longos períodos de estiagem na região têm causado uma drástica redução da vazão do rio Lage, atualmente único manancial que abastece a cidade de Caratinga, Minas Gerais. Essa diminuição dificulta a captação da vazão necessária para o abastecimento público da cidade, ocasionando transtornos à qualidade de vida da população no que diz respeito às necessidades essenciais à sobrevivência, bem como ao saneamento básico. Desta forma, surge a necessidade da busca por novos recursos que solucionem ou amenizem tal situação. O presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade do uso de água subterrânea para a complementação do abastecimento público da cidade de Caratinga, em períodos de seca, sem que haja o esgotamento dos aquíferos. Com base em outros trabalhos científicos, foi possível examinar e propor o local mais adequado para a captação da água subterrânea por poços artesianos ou semi-artesianos. Além disso, foi possível prever, através de cálculos, a população futura da cidade, bem como as vazões necessárias que um ou mais poços devem ter para suprir o abastecimento hídrico em períodos críticos de seca. Os resultados aqui apresentados podem contribuir efetivamente tanto para a melhoria das condições ambientais da região quanto para a qualidade de vida das pessoas que utilizam do abastecimento.

**Palavras-chave:** Seca; Abastecimento público; águas subterrâneas; viabilidade.

RIBEIRO, Ana Paula; MALTA, Francyele. **Viability of the use of groundwater by the public water supply company in the city of Caratinga.** Caratinga, 2016. 68f. Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Engenharia Civil - Curso de Engenharia Civil. Faculdades Integradas de Caratinga, Rede DOCTUM, Caratinga, 2016.

## **ABSTRACT**

The long periods of drought in the region have caused a drastic reduction in the flow of the Lage River, currently the only source that supplies the city of Caratinga, Minas Gerais. This decrease makes it difficult to capture the flow that is necessary for the public supply of the city, causing complications to the quality of life of the population when it comes to essential survival needs as well as to basic sanitation. In this way, there is a need to search for new resources that solve or soften this situation. The objective of this work is to analyze the viability of the use of groundwater for the complementation of the public supply in the city of Caratinga, during periods of drought, without the exhaustion of the aquifers. Based on other scientific works, it was possible to examine and propose the most suitable place for the abstraction of groundwater by artesian or semi-artesian wells. In addition, it was possible to predict, by calculations, the future population of the city, as well as the necessary flows that one or more wells must have to provide the water supply during critical periods of drought. The results presented here can contribute effectively both to improving the environmental conditions of the region and to the quality of life of people using the water supply.

**Key-words:** Drought; Public supply; Groundwater; Viability.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b>	<b>– Unidades de análise da bacia do rio Doce</b>	<b>22</b>
<b>Figura 2</b>	<b>– Delimitação da UPGRH DO5</b>	<b>23</b>
<b>Figura 3</b>	<b>– Tipos de solos</b>	<b>24</b>
<b>Figura 4</b>	<b>– Hidrogeologia (tipos de aquíferos) da UPGRH DO5</b>	<b>31</b>
<b>Figura 5</b>	<b>– Estrutura típica de um poço raso comum</b>	<b>34</b>
<b>Figura 6</b>	<b>– Poço artesiano e semi - artesiano</b>	<b>35</b>
<b>Figura 7</b>	<b>– Vazões médias mensais da bacia do rio Caratinga</b>	<b>37</b>
<b>Figura 8</b>	<b>– Distribuição das vazões específicas dos poços tubulares</b>	<b>38</b>
<b>Figura 9</b>	<b>– Outorgas do IGAM (subterrâneo)</b>	<b>39</b>
<b>Figura 10</b>	<b>– Porcentagem de Resultados que não atenderam ao padrão da classe 2 nas estações de monitoramento RD056 e RD057, situada no rio Caratinga</b>	<b>41</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b>	– Poços outorgados pelo IGAM . . . . .	39
<b>Tabela 2</b>	– População de Caratinga 2000 a 2010 . . . . .	56
<b>Tabela 3</b>	– População geral x urbana 30 anos passados Caratinga MG . . . . .	57
<b>Tabela 4</b>	– Crescimento demográfico estimado . . . . .	58
<b>Tabela 5</b>	– Comparação população vazão média de 2016 a 2046 . . . . .	59
<b>Tabela 6</b>	– Comparação da vazão média e vazão a ser captada . . . . .	60
<b>Tabela 7</b>	– Previsão da vazão a ser complementada no abastecimento . . . . .	61

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAS	Associação Brasileira de Águas subterrâneas
ANA	Agência Nacional de Águas
COPASA	Companhia de Saneamento do Estado de Minas Gerais
DATUSUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil
ETA	Estação de Tratamento de Água
FAGAR	Faro, Gestão de Águas e Resíduos
FUNDAJ	Fundação Joaquim Nabuco
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão de Águas
MCID	Ministério das Cidades
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
ONU	Organização das Nações Unidas
PARH	Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos Caratinga
PIRH	Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce
SIAGAS	Serviço de Informações de Águas Subterrâneas
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SNSA	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (acrônimo de United Nations Educational, Scientific and Cultural)
UPGRH	Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>16</b>
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	16
1.2 JUSTIFICATIVA	18
1.3 OBJETIVOS	19
<b>1.3.1 OBJETIVO GERAL</b>	<b>19</b>
<b>1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>19</b>
1.4 METODOLOGIA	19
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO	20
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>21</b>
2.1 HISTÓRIA DE CARATINGA	21
<b>2.1.1 REDE HIDROGRÁFICA</b>	<b>21</b>
<b>2.1.2 DESCRIÇÃO DA UPGRH DO5</b>	<b>21</b>
<b>2.1.3 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA UPGRH DO5</b>	<b>22</b>
<b>2.1.4 SOLOS</b>	<b>23</b>
<b>2.1.5 CRESCIMENTO POPULACIONAL</b>	<b>25</b>
<b>2.1.6 DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO</b>	<b>25</b>
2.2 CAPTAÇÃO DA ÁGUA	25
<b>2.2.1 FONTES DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO</b>	<b>25</b>
<b>2.2.2 TIPOS DE MANANCIAIS</b>	<b>26</b>
2.3 ÁGUAS SUPERFICIAIS	26
<b>2.3.1 CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS</b>	<b>27</b>
2.4 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	27
<b>2.4.1 OCORRÊNCIA E VOLUME DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS</b>	<b>28</b>
2.4.1.1 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS	28
<b>2.4.2 PROPRIEDADES DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS</b>	<b>29</b>
<b>2.4.3 AQUÍFEROS</b>	<b>30</b>
2.4.3.1 TIPOS DE AQUÍFEROS DE CARATINGA	30
<b>2.4.4 POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS</b>	<b>32</b>
<b>2.4.5 CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS</b>	<b>32</b>
2.4.5.1 CAPTAÇÃO EM LENÇOL FREÁTICO	33
2.4.5.2 CAPTAÇÕES EM LENÇOL ARTESIANO	34
2.5 VAZÃO NATURAL	35
<b>2.5.1 VAZÃO REGULARIZADORA</b>	<b>36</b>
2.6 ABASTECIMENTO DE CARATINGA	36
2.7 DISPONIBILIDADE HÍDRICA DE CARATINGA	37

<b>2.7.1</b>	<b>DISPONIBILIDADE HIDRICA SUBTERRÂNEA</b>	37
<b>2.7.2</b>	<b>OUTORGA DE DIREITO DE USO DOS RECURSOS HÍDRICOS</b>	38
2.7.2.1	OUTORGAS DOS POÇOS	38
<b>2.7.3</b>	<b>QUANTIDADE DE ÁGUA - BALANÇOS HÍDRICOS</b>	39
<b>2.7.4</b>	<b>QUALIDADE DE ÁGUA</b>	40
2.8	CAPTAÇÃO E ADUÇÃO	42
<b>2.8.1</b>	<b>CAPTAÇÃO</b>	42
<b>2.8.2</b>	<b>ADUÇÃO</b>	42
2.9	INFLUÊNCIAS DO DESMATAMENTO NA PERMEABILIDADE DO SOLO	43
<b>2.9.1</b>	<b>FUNÇÃO DA COBERTURA VEGETAL NO SOLO</b>	43
2.10	PERDAS	44
<b>2.10.1</b>	<b>PERDA REAL</b>	44
<b>2.10.2</b>	<b>PERDA APARENTE</b>	45
<b>3</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b>	<b>46</b>
3.1	TIPO DE PESQUISA	46
3.2	UNIVERSO E AMOSTRA	46
3.3	PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS	46
3.4	ANÁLISE DOS DADOS	47
<b>3.4.1</b>	<b>EMPRESA DE ABASTECIMENTO EM BUSCA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA</b>	47
<b>3.4.2</b>	<b>POPULAÇÃO DE PROJETO</b>	48
<b>3.4.3</b>	<b>ABASTECIMENTO</b>	48
<b>3.4.4</b>	<b>VARIAÇÃO DE CONSUMO</b>	48
3.5	CONSUMO PER CAPITA	49
<b>3.5.1</b>	<b>REDE DE DISTRIBUIÇÃO</b>	49
<b>3.5.2</b>	<b>VAZÕES DE PROJETO</b>	50
3.5.2.1	VAZÃO MÉDIA DIÁRIA ( $Q_{med}$ )	50
3.5.2.2	VAZÃO DE CAPTAÇÃO ( $Q_a$ )	50
3.5.2.3	VAZÃO DE RESERVAÇÃO ( $Q_c$ )	50
3.5.2.4	VAZÃO DE DISTRIBUIÇÃO ( $Q_d$ )	51
<b>3.5.3</b>	<b>CONSUMO DIÁRIO</b>	51
<b>3.5.4</b>	<b>RESERVAÇÃO NECESSÁRIA</b>	51
3.6	PREVISÕES DE POPULAÇÃO	51
<b>3.6.1</b>	<b>MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE CRESCIMENTO POPULACIONAL</b>	51
3.6.1.1	MÉTODO ARITMÉTICO	51
3.6.1.2	MÉTODO GEOMÉTRICO	52
<b>3.6.2</b>	<b>VAZÃO DISPONÍVEL NO MANANCIAL EM PERÍODOS DE SECA</b>	52
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>54</b>
4.1	ANÁLISE DA VIABILIDADE DO USO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO DA CIDADE DE CARATINGA	54

4.2 PREVISÃO DA QUANTIDADE DE ÁGUA NECESSÁRIA PARA O ABASTECI- MENTO . . . . .	54
<b>4.2.1 CONSUMO DA POPULAÇÃO DE CARATINGA . . . . .</b>	<b>55</b>
4.2.1.1 VAZÃO MÉDIA DIÁRIA (Q <sub>med</sub> ) . . . . .	55
4.2.1.2 VAZÃO DE CAPTAÇÃO (Q <sub>a</sub> ) . . . . .	55
4.2.1.3 VAZÃO DE RESERVAÇÃO (Q <sub>c</sub> ) . . . . .	55
4.2.1.4 VAZÃO DE DISTRIBUIÇÃO (Q <sub>d</sub> ) . . . . .	55
<b>4.2.2 CONSUMO DIÁRIO . . . . .</b>	<b>55</b>
<b>4.2.3 RESERVAÇÃO NECESSÁRIA . . . . .</b>	<b>55</b>
4.3 PREVISÃO DA POPULAÇÃO DE CARATINGA . . . . .	56
4.3.0.1 PREVISÃO DA VAZÃO DISPONÍVEL NO MANANCIAL EM PERÍODOS DE SECA . . . . .	60
<b>5 CONCLUSÃO . . . . .</b>	<b>63</b>
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .</b>	<b>65</b>
<b>ANEXO A - Ofício de Requerimento a COPASA . . . . .</b>	<b>67</b>



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A água é um bem essencial para vida humana. As civilizações cresceram principalmente às margens de rios ou fontes de água potável. A partir daí já se propuseram a pensar em como canalizar águas para atender as cidades, bem como plantações próximas a esses rios. Assim começou empiricamente um tópico da engenharia: o abastecimento.

É fato que água é uma necessidade básica e essencial para diversas atividades, o que chama a atenção ao problema de escassez hídrica. O Brasil é o país classificado como rico em água pela ONU, com a disponibilidade hídrica de mais de  $10.000m^3$  por habitante anualmente. No entanto, ainda há cidades com problemas de abastecimento e como existe um aumento na densidade demográfica e urbanística, mostra-se a necessidade de analisar estes dados (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS-ANA, 2016).

A crescente industrialização, os avanços tecnológicos e a explosão demográfica, têm causado a poluição da água doce e a escassez da mesma. Entretanto, aumentando a necessidade de ações que resultem na gestão correta desses recursos hídricos e também definindo parâmetros para a qualidade da água. A conservação dos recursos hídricos para abastecimento humano é indispensável para a garantia do acesso à água potável. Por isso, ações que visam à redução em perdas relacionadas a este problema, devem merecer atenção especial.

Os mananciais hídricos subterrâneos são utilizados como fontes de abastecimento para uso doméstico, industrial ou agrícola. A qualidade de suas águas, associada à facilidade de extração em locais com escassez de águas de superfície, tem sido um fator importante e decisivo para o desenvolvimento de sistemas de extração em larga escala com redução de custos. Com a visão em satisfazer, quase sempre, demandas cada vez mais elevadas. Serviços públicos precários ou muitas vezes inexistentes podem também levar a busca por soluções mais imediatas e sem o devido controle por parte da comunidade.

A qualidade e quantidade das águas subterrâneas podem ser comprometidas caso a exploração não seja fundamentada em estudos preliminares de planejamento e de uso consciente dos mananciais. É de extrema importância que a qualidade e a quantidade dos mananciais hídricos, sejam asseguradas, bem como a proteção dos mesmos contra fontes poluentes, para não comprometer as gerações futuras. Cabe ressaltar, que a recuperação de aquíferos contaminados é complexa, visando à lenta renovação de suas águas, com velocidades de fluxo reduzidas, bem como os elevados custos de remediação.

A escassez de água para os diversos usos gera uma procura crescente de novas fontes de abastecimento e tem causado a exploração cada vez maior da água subterrânea, muitas vezes esgotando os aquíferos em um ritmo insustentável. Aquíferos são formações geológicas constituídas por rochas que são capazes de armazenar água, transmitindo quantidades significativas. São, reservatórios naturais subterrâneos que podem ser de variados tamanhos, contudo, de poucos a milhares de  $km^2$ , ou também, podem apresentar espessuras de poucos metros a centenas de metros de profundidade.

O presente trabalho procura fornecer uma visão geral dos aspectos hidrogeológicos mais importantes envolvidos nos projetos de água subterrânea para abastecimento público e a consequente perfuração de poços tubulares profundos na região de Caratinga. Estes aspectos estão relacionados ao potencial hidrogeológico, ou importância de cada aquífero para determinada região em estudo. Foi considerado para este trabalho, que este potencial se relacione principalmente com: a qualidade e quantidade ou produtividade de água de cada aquífero e suas condições para a sua exploração<sup>1</sup>, as condições hidrogeológicas, a vazão explorada de cada poço em função da demanda necessária para o abastecimento local.

A problemática em questão objetiva desenvolver uma metodologia sistemática de trabalho para a exploração e monitoramento das águas subterrâneas e que esta possa ser aplicada para cada situação e região em estudo. Também o de poder dar uma efetiva contribuição para a melhoria das condições ambientais da região.

---

<sup>1</sup> Exploração: é a retirada de recursos naturais com máquinas adequadas, para fins de beneficiamento, transformação e utilização (FONTE: DICIONÁRIO AURÉLIO).

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Diante do problema de escassez de água na cidade de Caratinga, tem-se estudado a possibilidade do uso de água subterrânea no abastecimento público da mesma. O abastecimento não está sendo suficiente para toda a cidade, principalmente em tempos de seca, conforme informa a COPASA, atualmente única empresa estatal responsável pelo abastecimento público na região. Foi registrada por um certo período, uma redução drástica do volume de água do Córrego do Lage, responsável pelo abastecimento do município, tendo diminuído a vazão normal captada de 180 para 142 litros de água por segundo, uma queda de 21,1%, em algumas situações, a queda foi de 43,3% (PORTAL SANEAMENTO BÁSICO, 2015).

Rodízios de distribuição foram criados para amenizar essa queda, gerando períodos de interrupções de água de até 36 horas, ocasionando transtornos e mudando a rotina para toda população dependente desse abastecimento. A COPASA esclarece que tal situação é causada pelo longo período de estiagem na bacia hidrográfica do Córrego que, com ao aumento do consumo de água devido ao forte calor, faz com que o abastecimento na cidade fique prejudicado. Caso não chova consideravelmente na região ou não haja uma redução do consumo de água pela população, é necessário a adoção de manobras operacionais no sistema de abastecimento de água.

Diante do exposto, este trabalho apresenta uma alternativa, o uso de água subterrânea, que corresponde à parcela mais lenta do ciclo hidrológico e constitui nossa principal reserva de água, ocorrendo em volumes muito superiores aos disponíveis na superfície. Essas águas representam a parcela da chuva que se infiltra no subsolo e migram continuamente em direção às nascentes, leitos de rios, lagos e oceanos.

No Brasil, em geral, as águas subterrâneas abastecem rios e lagos, daí, mesmo na época seca, a maioria dos nossos rios são perenes. Os aquíferos têm importância estratégica com funções ainda pouco exploradas, tais como: produção, armazenamento, transporte, regularização, filtragem e autodepuração, além da função energética, quando as águas saem naturalmente quentes do subsolo. Os usos múltiplos das águas subterrâneas são crescentes, particularmente: abastecimento, irrigação, engarrafamento de águas minerais e potáveis de mesa e outros. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2011)

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística-IBGE (RECURSOS NATURAIS E MEIO AMBIENTE, 1998), estima-se que 51% do suprimento de água potável sejam originados do recurso hídrico subterrâneo. As águas subterrâneas têm grande alcance social, já que os poços, quando bem construídos e protegidos, garantem a saúde da população.

O presente trabalho propõe uma análise da situação da distribuição de água superficial, para averiguar a gravidade da falta da mesma. Além disso, um estudo das condições ambientais da região, para estabelecer quais melhorias podem ser realizadas e também à análise da viabilidade do uso da água subterrânea para complementar o abastecimento da cidade de Caratinga.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo geral, fazer um estudo de viabilidade do uso de água subterrânea para complementar o abastecimento público, com o intuito de amenizar a escassez de água na cidade de Caratinga, sem que haja o esgotamento dos aquíferos, como também, dar uma efetiva contribuição para a melhoria das condições ambientais da região.

### 1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar a História de Caratinga-MG, destacando sua rede hidrográfica, tipos de solo, seu abastecimento populacional e desenvolvimento;
- Retratar as principais características das águas subterrâneas, bem como, a disponibilidade hídrica da cidade e outorgas dos poços;
- Analisar a situação da distribuição de água superficial, para averiguar a gravidade da falta da mesma;
- Realizar um levantamento do consumo do aquífero, ou seja, retirada e abastecimento natural;
- Desenvolver a análise da viabilidade, como também fazer a previsão da quantidade de água necessária para suprir a falta da mesma no período mais crítico, pelo cálculo de vazões, para o consumo da população em estudo, ou seja, analisar a vazão necessária para abastecer a cidade;
- Comparar e analisar os resultados obtidos e identificar a viabilidade do aquífero para abastecer a cidade.

## 1.4 METODOLOGIA

O presente trabalho foi fundamentado em revisão bibliográfica, utilizando artigos, livros, revistas, pesquisa na internet, trabalhos acadêmicos, dissertações e coleta de dados em órgãos oficiais.

Foi abordada a história de Caratinga, com sua rede hidrográfica, tipos de solo, seu crescimento populacional e desenvolvimento econômico, captação de água para abastecimento, tipos de mananciais, tipos de aquíferos, disponibilidade hídrica subterrânea, qualidade, abastecimento, variação de consumo, abastecimento de Caratinga, outorgas dos poços, influência do desmatamento na permeabilidade do solo, entre outros dados.

Em seguida, foi descrito o procedimento para análise dos dados obtidos na busca de informações, para a construção do banco de dados.

Por fim, foram debatidos os resultados obtidos após as análises da situação do abastecimento de Caratinga e disponibilidade do uso de água subterrânea, sendo apresentada a conclusão das análises.

O método usado para analisar a viabilidade do uso de água subterrânea para o abastecimento público por parte da COPASA foi através de comparação de dados existentes.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

No primeiro capítulo foi feita uma introdução do assunto abordado no trabalho, apresentando de maneira breve o tema e a problematização do estudo. Contém ainda, justificativa, objetivos, metodologia e a estrutura da monografia.

O segundo capítulo contém a revisão bibliográfica abordando os conceitos sobre rede hidrográfica e tipos de solo do município, seu crescimento populacional e desenvolvimento econômico, captação de água para abastecimento, tipos de mananciais, tipos de aquíferos, disponibilidade hídrica subterrânea, qualidade, abastecimento, variação de consumo, abastecimento de Caratinga, outorgas dos poços e influência do desmatamento na permeabilidade do solo.

No terceiro capítulo trata-se dos procedimentos metodológicos para análise da viabilidade do uso de água subterrânea para o abastecimento previsto pelos cálculos.

No quarto capítulo aborda-se a discussão dos resultados obtidos através do estudo de revisão bibliográfica e análise da viabilidade do abastecimento.

No quinto capítulo encontram-se as considerações finais do trabalho, conclusões e sugestões para pesquisas futuras.

Por último, as referências bibliográficas citadas para dar embasamento ao trabalho realizado.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 HISTÓRIA DE CARATINGA

#### 2.1.1 REDE HIDROGRÁFICA

O principal rio da cidade, afluente da margem direita do rio Doce é o Rio Caratinga. Com suas nascentes no município de Santa Bárbara do Leste e estende-se por cerca de 222 km, passando pelas cidades de Santa Rita de Minas, Ubaporanga, Inhapim e Dom Cavati. Deságua no rio Doce, na divisa dos municípios de Tumiritinga e Conselheiro Pena. Seu principal afluente pela margem direita é o rio Preto, e a margem esquerda são os ribeirões Alegre e Queiroga (PARH CARATINGA, 2010).

Na bacia incremental, os principais rios e córregos que drenam para o Doce a montante da confluência<sup>1</sup> com o Caratinga são: Ribeirão do Boi, rio Branco, Córrego Beija-Flor, ribeirão do Bugre, Brejão, ribeirão do Café, ribeirão Santo Estevão, Córrego Perdiddinha, Córrego Perdida, Traíra, entre outros menos representativos. Já na porção a jusante da confluência do Caratinga com o Doce, esta bacia incremental conta com os seguintes rios e córregos: córrego Sapucaia, córrego da Virgulina, córrego da Lapa, ribeirão Itatiaia, Córrego Rochedo do João Pinto Córrego Taquaraçú, entre outros (PARH CARATINGA, 2010).

#### 2.1.2 DESCRIÇÃO DA UPGRH DO5

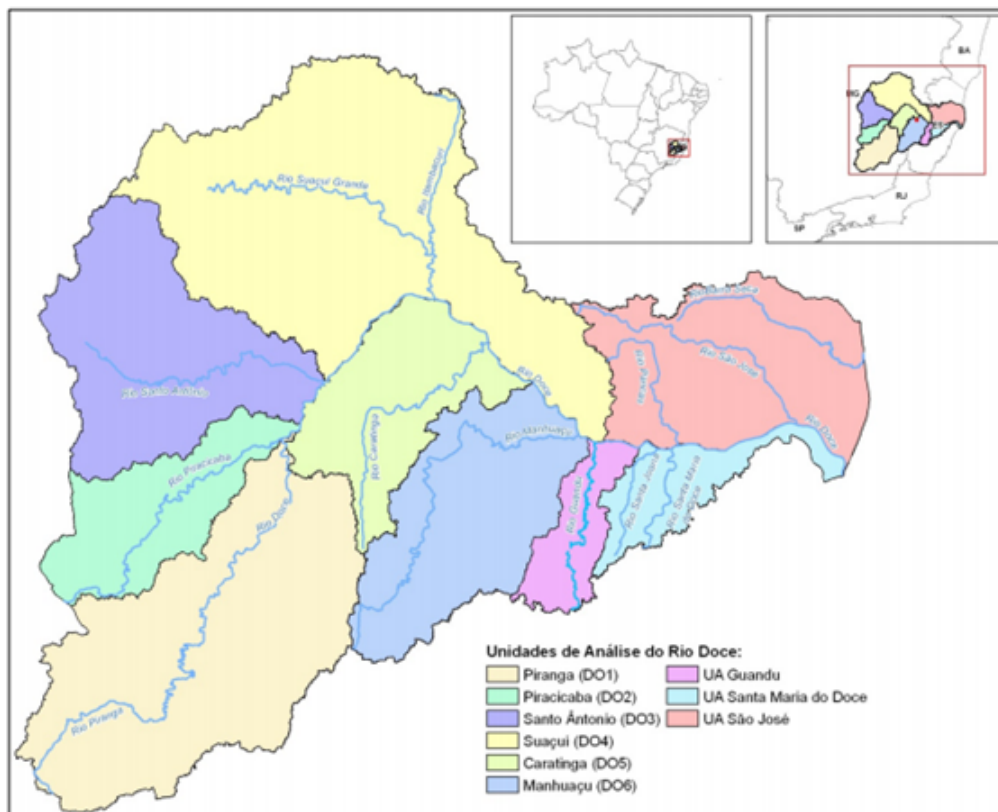
O Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos Caratinga – PARH, é parte integrante do Plano Integrado de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Doce – PIRH Doce, considerando mesmos objetivos, metas básicas, horizonte de planejamento e a realidade desejada. Cada PARH é por conseguinte, um desdobramento do Plano Integrado de Recursos Hídricos, seguindo as especificidades de cada unidade de planejamento.

Adotou-se em Minas Gerais, a divisão das já formadas Unidades de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos (UPGRH's), como mostra na figura 1, com Comitês de Bacia estruturados, conforme descrito abaixo:

- DO1 – Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Piranga;
- DO2 – Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Piracicaba;
- DO3 – Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Santo Antônio;
- DO4 – Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Suaçuí;

<sup>1</sup> Confluência: Que se dirige para o mesmo ponto; convergência, (FONTE: DICIONÁRIO AURÉLIO).

- DO5 – Comitê de Bacia Hidrográfica do rio Caratinga;
- DO6 – Comitê de Bacia Hidrográfica Águas do rio Manhuaçu.

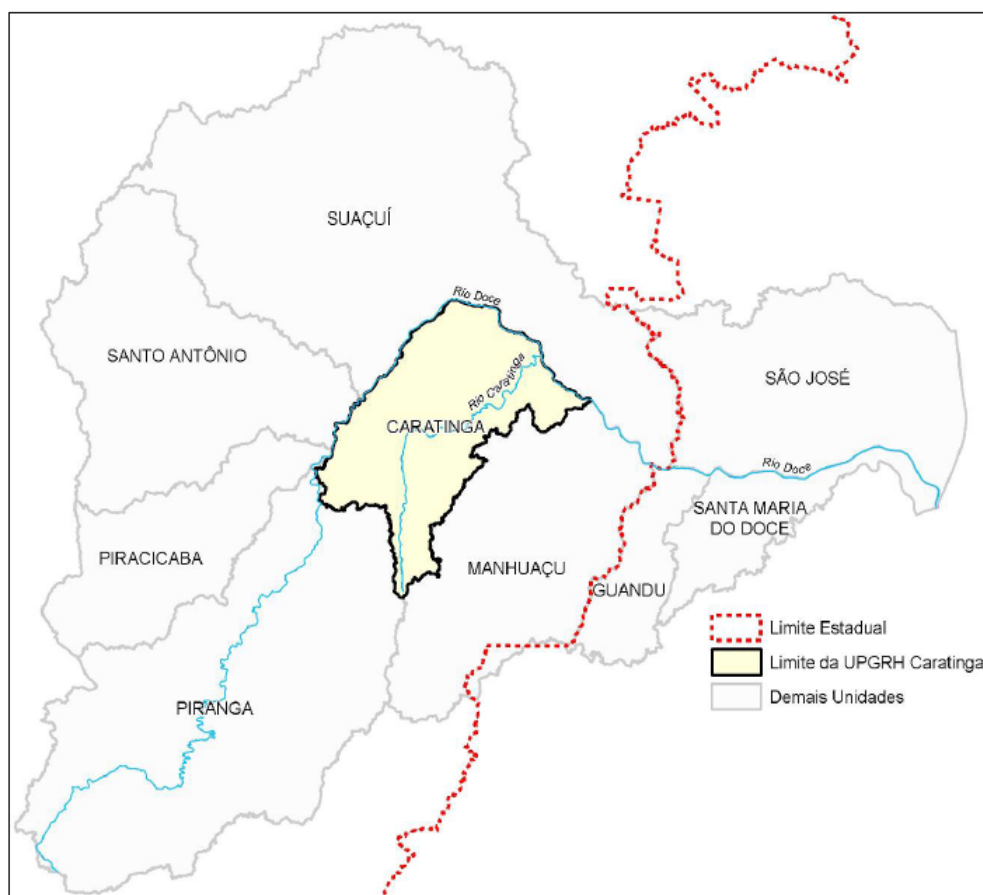


**Figura 1: Unidades de análise da bacia do rio Doce**

Fonte: PARH Caratinga, (2010)

### 2.1.3 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA UPGRH DO5

A UPGRH DO5 insere-se totalmente no Estado de Minas Gerais, envolvendo uma área de 6.677,62 km<sup>2</sup> (Figura 2).



**Figura 2: Delimitação da UPGRH DO5**

Fonte: PARH Caratinga, (2010)

#### 2.1.4 SOLOS

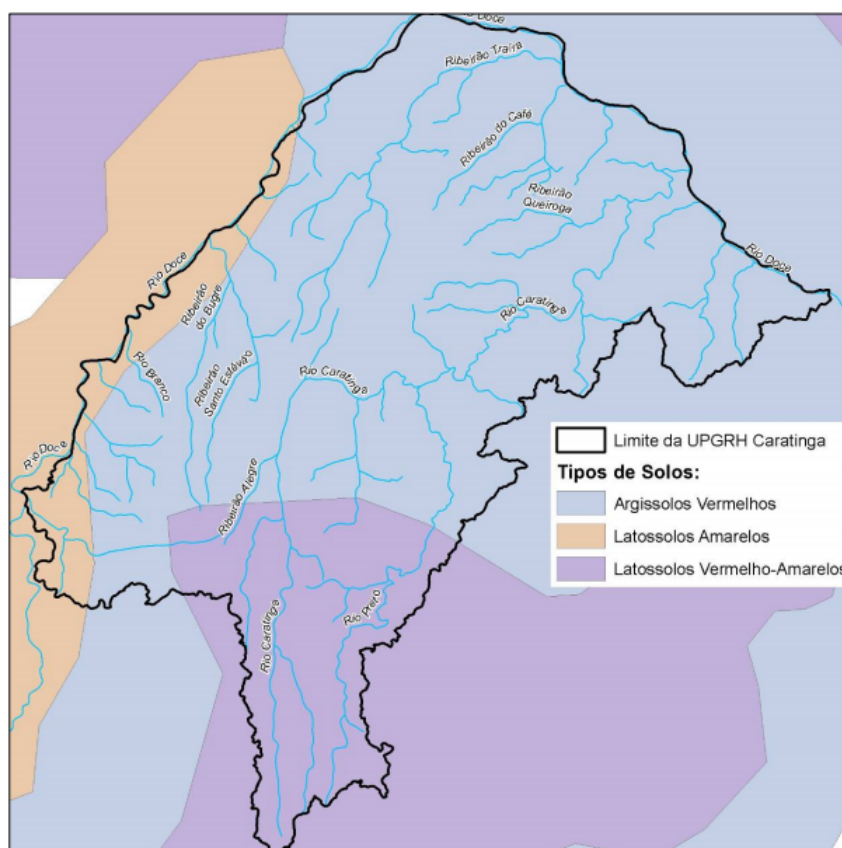
Os solos são apresentados de forma resumida, pela relação entre a qualidade e quantidade de água superficial e os processos erosivos (figura 3).

- Na UPGRH DO5 os Argissolos Vermelhos são predominantes, desenvolvendo-se ao longo de praticamente todas as bacias dos rios Caratinga, Ribeirão Traíra, Ribeirão do Café e Ribeirão Queiroba, bem como ao longo da calha do rio Doce;
- Nas partes altas da bacia do Caratinga predominam-se os Latossolos Vermelho-Amarelos e ainda na parte oeste da unidade junto à calha do rio Doce se encontra os Latossolos Amarelos;
- Os solos da classe Argissolo Vermelho têm um gradiente textural entre os horizontes A e B, que possuem menor condutividade hidráulica. Podendo ocorrer uma rápida saturação do horizonte superficial mais arenoso e uma reduzida infiltração da água na superfície do solo, durante uma chuva forte. Isso favorece a ocorrência de processos importantes de



erosão, mesmo quando o relevo é suavemente ondulado. A principal limitação destes solos é o montanhoso;

- Os Latossolos caracterizam-se por serem mais profundos e bem drenados. São encontrados principalmente nos planaltos dissecados. São solos profundos e bem estruturados, mas são ácidos e de baixa fertilidade;
- Os Latossolos Vermelho Amarelos são encontrados nas partes altas da bacia do rio Caratinga, apresentando baixa alta saturação com alumínio (álícos) e saturação de bases (distróficos);
- Os Latossolos Amarelos ocorrem de maneira limitada junto à calha do rio Doce. Sendo sempre ácidos, nunca hidromórficos, porém são pobres em nutrientes para as culturas.



**Figura 3: Tipos de solos**

Fonte: PARH Caratinga, (2010)

### **2.1.5 CRESCIMENTO POPULACIONAL**

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, o IBGE, divulgou em 2016 um cálculo aproximado de aumento da população de Caratinga de 0,6%, tendo como base a divulgação anual das estimativas populacionais dos municípios brasileiros. Assim como em outros municípios, Caratinga teve um aumento populacional, possuindo 92.259 habitantes, sendo 560 caratinguenses a mais que no ano anterior. Em 2010 sua população foi contada pelo IBGE em 85.239 habitantes, por isso o 35º mais populoso de Minas Gerais e o primeiro de sua microrregião.

### **2.1.6 DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO**

Nos anos de 2003 e 2004 aconteceram fortes enchentes que destruíram o centro comercial de Caratinga, causando milhares de desabrigados. Somente em 2003, 6.800 pessoas perderam suas casas, 433 imóveis foram destruídos, 80 ficaram em situação de risco, 120 vias públicas foram interditadas, 38 pontes e estradas vicinais foram destruídas e 446 estabelecimentos comerciais foram atingidos. Foram acumulados 418,9 mm de chuva, no mês de janeiro daquele ano (BRASIL GIGANTE CARATINGA-MG, 2012).

Diferentemente do cenário anterior, a cidade de Caratinga vem sofrendo com a escassez de chuva, ocasionando uma drástica redução do volume de água do Córrego do Lage, responsável pelo abastecimento público do município. Foi reportada, uma diminuição da vazão normal captada de 180 para 142 litros de água por segundo, significando uma queda de 21,1%. Em algumas situações, a queda foi maior chegando a 43,3%, segundo a própria empresa responsável por essa captação (PORTAL SANEAMENTO BÁSICO, 2015).

## **2.2 CAPTAÇÃO DA ÁGUA**

Captação de água é o conjunto de estruturas e dispositivos, construídos ou montados junto a um manancial, para a retirada de água destinada a um sistema de abastecimento (NBR 12213, 1992).

### **2.2.1 FONTES DE ÁGUA PARA ABASTECIMENTO**

O ser humano possui dois tipos de fontes para seu abastecimento, sendo as águas superficiais (rios, lagos, canais, etc.) e subterrâneas (lençóis subterrâneos). Ocasionalmente essas fontes não estão sempre separadas. Em seu percurso pela crosta terrestre a água que em determinado local é superficial pode ser subterrânea em uma próxima etapa, e até voltar a ser superficial posteriormente. As águas superficiais são as de mais fácil captação e por isso havendo, uma tendência a que sejam mais utilizadas no consumo humano.

Porém, dos 2,5% de água doce existente no planeta, apenas 0,3% encontram-se disponíveis superficialmente, 30,8% armazenado em reservas subterrâneas e o restante 68,9% gelo e neve. Mas nem toda água armazenada no subsolo pode ser extraída em condições economicamente viáveis, principalmente a localizada em profundidades excessivas e confinada entre formações rochosas (FARO, GESTÃO DE ÁGUAS E RESÍDUOS - FAGAR, 2011).

### 2.2.2 TIPOS DE MANANCIAIS

A captação tem como finalidade criar condições para que a água seja captada do manancial abastecedor em quantidade capaz de atender o consumo e com a qualidade que dispense tratamentos ou os reduza ao mínimo possível. É, contudo, a unidade de limite de montante do sistema. Dá-se o nome de manancial abastecedor a fonte em que se retira água em condições sanitárias adequadas e vazão suficiente para atender a demanda. Existindo mais de um manancial, a escolha é feita considerando não apenas a qualidade e quantidade, mas também, o aspecto econômico, pois nem sempre o que de início custa menos é favorável, já que o custo maior pode implicar em custo de operação e manutenção menor (GUIMARÃES, CARVALHO E SILVA, AGOSTO 2007).

Para escolher o manancial, precisa-se levar em consideração o consumo atual provável, como também a previsão de crescimento da população que fará uso do mesmo e sua capacidade de satisfazer ou não a este consumo. Todo e qualquer sistema é projetado para servir, por certo período de tempo, denominado período de projeto. Estes reservatórios podem ser: superficiais (rios e lagos), subterrâneos (fontes naturais, galerias filtrantes, poços) e águas pluviais (superfícies preparadas). Embora, como citado acima, os mananciais superficiais pareçam ser mais facilmente utilizável, as águas subterrâneas são aproveitadas desde os primórdios. Povos egípcios e chineses já possuíam técnicas de escavação do solo com a finalidade exclusiva de obterem água.

### 2.3 ÁGUAS SUPERFICIAIS

A denominação “águas superficiais” se dá aquelas águas que, ao se acumularem na superfície, escoam formando rios, riachos, lagos, lagoas e etc. Por não penetrarem no solo, as águas superficiais formam as principais fontes de abastecimento de água potável do planeta. Um dos principais aspectos das águas superficiais é o seu ininterrupto processo de movimento e troca com outras áreas e reservatórios superficiais. Essa troca permite a passagem de nutrientes, beneficiando a formação de uma diversidade de ecossistemas. As águas superficiais são fundamentais para estabelecer o equilíbrio ambiental da fauna e da flora.

Matéria orgânica em decomposição provenientes de todo tipo de vida são levados para estas águas, mesmo as águas superficiais de áreas mais calmas e preservadas, muitas vezes possuem colorações e odores diferenciados. É devido todas essas trocas com o meio ambiente

que são indicados que as águas superficiais, por mais limpas que aparentem ser, possuam um tratamento adequado antes de serem consumidas por seres humanos.

### 2.3.1 CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUPERFICIAIS

Para o objeto em estudo se faz mais importante este sistema de captação, por a maioria dos empreendimentos de abastecimento se usar dessa forma.

Para o planejamento de uma captação de mananciais superficiais devem ser examinados cuidadosamente os dados e elementos que falam sobre as características de qualidade e quantidade dos mesmos, tais como: dados hidrológicos da bacia em questão, dados fluviométricos do curso d'água e elementos referentes a características físicas, químicas e bacteriológicas da água a ser aproveitada (AZEVEDO NETTO, 2008).

## 2.4 ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

É considerada água subterrânea toda aquela que sucede abaixo da superfície terrestre, que vão preenchendo os poros ou vazios inter granulares das rochas sedimentares, ou espaços entre as rochas compactadas, e que ao submeter-se as forças de adesão e de gravidade, desempenham um papel essencial na conservação da umidade do solo, do fluxo dos rios, lagos e brejos. Uma fase do ciclo hidrológico, é realizada pelas águas subterrâneas, uma vez que constituem uma da parcela água precipitada. (ABAS, 2016).

Parte das águas que se infiltram e percolam no interior do subsolo, são das precipitações que ocorrem em períodos de tempo extremamente variáveis, decorrentes de vários fatores:

- Porosidade do subsolo: a argila presente no solo faz com que sua permeabilidade diminui, impedindo uma grande infiltração;
- Cobertura vegetal: A cobertura de vegetação faz com que um o solo seja mais permeável do que um solo desmatado;
- Inclinação do terreno: A água escoar com mais rapidez em terrenos com declividades acentuadas, diminuindo a possibilidade de infiltração;
- Tipo de chuva: Os solos são saturados por chuvas acentuadas, à medida que as chuvas finas e demoradas têm mais tempo para a infiltração.

Quando ocorre a infiltração da água sob a ação da força de capilaridade ou de adesão, forma-se a zona não saturada, pela água retida nas regiões próximas da superfície do solo. A zona saturada é formada pela parcela de água.

## 2.4.1 OCORRÊNCIA E VOLUME DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

As águas subterrâneas se interagem no ciclo hidrológico dependendo das condições climáticas, do mesmo modo que as águas superficiais. No entanto as águas subterrâneas ( $10.360.230 \text{ km}^3$ ) são mais abundantes aproximadamente 100 vezes mais que as águas superficiais dos rios e lagos ( $92.168 \text{ km}^3$ ). Apesar de serem encontradas armazenadas nas mínimas fissuras e poros das rochas, elas ocorrem em extensões grandes, gerando alto volume de águas na ordem de aproximadamente  $23.400 \text{ Km}^2$ , distribuídas em uma área de aproximadamente 134,8 milhões de  $\text{Km}^2$ , resumindo-se em reservas de água doce. (SHIKWMANOV, 1998).

Segundo Rebouças et al. (2002):

A quantidade de água subterrânea pode chegar até 60 milhões de  $\text{km}^3$ , mas a sua ocorrência em grandes profundidades pode impossibilitar seu uso. a quantidade passível de ser captada estaria a menos de 4.000 metros de profundidade, compreendendo cerca de 10 milhões de  $\text{km}^3$  que, estaria assim distribuída:  $65.000 \text{ km}^3$  constituindo a umidade do solo; 4,2 milhões de  $\text{km}^3$  desde a zona não-saturada até 750 m de profundidade, e 5,3 milhões de  $\text{km}^3$  de 750 m até 4.000 m de profundidade, constituindo o manancial subterrâneo.

Além do que, o volume de água que pode ser armazenada pelas rochas e materiais sólidos em geral depende da porosidade do material de armazenamento, que pode ser de 45% da ligação de seus poros ou da quantidade e tamanho das aberturas e fissuras existentes. (IGM, 2001)

Nem todos os materiais formados geologicamente têm qualidade hidrodinâmicas que permitem a extração economicamente viável de água subterrânea que atendem as médias e grandes vazões pontuais. As vazões no Brasil que já foram obtidas por poços, variam de  $1 \text{ m}^3/\text{h}$  até mais de  $1.000 \text{ m}^3/\text{h}$  (FUNDAJ, 2003).

### 2.4.1.1 QUALIDADE DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Durante o trajeto de permeabilidade da água no subsolo e rochas ocorrem um processo ao qual a mesma se purifica, através de uma série de agentes físico-químicos (troca iônica, diminuição radioativo, retirada de sólidos em suspensão, pH em meio poroso no estado de neutralização, entre outros) e bacteriológicos (Suspensão de microrganismos por causa da falta de nutrientes e oxigênio que os possibilitem) que atuando sobre a água, alteram as suas características anteriormente adquiridas, tornando-a em especial mais adequada ao consumo humano (SILVA, 2003).

Por isso, a formação química da água subterrânea é a decorrência da mistura de água que penetra no solo e do processo químico influenciado diretamente pelas litologias atravessadas, contudo o volume de substâncias que se dissolvem nas águas subterrâneas aumenta segundo o seu percurso (SMA, 2003).

Para Marcos Silveira Wrege, (1997):

As águas subterrâneas apresentam algumas propriedades que tornam o seu uso mais vantajoso em relação ao das águas dos rios: são filtradas e purificadas naturalmente através da percolação, determinando excelente qualidade e dispensando tratamentos prévios; não ocupam espaço em superfície; sofrem menor influência nas variações climáticas; são passíveis de extração perto do local de uso; possuem temperatura constante; têm maior quantidade de reservas; necessitam de custos menores como fonte de água; as suas reservas e captações não ocupam área superficial; apresentam grande proteção contra agentes poluidores; o uso do recurso aumenta a reserva e melhora a qualidade; possibilitam a implantação de projetos de abastecimento à medida da necessidade.

#### 2.4.2 PROPRIEDADES DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Com o aumento da degradação da qualidade das águas superficiais, as águas subterrâneas assumem uma posição de maior importância para o uso humano. Devido às suas características e propriedades, podem exercer diferentes funções. Além disso, estas conferem-se às águas subterrâneas diversas vantagens, entre elas (REBOUÇAS, 1997 e REBOUÇAS ET AL., 2002):

- **Distribuição:** As águas subterrâneas se estendem por áreas bem maiores do que a calha de um rio ou lagoa, o que permite a perfuração de poços nos locais onde as demandas ocorrem. Nesse quesito, as águas subterrâneas facilitam a distribuição setorizada, visto que a distância dos poços até o reservatório ou caixa de água é, em geral, de pequena extensão;
- **Usos:** Além dos diversos usos das águas subterrâneas (por exemplo, abastecimento, indústria, agricultura, entre outros), aquelas que apresentam temperaturas elevadas podem ser exploradas economicamente em atividades relacionadas com o turismo termal e na indústria;
- **Custos:** O valor de perfuração dos poços, assim como os prazos de execução, são em geral, menores que os necessários para as obras de captação e transporte de águas de superfície. destaca-se também a facilidade da perfuração de poços que permite o planejamento da implantação gradual do sistema de abastecimento à medida que cresce a demanda, e os custos de manutenção e operação são inferiores. Além disso, não há custo de armazenamento primário, como nas barragens e açudes, e não requer a desapropriação de grandes áreas;
- **Meio ambiente:** Os impactos ambientais devido as instalações para o aproveitamento das águas subterrâneas são consideravelmente pequenos, uma vez que instalados e operados adequadamente, ficam restritos a área de captação (poço tubular). Para efeito de comparação têm-se os impactos causados pelas barragens, que envolvem grandes áreas e alteram o equilíbrio dos ecossistemas.

Por outro lado, devido seus aspectos, as águas subterrâneas exigem certos cuidados:

- A renovação (recarga) das águas extraídas dos aquíferos nem sempre ocorre na mesma velocidade de sua retirada, podendo provocar a superexploração ou sua exaustão. Nesse sentido, a exploração das águas subterrâneas exige um monitoramento constante dos volumes extraídos;
- Por estarem muitas vezes em grandes profundidades, as águas subterrâneas são mais difíceis de serem avaliadas, exigindo metodologias complexas;
- A baixa circulação da água nas fraturas (aquíferos fissurais), principalmente em locais com alto índice de evaporação, pode provocar a salinização (aumento do teor de sal) do aquífero;
- Ao explorar os aquíferos de forma inadequada, principalmente em áreas carbonáticas, pode causar subsidência (afundamentos) de terrenos;
- Em caso de poluição ou contaminação os custos e a complexidade técnica de recuperação (processo de despoluição e minimização dos impactos negativos) podem ser extremamente elevados, demandado longos períodos.

### 2.4.3 AQUÍFEROS

Um aquífero é toda formação geológica do subsolo, que constitui-se de rochas permeáveis, armazenando água em seus poros ou fissuras. Refere-se a aquífero também, como sendo apenas um material geológico capaz de depositar e de transmitir a água armazenada. Desse modo, uma litologia só será aquífero se, além de possuir seus poros saturados de água, possibilitar a fácil propagação da água armazenada (ABAS, 2007).

#### 2.4.3.1 TIPOS DE AQUÍFEROS DE CARATINGA

O estudo do aquífero, ou seja, sua estrutura geológica (porosidade/permeabilidade Inter granular ou de fraturas) que irá indicar a velocidade da água em seu meio, a qualidade da água e sua qualidade como reservatório. Essa estudo é decorrente da sua origem geológica, podendo ser fluvial, eólica, glacial, lacustre e aluvial (rochas sedimentares), vulcânica (rochas fissuradas) e metamórfica (rochas calcárias), definindo os tipos de aquíferos diferentes.

Cerca de 86% da UPGRH DO5 situa-se sobre os sistemas aquíferos fissurados das rochas cristalinas, cujo substrato são rochas granitóides de composições diversas (Figura 4), (PARH CARATINGA, 2010).





apresentar maiores problemas de contaminação, são mais comuns e mais explorados pela população;

- **Aquífero confinado ou artesiano:** é constituído por uma formação geológica permeável, isolada entre duas camadas impermeáveis ou semipermeáveis. A pressão da água no pico da zona saturada é maior do que a pressão atmosférica naquele ponto, isso faz com que a água ascenda no poço para além da zona aquífera. O seu reabastecimento ou recarga, dá-se preferencialmente nos locais onde a formação aflora à superfície e ocorre através das chuvas. Nesses aquíferos, o nível da água encontra-se sob pressão, podendo causar artesianismo nos poços que captam suas águas;
- **O aquífero semi-confinado:** é aquele que se encontra limitado na base, no pico, ou em ambos, por camadas cuja permeabilidade é menor do que a do aquífero em si. O fluxo preferencial da água se dá ao longo da camada aquífera. Secundariamente, esse fluxo se dá através das camadas semi-confinantes, à medida que haja uma diferença de pressão hidrostática entre a camada aquífera e as camadas subjacentes ou sobrejacentes. Em certas circunstâncias, um aquífero livre poderá ser abastecido por água oriunda de camadas semi-confinadas subjacentes, ou vice-versa. Zonas de fraturas ou falhas geológicas poderão, também, constituir-se em pontos de fuga ou recarga da água da camada confinada.

#### **2.4.4 POLUIÇÃO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

Semelhante às águas superficiais, as águas subterrâneas podem enfrentar problemas relacionados à poluição, que pode ser relativo à contaminação do solo por produtos químicos de origem agrícola (pesticidas), industrial (chumbo e outros metais pesados) e residencial (esgoto doméstico). Estes poluentes podem penetrar na terra e contaminar as águas subterrâneas, deixando-as impróprias para o consumo. Uma vez poluídas, estas águas subterrâneas podem conduzir estes poluentes para os rios e lagos com os quais possuem contato (ABAS, 2007).

#### **2.4.5 CAPTAÇÃO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS**

Os reservatórios de águas subterrâneas são chamados de lençóis, que podem estar acumuladas em dois tipos: o freático ou o artesiano. De acordo com a NBR 12212, que normatiza as condições para elaboração de projeto de poço para captação de água subterrânea, caracteriza-se.

Lençol artesiano aquele que está confinado entre duas camadas impermeáveis de crosta terrestre (rocha) e submetido a uma pressão superior a pressão atmosférica local. Esta norma se aplica a todos os tipos de poços perfurados em rochas de características físicas as mais diversas.

### 2.4.5.1 CAPTAÇÃO EM LENÇOL FREÁTICO

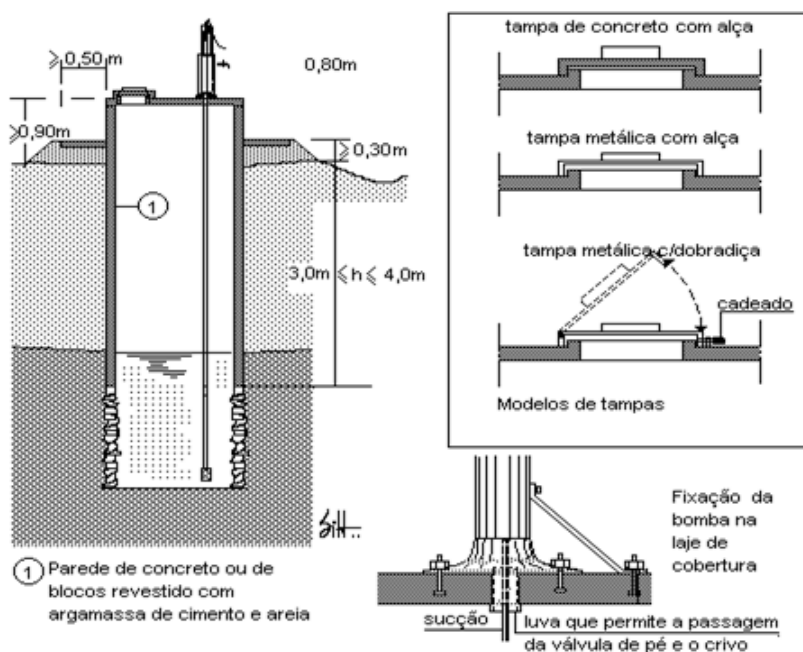
A captação do lençol freático pode ser feita por galerias filtrantes, drenos, fontes ou poços freáticos. O uso de galerias filtrantes é característico de locais permeáveis, mas de pequena espessura (aproximadamente de um a dois metros) onde necessita-se aumentar a área vertical de captação para coleta de maior vazão. Estas galerias são geralmente tubos furados, que convergem para um poço de reunião, de onde a água é extraída em geral por bombeamento, não sendo incomuns outros métodos mais rudimentares.

Os poços são mais comuns porque normalmente o lençol freático tem grande variação de nível entre as precipitações, ou seja, durante os períodos de estiagem, sendo necessário escavações mais profundas para garantia da permanência da vazão de captação. Sendo as camadas permeáveis de espessuras consideráveis, podendo em algumas situações haver a necessidade do emprego de captadores radiais partindo da parte mais profunda do poço para que este tenha rendimento mais efetivo. Os tipos de poços empregados na captação de água do lençol freático são o raso comum, e o amazonas (GUIMARÃES, CARVALHO E SILVA, AGOSTO 2007).

- O poço raso, popularmente chamado de cacimba ou cacimbão, é um poço construído com escavação do terreno, em geral na forma cilíndrica, com revestimento de alvenaria ou com peças pré-moldadas (tubulões), com diâmetro da ordem de um a quatro metros por cinco a vinte de profundidade em média, a depender da posição do lençol freático. A parte inferior, em contato com o lençol deve ser de pedra arrumada, de alvenaria furada ou de peças cilíndricas pré-moldadas furadas quando for o caso. Dependendo da estabilidade do local, o fundo do poço pode exigir o não revestimento (Figura 5).
- O poço amazonas é uma variável do escavado, próprio de áreas onde o terreno é muito instável por excesso de água no solo (areias movediças). Seu método construtivo é que o caracteriza, pois sua construção precisa ser executada por pessoas especializadas, empregando peças pré-fabricadas à medida que a escavação vai desenvolvendo-se. Sua denominação deve-se ao fato de ser muito comum na região amazônica em função de que os terrenos terem este comportamento, principalmente nas épocas de enchentes. São poços para pequenas vazões, destinados a abastecerem pequenas comunidades. Dependendo da vazão solicitada e da capacidade do lençol abastecedor os poços freáticos podem ser classificados da seguinte maneira:

a) Quanto à modalidade de construção:

- Escavados (profundidade até 20 m, diâmetros de 0,80 a 3,00 m, vazão até 20 L/s);
- Perfurados;



**Figura 5: Estrutura típica de um poço raso comum**

Fonte: Guimarães, Carvalho E Silva (Agosto 2007).

- Cravados.

b) Quanto ao tipo de lençol:

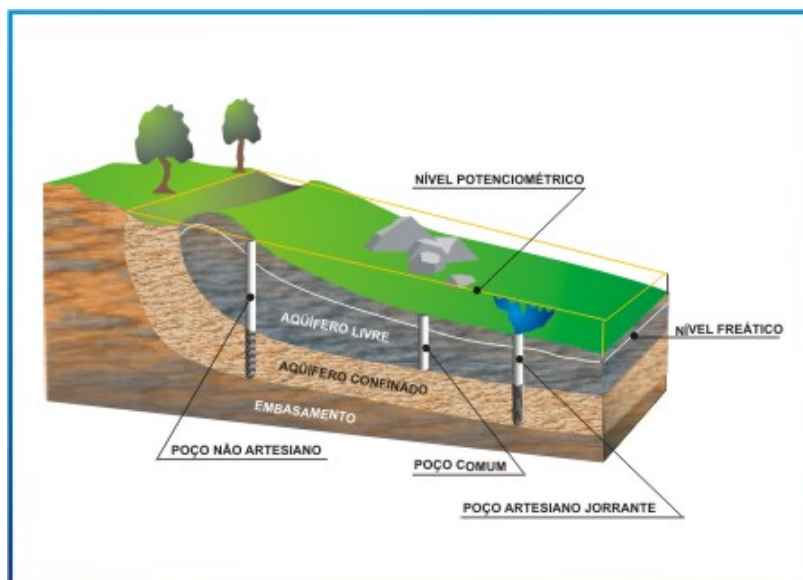
- Rasos;
- Profundos;
- Poço tubular profundo, também conhecido como poço artesiano, é aquele cuja perfuração é feita por meio de máquinas perfuratrizes à percussão, rotativas e rotoneumáticas. Possui alguns centímetros de abertura (no máximo 50 cm), revestido com canos de ferro ou de plástico.

#### 2.4.5.2 CAPTAÇÕES EM LENÇOL ARTESIANO

A captação de lençóis artesianos normalmente é feita através de poços artesianos e semi-artesianos, mais raramente, por fontes de encosta (Figura 6).

- Poço artesiano: similar ao poço convencional, um poço artesiano recebe essa denominação quando as águas fluem naturalmente do solo, num aquífero confinado, sem a necessidade de bombeamento. É um poço tubular profundo, cuja pressão da água é suficiente para permitir a subida da água à superfície, necessitando a instalação de equipamento na boca do tubo para controlar a saída da água (BOSCARDIN BORGHETTI ET AL. 2004);

- Poço semi-artesiano: Poço tubular profundo cuja pressão da água não é suficiente para a sua subida à superfície, necessitando instalação de equipamento no interior do poço para efetuar o bombeamento da água.



**Figura 6: Poço artesiano e semi - artesiano**

Fonte: Boscardin Borghetti et al. (2004).

## 2.5 VAZÃO NATURAL

A vazão natural é a que origina na bacia hidrográfica sem sofrer qualquer interferência do homem, como usos de consumir, derivações, regularizações, importações e exportações de água. Porém, esta condição não é observada na maior parte das bacias em decorrência das atividades da ação humana, que vem alternando as condições de uso e ocupação do solo e afetando diretamente as condições do escoamento superficial (DISPONIBILIDADE E DEMANDA DE RECURSOS HÍDICOS NO BRASIL, 2005).

A vazão natural média não deve ser considerada como único parâmetro para representar a disponibilidade hídrica, sendo que a descarga dos rios depende da sazonalidade e da variabilidade climática. Logo, os períodos críticos em termos de disponibilidade hídrica devem ser avaliados, com intuito de garantir uma margem de segurança às atividades de planejamento e gestão (DISPONIBILIDADE E DEMANDA DE RECURSOS HÍDICOS NO BRASIL, 2005).

### 2.5.1 VAZÃO REGULARIZADORA

Os reservatórios possuem capacidade de armazenar água nos períodos úmidos e liberar parte do volume armazenado nos períodos de seca, deixando disponível uma maior quantidade de água quando esta seria naturalmente menor. A vazão regularizada é a quantidade de água que pode ser fornecida por um reservatório com uma determinada segurança, considerado o período de dados da série histórica de vazões afluentes. Tem-se que, a maior vazão que pode ser regularizada é a vazão natural média. Entretanto, a vazão regularizada também é função das condições de operação dos reservatórios, que depende diretamente dos seus variados usos, que pode incluir a geração de energia, abastecimento humano, irrigação e o amortecimento de cheias, entre outros (DISPONIBILIDADE E DEMANDA DE RECURSOS HÍDICOS NO BRASIL, 2005).

### 2.6 ABASTECIMENTO DE CARATINGA

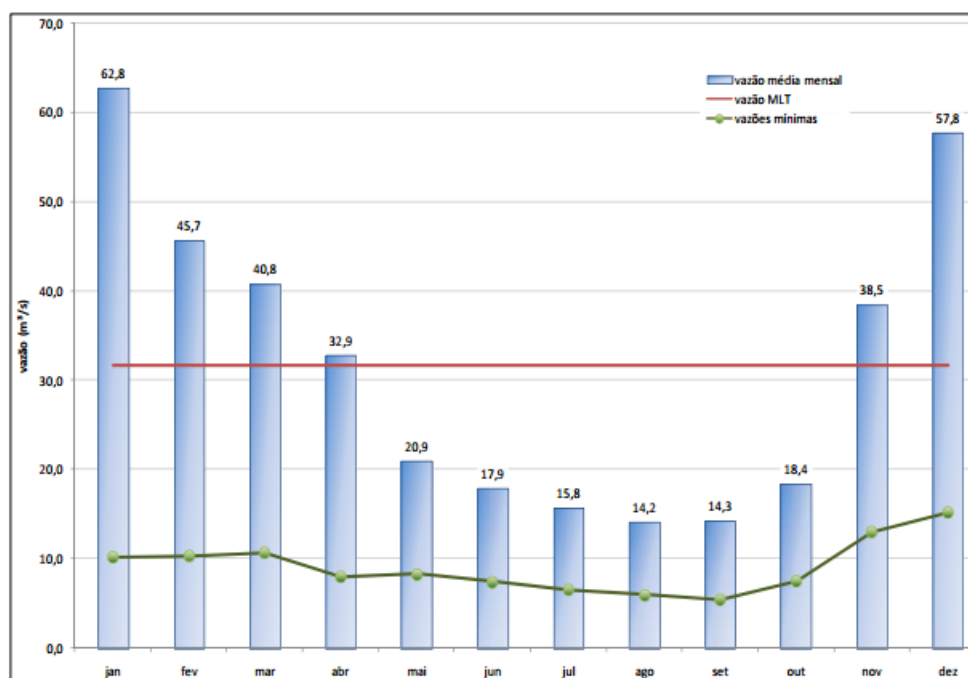
O manancial que atende a população de Caratinga é o Ribeirão do Lage, popularmente conhecido como Córrego do Lage, afluente do Rio Caratinga e parte integrante da Bacia do Rio Doce, com uma área total de aproximadamente  $97,2 \text{ km}^2$ . Constitui-se no conjunto de águas que são coletadas, tratadas e distribuídas pela COPASA, destinado ao atendimento de toda população da sede municipal e Caratinga/MG. Apresenta  $83,9 \text{ km}^2$  de área localizada à montante do ponto de captação da COPASA, inseridos nos municípios de Caratinga, Santa Bárbara do Leste e Santa Rita de Minas, localizando-se na Zona da Mata de Minas Gerais e distando, aproximadamente, 320 km de Belo Horizonte (COPASA, 1997).

O Abastecimento é uma peça importante da engenharia e necessária para constituição de cidades. O crescimento e desenvolvimento das cidades deve sempre estar atento a fatores que possam afetar qualquer tipo de planejamento, antevendo problemas futuros. No caso de Caratinga é notório o crescimento da cidade, pelo aumento no número de loteamentos e construções cada vez mais verticalizadas. Deve-se ter em mente que os dados projetados, estimados através dos cálculos estatísticos possam estar fora do prumo real, já que ele não leva em consideração avanços tecnológicos e sócio-econômicos, desta forma a cidade, em meio um período longo sem precipitações, teve uma redução na vazão do manancial Córrego do Lage, vazão esta que é levada por gravidade até a Estação de Tratamento de Água – ETA.

O índice médio de cobertura dos serviços de abastecimento de água na UPGRH DO5 é de 95,1%. No que tange à adequação ao abastecimento de água, 91,44% dos domicílios possuem canalização em pelo menos um cômodo (PARH CARATINGA, 2010).

## 2.7 DISPONIBILIDADE HÍDRICA DE CARATINGA

Existe uma sazonalidade bastante marcante entre o período de inverno (menos chuvoso) e verão (mais chuvoso), o que se reflete nas vazões observadas. As maiores vazões médias ocorrem a partir do mês de novembro, atingindo seu ápice no mês de janeiro:  $62,8 \text{ m}^3/\text{s}$  no rio Caratinga (Figura 7) (PARH CARATINGA, 2010).



**Figura 7: Vazões médias mensais da bacia do rio Caratinga**

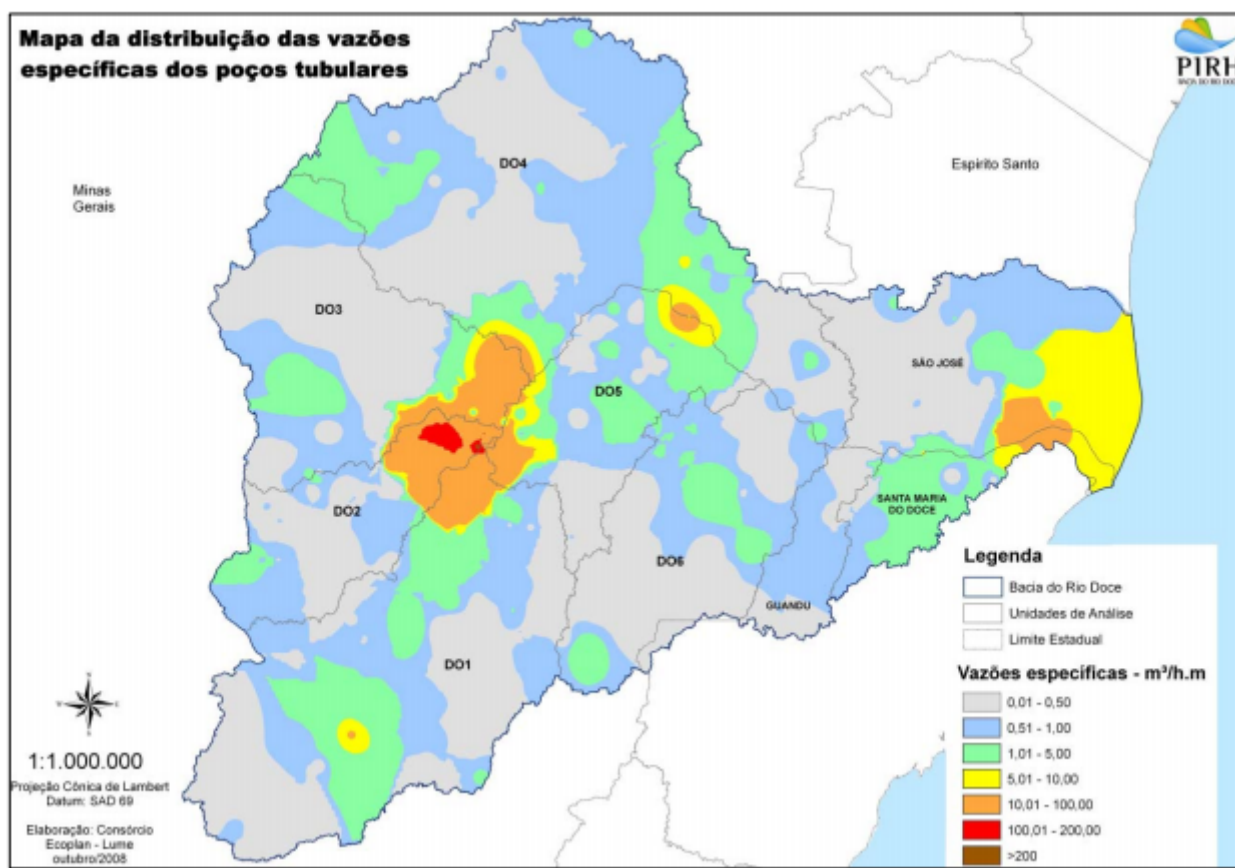
Fonte: Fonte: PARH Caratinga, (2010)

Quando se trata da disponibilidade hídrica também é necessário que se atente para a eficiência do uso da água nos sistemas de abastecimento público. Sistemas mais eficientes reduzem as retiradas de água em pontos concentrados, além de suspender investimentos na ampliação de sistemas de captação.

### 2.7.1 DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUBTERRÂNEA

Com relação à disponibilidade hídrica subterrânea, a Figura 8 mostra a distribuição das vazões específicas dos poços analisados. Observa-se que na DO5 as vazões específicas são baixas, coerentes com a litologia descrita.

A situação da exploração de água por tipo de aquífero na UPGRH DO5, retratando a situação da disponibilidade hídrica subterrânea da unidade. Pelas extensões dos aquíferos, os valores resultantes indicam possibilidades de aproveitamento consideráveis, notadamente para abastecimento público e industrial (PARH CARATINGA, 2010).



**Figura 8: Distribuição das vazões específicas dos poços tubulares**

Fonte: Fonte: PARH Caratinga, (2010)

## 2.7.2 OUTORGA DE DIREITO DE USO DOS RECURSOS HÍDRICOS

A outorga do direito de uso dos recursos hídricos é o instrumento pelo qual o poder público atribui ao interessado, público ou privado, o direito de usar privativamente o recurso hídrico. Constitui um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos previstos na Lei nº 9433/97 e tem como objetivo assegurar o controle qualitativo e quantitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.

### 2.7.2.1 OUTORGAS DOS POÇOS

Em relação aos poços outorgados, verifica-se um número muito menor de ocorrências, até o começo do ano de 2010. A maior parte dos poços outorgados é do tipo tubular (70%). Os dados de vazão dos poços nos cadastros do IGAM não são detalhados a ponto de permitir uma análise mais profunda da situação da exploração da água subterrânea (Tabela 1) (PARH CARATINGA, 2010).

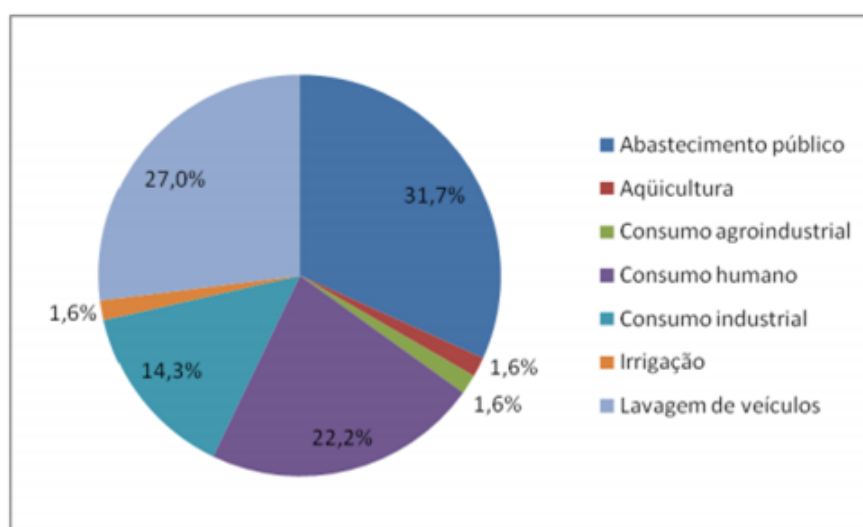
**Tabela 1:** Poços outorgados pelo IGAM

Município	Poços Artesianos, Semi-Artesianos ou Tubulares	Cisternas
Alpercata	42	202
Bugre	32	122
Capitão Andrade	34	313
Caratinga	156	613
Conselheiro Pena	113	342
Dom Cavati	2	60

Fonte: Fonte: PARH Caratinga, (2010)

Ressalta-se que, a quantidade de poços da tabela acima é do ano de 2010, quantidade essa desatualizada, devido à escassez de água na cidade, e a procura da população por novas fontes de abastecimento.

A Figura 9 apresenta a distribuição das outorgas de uso de água subterrânea pelo IGAM até março de 2010. Verifica-se que os usos principais são os de menor consumo, como abastecimento público, consumo humano e lavagem de veículos (PARH CARATINGA, 2010).

**Figura 9:** Outorgas do IGAM (subterrâneo)

Fonte: Fonte: PARH Caratinga, (2010)

### 2.7.3 QUANTIDADE DE ÁGUA - BALANÇOS HÍDRICOS

No que diz respeito ao balanço hídrico, a situação demonstra que as retiradas realizadas na UPGRH DO5 não impactam diretamente a disponibilidade hídrica do conjunto da unidade, sendo considerado, conforme padrão estipulado pela ONU, como uma situação “Excelente”. Esta classificação não considera a necessidade de diluição de poluentes, como a demanda biológica



de oxigênio - DBO residual, por exemplo, para atender-se o critério de enquadramento. A consideração de todos os usos e a diluição resulta em um quadro mais crítico para os rios da unidade de análise (PARH CARATINGA, 2010).

Foram retirados  $1,16 \text{ m}^3/\text{s}$  de água para suprir as demandas de uso da sub-bacia do rio Caratinga e  $1,41 \text{ m}^3/\text{s}$  para as demandas da bacia incremental da unidade (PARH CARATINGA, 2010).

Especificamente na bacia do Caratinga, os saldos hídricos são favoráveis, uma vez que a vazão retirada ( $1,16 \text{ m}^3/\text{s}$ ) abaixo é muito inferior a vazão Q7,10 (vazão mínima de 7 dias de duração e 10 anos de tempo de recorrência) estabelecida para esta sub-bacia ( $5,8 \text{ m}^3/\text{s}$ ), (PARH CARATINGA, 2010).

Porém, ao se considerar a vazão outorgável, que em Minas Gerais corresponde a uma parcela de 30% da Q7,10, percebe-se que os saldos hídricos (vazão outorgável – vazão retirada) são de pequena quantidade, em torno de  $0,59 \text{ m}^3/\text{s}$ , devendo esta situação ser analisada com cuidado, considerando a possibilidade da ocorrência de conflitos de uso pontuais (PARH CARATINGA, 2010).

#### 2.7.4 QUALIDADE DE ÁGUA

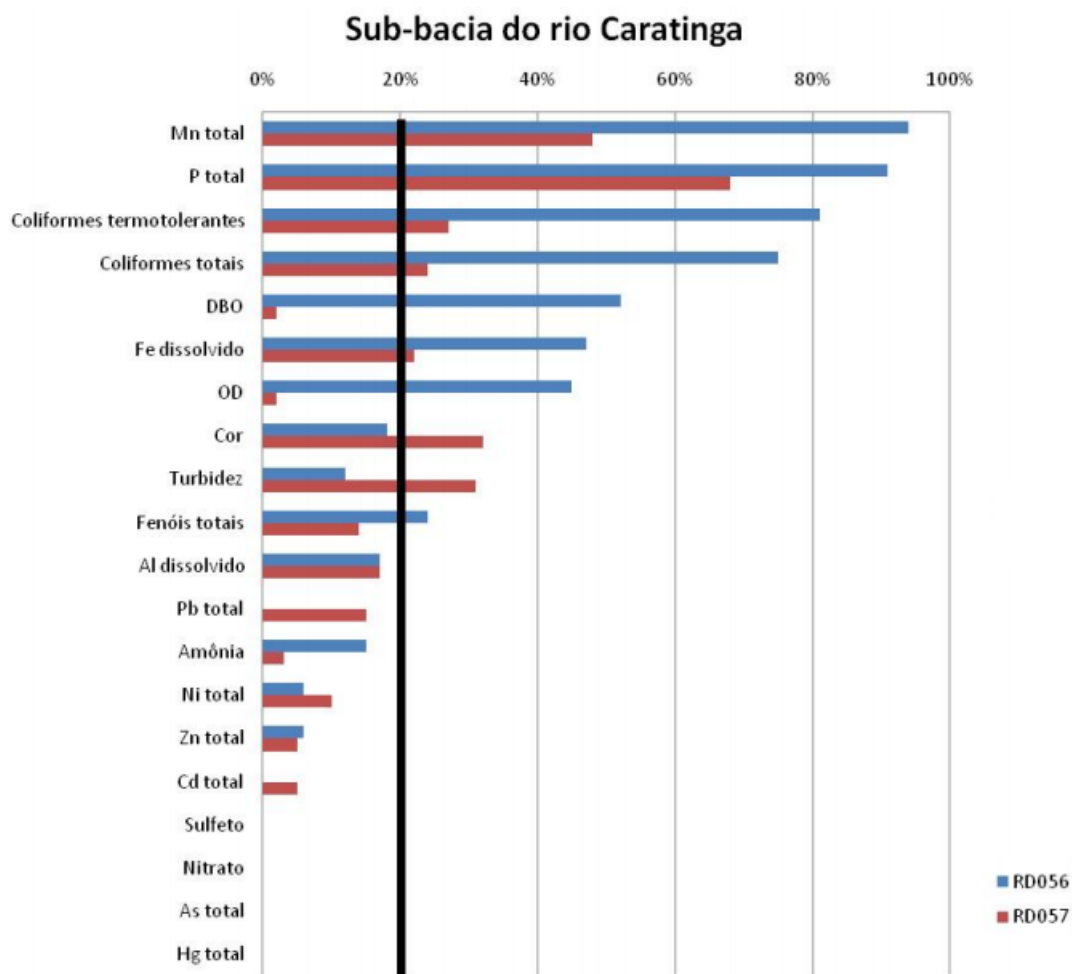
Para a caracterização da qualidade de água na UPGRH DO5, foram utilizados dados coletados no período de julho de 1997 a janeiro de 2008, a partir de quatro estações de monitoramento. As estações de amostragem para a qualidade da água são (PARH CARATINGA, 2010).

- RD053 - rio Doce, a jusante do rio Suaçuí Grande, município de Tumiritinga;
- RD056 - rio Caratinga, a jusante do município homônimo;
- RD057 - rio Caratinga, porém na Barra do Cuietê;
- RD058 - rio Doce, na cidade de Conselheiro Pena.

Os dados foram trabalhados por estação de monitoramento, conforme demonstram a figura 10, as quais apontam as porcentagens em que houve ultrapassagem dos limites estabelecidos para a classe 2<sup>2</sup> na UPGRH DO5.

---

<sup>2</sup> Classe 2: águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas: à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho); à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécies destinadas à alimentação humana, (FONTE: DICIONÁRIO AURÉLIO).



**Figura 10: Porcentagem de Resultados que não atenderam ao padrão da classe 2 nas estações de monitoramento RD056 e RD057, situada no rio Caratinga**

Fonte: Fonte: PARH Caratinga, (2010)

Sendo nítida a condição de sobrecarga de lançamento de esgotos sanitários nas águas superficiais, não conformes em relação ao limite da classe 2. Também foram altos os percentuais de teores não conformes para manganês total, ferro dissolvido, alumínio dissolvido, vinculados predominantemente à degradação dos solos, visto que a UPGRH DO5 apresenta apenas 20% da sua área com cobertura natural, menor taxa dentre as unidades de Minas Gerais. Essa condição, juntamente com a ocorrência de precipitações, resultou em valores elevados de sólidos nos cursos de água, refletidos nos resultados de cor verdadeira, turbidez e sólidos em suspensão totais, superiores ao padrão da classe 2 (PARH CARATINGA, 2010).

Dentre os componentes tóxicos ressalta-se as não conformidades das concentrações de chumbo total e cobre dissolvido, além de constatações individuais de cromo, níquel, zinco e arsênio, na forma total. A presença desses componentes atribuiu, sobretudo, a contribuição difusa das atividades agropecuárias para o rio Caratinga e do transporte de efluentes industriais na calha do rio Doce. Esta contaminação deve ser considerada no processo de enquadramento e de revisão de diretrizes de outorga, pois a presença destes contaminantes pode ser prejudicial à produção agrícola.

## 2.8 CAPTAÇÃO E ADUÇÃO

### 2.8.1 CAPTAÇÃO

Considera-se como captação o conjunto de equipamentos e instalações utilizadas para extrair água de um manancial, que pode ser feita por diversas formas e, de acordo com Manual de Hidráulica “para a captação de água temos que avaliar o manancial a ser aproveitado para a implantação do abastecimento de água”.

Em Caratinga, a cidade é abastecida pela água captada no ribeirão do Lage, com um volume captado de aproximadamente 180 l/s em dias onde não há racionamento, durante 22 horas/dia, volume suficiente para o abastecimento da população residente na área urbana do município, porém, nos períodos de seca esse volume cai drasticamente, não sendo suficiente para tal abastecimento.

### 2.8.2 ADUÇÃO

A adução é responsável pelo transporte de água bruta desde a captação até a estação de tratamento, por sua vez, em nossa região ocorre à adução por gravidade, ou seja, sem o uso de motobombas para vencer desníveis, esta adução é mais barata sendo viável para as regiões onde a captação fica acima do nível da estação de tratamento, sendo o caso de Caratinga.

Para Azevedo Netto 1998:

Às canalizações principais destinadas a conduzir água entre as unidades de um sistema público de abastecimento que antecedem a rede de distribuição dá-se o nome de adutoras. Elas interligam a captação e tomada de água à estação de tratamento de água, e esta aos reservatórios de mesmo sistema.

Além de adutoras, um sistema de abastecimento público possui também subadutoras, que tem como função principal o transporte da água tratada da estação de tratamento para os reservatórios de distribuição divididos em setores.

No livro Manual de Hidráulica Azevedo Netto, 2008, diz:

No caso de existirem derivações de uma adutora destinada a conduzir águas até outros pontos do sistema, constituindo canalizações secundárias, as mesmas receberão a denominação de subadutoras. Também são denominadas subadutoras as canalizações que conduzem água de um reservatório de distribuição para outro.

São peças fundamentais do sistema de abastecimento as adutoras e subadutoras, e para o cálculo e implantação das obras, devem-se tomar cuidados em relação ao traçado para verificar a correta colocação de acessórios, assim como ancoragens nos pontos onde existe uma solicitação que possa causar deslocamento das peças (AZEVEDO NETTO, 2008).

## 2.9 INFLUÊNCIAS DO DESMATAMENTO NA PERMEABILIDADE DO SOLO

### 2.9.1 FUNÇÃO DA COBERTURA VEGETAL NO SOLO

Geralmente, no período chuvoso, as pessoas ficam temerosas com inundações provocadas pela grande vazão dos rios. Já durante a estiagem, a preocupação é com a escassez de água, que reduz a disponibilidade de captação para abastecimento doméstico, industrial e irrigação. Nessas ocasiões costuma-se lembrar da importância das florestas e dos riscos gerados pelo desmatamento.

Embora a principal responsável pela presença ou ausência de água nos rios seja a própria chuva, pela sua precipitação ou não, as florestas desempenham importante papel no regime de vazão, tanto nos pequenos riachos, quanto nos grandes rios.

A cobertura vegetal no solo contribui para a manutenção do ciclo hidrológico. A estrutura florestal mais conhecida é o dossel a liteira e o sistema radicular, o dossel e a liteira diminuem o impacto da água no solo, (COLMAN, 1953), além de controlar a infiltração de água a velocidade de escoamento da mesma, protege contra a ação dos ventos e a radiação solar aumenta a taxa de absorção de água, menor possibilidade de erosão e menor probabilidade de criação de valas (APUD WARD, 1967; COLMAN, 1953).

A Vegetação contribui também com a contenção de encostas pelo reforço mecânico do sistema radicular e dificulta o arranque do solo pela água da chuva (LIMA, 1986). O sistema radicular colabora refreando e direcionando o escoamento abaixo do solo, absorvendo parte da água e a retornando para a atmosfera e melhorando a permeabilidade do solo. A vegetação é um meio natural, eficiente, barato e ecologicamente adequado ao controle e armazenamento da água de uma bacia quando comparada a construções civis (COLMAN, 1953). A qualidade da água é alterada à medida que interage com esses seguintes componentes (rocha, solo e vegetação), e esse processo de interação encontra-se em equilíbrio com um ecossistema sem intervenção humana.

## 2.10 PERDAS

Perda é a diferença entre volume de água produzido nas estações de tratamento de água (ETA) e o total dos volumes medidos nas unidades domiciliares (AZEVEDO NETTO, 1998).

Portanto, quando se fala em perdas em redes de abastecimento de água, fisicamente, deduz-se que é tudo aquilo que a companhia de saneamento produz de água tratada e que não chega ao seu destino final (GIROL, 2008).

Segundo ALMEIDA 2006:

Pode-se também considerar “perda”, sob o ponto de vista empresarial, todo produto (água tratada) que foi entregue por alguma Razão não foi faturado pela companhia, não sendo contabilizado como receita da empresa. Dessa forma, em uma companhia de saneamento, podem ser identificados dois tipos de perdas, a real e a aparente.

### 2.10.1 PERDA REAL

Corresponde ao volume de água produzido que não chega ao consumidor final. Pode ocorrer devido a vazamentos nas adutoras, redes de distribuição e reservatórios, bem como de extravasamentos em reservatórios setoriais. Quando se trata de perdas reais, dois pontos devem ser destacados pela sua extrema importância. O primeiro deles está relacionado à conservação dos recursos naturais, já que quanto menor forem às perdas reais, menores serão as necessidades de explorar ou ampliar as captações de água. Essas obras requerem altos investimentos e resultam em grande impacto ambiental. Outro ponto se refere à saúde pública, pois esses vazamentos associados à depressurização do sistema (manutenção ou intermitência no abastecimento) podem levar à entrada de agentes nocivos na tubulação, resultando em doenças ocasionadas por contaminação. Pode-se citar também, que as perdas reais carregam consigo uma série de custos associados, tais como produção e transporte de água tratada, energia elétrica, produtos químicos e mão de obra.

### 2.10.2 PERDA APARENTE

Corresponde ao volume de água produzido que não é contabilizado pela companhia de saneamento. Decorrem de erros na medição de hidrômetros, fraudes, ligações clandestinas e falhas no cadastro comercial. Tanto as perdas reais como a perda aparente representam para o consumidor um componente importante nas tarifas pagas, já que as companhias geralmente incorporam essas perdas na sua composição de preços.

Observa-se que a perda real é uma perda física e a perda aparente uma perda administrativa.

As perdas podem ser observadas em todas as fases do abastecimento de água, desde a sua origem, na captação, até na torneira de uma casa, no consumidor final, passando pelo tratamento, reservação e distribuição (NETTO et al, 1998).

Geralmente as perdas podem ser avaliadas medindo-se os volumes e a vazão no início de cada ciclo, sendo em si diferença existente. Porém, deste modo não há como distinguir as perdas reais das perdas aparente.

Os sistemas de abastecimento de água por sua complexidade e características próprias inibem certo grau de perda da produção, por isto é surreal a ideia de se obter a perda zero neste setor (MORAIS ET AL, 2006).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

#### 3.1 TIPO DE PESQUISA

O presente trabalho foi fundamentado em revisão bibliográfica, utilizando artigos, trabalhos científicos, dissertações, coleta de dados em órgãos oficiais, livros, revistas e pesquisa a internet, ou seja, foi estruturado a partir de dados e conhecimentos já existentes, que foram organizados e especificados.

Sendo assim, a pesquisa se classifica como descritiva, utilizando-se do método dedutivo, o qual é chamado por Aristóteles de silogismo. O raciocínio dedutivo parte da dedução formal tal que, postas duas premissas, delas, por interferência, se tira a terceira, chamada conclusão. Entretanto, deve-se frisar que a dedução não oferece conhecimento novo, uma vez que a conclusão sempre se apresenta como um caso particular da lei geral. A dedução organiza e especifica o conhecimento que já se tem, mas não é geradora de conhecimentos novos. Ela tem como ponto de partida o plano do inteligível, ou seja, da verdade geral, já estabelecida (COMUNICAÇÃO, JORNALISMO E LITERATURA, 2010).

#### 3.2 UNIVERSO E AMOSTRA

No universo inclui a empresa responsável pelo abastecimento público existente, com captação de água superficial, a população abastecida, e o estudo de viabilidade do uso de água subterrânea para o abastecimento público da cidade, para fins de uma análise comparativa, com o intuito de se obter informações da quantidade de água superficial que abastece a cidade, a qual tem deixado a desejar, e a quantidade de água que falta para complementar esse abastecimento, vendo-se assim, se é possível suprir essa falta com a captação subterrânea.

Quanto à amostragem, o critério de pesquisa é coleta de dados, sendo a amostra da mesma, a história de Caratinga, destacando sua rede hidrográfica e tipos de solo do município, seu crescimento populacional e desenvolvimento econômico, as principais características das águas subterrâneas, análise da situação da distribuição de água superficial e averiguação a falta da mesma e o desenvolvimento da análise de viabilidade do uso da água subterrânea para o abastecimento público da cidade.

#### 3.3 PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS

Durante o processo de contato com a empresa de abastecimento público da cidade, para compor a amostra dessa pesquisa, foram encontradas dificuldades. Foram solicitados a empresa, de forma presencial, por contato com funcionários da mesma, por meio de requerimento por e-

mail e ofício assinado pelo coordenador responsável pelo curso de engenharia civil da instituição, ao qual está no anexo A, os dados da vazão necessária para o abastecimento de Caratinga, a vazão do manancial e o consumo diário da população, dados esses que são essenciais para a execução do presente trabalho, não obtendo sucesso na solicitação.

Sendo assim, optou-se pela revisão bibliográfica, utilizando artigos, trabalhos acadêmicos, dissertações, coleta de dados em órgãos oficiais, livros, revistas e pesquisa de internet, onde obteve-se dados necessários, para análise da viabilidade do uso de água subterrânea para o abastecimento público de Caratinga.

### 3.4 ANÁLISE DOS DADOS

A análise da viabilidade do uso de água subterrânea para o abastecimento público de Caratinga faz-se através de pesquisas de dados existentes, que serão descritos e formulados a fim de obter-se a disponibilidade da água subterrânea para a complementação da vazão do abastecimento existente, em casos de seca, quando apenas a captação superficial não é suficiente para todo município. O presente trabalho propõe também a previsão da quantidade de água necessária para suprir a falta da mesma no período mais crítico, que foi feita a partir dos dados a seguir:

#### 3.4.1 EMPRESA DE ABASTECIMENTO EM BUSCA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Em outubro de 2015, a empresa responsável pelo abastecimento da cidade, iniciou uma pesquisa de prospecção<sup>1</sup> de águas subterrâneas em caráter emergencial na área de uma propriedade particular às margens do rio Lage, em busca de captação de água para complementar a vazão pelo longo período de estiagem e forte calor.

Com documento em mãos, o qual é de extrema importância, a empresa se comprometeu a não provocar qualquer dano ao meio ambiente e aos recursos hídricos; recuperar, imediatamente, após a conclusão dos trabalhos de prospecção, qualquer dano provocado no referido terreno e executar descrição topográfica, caso a mesma apresente resultado satisfatório, com a finalidade de orientar as negociações para a regularização da área necessária para o aproveitamento do poço tubular profundo.

O local onde a empresa procurou água tem o solo de composição Latossolos Vermelho Amarelos, os quais apresentam baixa saturação de bases e alta saturação com alumínio.

A empresa não informou o prazo para a apresentação dos resultados, os quais não foram encontrados até então.

---

<sup>1</sup> Prospecção: Análise minuciosa que, feita através de técnicas especializadas, avalia um terreno, (FONTE: DICIONÁRIO AURÉLIO)



Em entrevista com Rafael, residente do município, cuja profissão é perfurador de poços, com seu conhecimento e experiência, devido há vários anos de profissão, obteve-se a seguinte informação: “Geralmente em margens de cachoeira, não é conveniente a perfuração, devido a sua formação rochosa”.

### **3.4.2 POPULAÇÃO DE PROJETO**

Segundo dados do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) a população do Município em 2016 é de 91.342 pessoas.

### **3.4.3 ABASTECIMENTO**

O papel essencial da água na vida humana, para a sociedade em seu intenso avanço e desenvolvimento em geral é de conhecimento de todos atualmente. Sabe-se que a demanda requerida não vem sendo garantida de forma que atenda toda população, principalmente em tempos de seca, o trabalho apresentado tem o intuito de demonstrar a viabilidade do uso de água subterrânea pela empresa de abastecimento público da cidade de Caratinga.

Uma condicionante de um sistema de abastecimento eficiente é que a distribuição atenda a demanda que cresce juntamente com a população, mesmo em épocas do ano onde a escassez de chuvas, culminando com o forte calor faça com que aumente tal consumo, devendo ter condições de fornecer uma quantidade superior ao consumido. Sabendo que a população tende a um crescimento, a demanda passa a não corresponder à adução máxima, chegando ao limite de eficiência, necessitando de um meio alternativo para suprir essa diferença, ou seja, uma complementação da vazão do abastecimento existente.

### **3.4.4 VARIAÇÃO DE CONSUMO**

A vazão do sistema de abastecimento público de água varia continuamente em função do tempo, hábitos da população, fatores climáticos, entre outros. Em países de clima tropical, o consumo em meses onde o verão predomina, com temperaturas mais elevadas, e neste mesmo mês ou semana existe um dia que o consumo se sobressai sobre os demais dias. Durante o dia a quantidade de água que passa pela tubulação varia em curtos espaços de tempo, chegando a valores máximos e valores mínimos. Os valores máximos geralmente são observados no período próximo ao meio-dia, já ao anoitecer este consumo cai abaixo da média, sendo observados valores mínimos nas primeiras horas da madrugada (AZEVEDO NETTO, 1998).

Assim sendo, verifica-se a necessidade de se estabelecerem coeficientes que traduzam essas variações de consumo para o dimensionamento das diversas unidades de um sistema público de abastecimento de água. (AZEVEDO NETTO, 1998).

De acordo com o Manual de Hidráulica de Azevedo Netto, 1988:

“Coeficiente do dia de maior consumo( $k_1$ ). O coeficiente do dia de maior consumo ( $k_1$ ) é a relação entre o valor do consumo máximo diário ocorrido em um ano e o consumo médio diário relativo a esse ano. No Estado de São Paulo tem sido adotado os valores de 1,20 e 1,25. Nos países de clima mais rigoroso e muito variável, os valores do coeficiente ( $k_1$ ) são mais elevados”. Coeficiente da hora de maior consumo( $k_2$ ). O coeficiente da hora de maior consumo é a relação entre a maior vazão horária e a vazão média do dia de maior consumo. Pesquisa feita pela Cetesb para o BNH, em 1978, abrangendo as cidades de Valinhos e Iracemápolis (SP), revelou para o coeficiente  $k_1$  resultados que variam desde 1,25 até 1,42, conforme o setor. O coeficiente  $k_2$ , por sua vez oscilou entre 2,08 e 2,35. Atualmente os valores recomendáveis para projeto são:  $K_1$ : 1,1 a 1,4 e  $K_2$ : 1,5 a 2,3 Os valores menores de  $k_1$  são encontrados em cidades com pequenas variações climáticas. Os maiores de  $k_2$  decorrem de pequeno numero ou inexistência de reservatórios domiciliares. Nesse caso geralmente se recomenda para o produto  $k_1 * k_2$  o valor de 2,8”.

Para dimensionamento de redes de distribuição não pode desconsiderar os valores de  $k_1$  e  $k_2$ , pois são imprescindíveis para chegar ao resultado mais próximo do real, evitando surpresas indesejáveis no futuro, relacionadas ao dimensionamento do sistema de abastecimento de água.

### 3.5 CONSUMO PER CAPITA

Com as mudanças e avanços nas fabricações de aparelhos de instalações sanitárias no passar dos anos, o próprio avanço demográfico das cidades implica em novos usos, gerando uma pressão maior nas tubulações e acarretando maiores perdas de água, portanto, o uso por habitante cresce anualmente, sendo necessário levar em consideração este incremento para as projeções de longo alcance (AZEVEDO NETTO, 1998).

No livro Manual de Hidráulica de AZEVEDO NETTO, é dito que “a dotação mínima admitida é de 200l/hab.\*por dia. O consumo efetivo (sem perdas) verificado em várias cidades é em media 25% menor que esse valor (150l/hab.dia)”.

Observando-se estes dados para o cálculo de vazão pode-se adotar o valor de 150 l/hab.dia.

#### 3.5.1 REDE DE DISTRIBUIÇÃO

Rede de distribuição é a unidade do sistema que leva a água para os pontos de consumo. É constituída por um conjunto de tubulações e peças dispostas convenientemente, com o intuito de garantir o abastecimento dos consumidores de forma contínua nas quantidades e pressão recomendadas (AZEVEDO NETTO, 1998).

### 3.5.2 VAZÕES DE PROJETO

A vazão, ou volume escoado por unidade de tempo, é a principal grandeza que caracteriza um escoamento. Normalmente é expressa em metros cúbicos por segundo ( $m^3/s$ ) ou em litros por segundo (L/s).

#### 3.5.2.1 VAZÃO MÉDIA DIÁRIA ( $Q_{med}$ )

É a média aritmética das vazões ocorridas durante o dia

$$Q_{med} = (Pop * QPC) / T \quad (3.1)$$

Onde:

QPC = Consumo per capita;

Pop = Número de habitantes;

T = Tempo de bombeamento em segundos.

#### 3.5.2.2 VAZÃO DE CAPTAÇÃO ( $Q_a$ )

Na ETA pela lavagem de filtros, decantadores, entre outros, gerando uma perda de 2% em filtros e 2% nos decantadores e floculadores, calculando as perdas da seguinte forma:

$$0,02 + 0,02 * K1 * Q_m \text{ Ou } 0,04 * K1 * Q_m$$

Para cálculo adotaremos a perda a 4%, o valor de K1 referente a 1,2 e K2 1,5.

$$Q_a = Q_{med} * K1 + Perdas_{noETA} \quad (3.2)$$

Onde:

$Q_{med}$  = Vazão média diária;

K1 = Coeficiente do dia de maior consumo. É o dia mais quente do ano, quando o consumo de água é maior.

$$0,02 * k1 * Q_{med} \text{ ou } 0,04 * k1 * Q_{med} \quad (3.3)$$

#### 3.5.2.3 VAZÃO DE RESERVAÇÃO ( $Q_c$ )

$$Q_c = Q_{med} * K1 \quad (3.4)$$

Onde:

$Q_{med}$  = Vazão média diária;

K1 = Coeficiente do dia de maior consumo. É o dia mais quente do ano, quando o consumo de água é maior.

### 3.5.2.4 VAZÃO DE DISTRIBUIÇÃO (Qd)

$$Qd = Q_{med} * K1 * K2 \quad (3.5)$$

Onde:

Qmed = Vazão média diária;

K1 = Coeficiente do dia de maior consumo. É o dia mais quente do ano, quando o consumo de água é maior;

K2 = Coeficiente da hora de maior consumo.

### 3.5.3 CONSUMO DIÁRIO

$$CD = Pop * ConsumoPerCapta * K1 \quad (3.6)$$

Onde:

Pop = Número de habitantes;

K1 = Coeficiente do dia de maior consumo. É o dia mais quente do ano, quando o consumo de água é maior.

### 3.5.4 RESERVAÇÃO NECESSÁRIA

Para o cálculo do volume de reservação necessária, foi adotado 1/3 do consumo diário total de saturação. Os critérios utilizados estão de acordo com as normas da ABNT PNB 594/77 e pelas normas da Fundação Nacional de Saúde (FNS):

$$R = CD/3 \quad (3.7)$$

Onde:

CD = Consumo diário.

## 3.6 PREVISÕES DE POPULAÇÃO

### 3.6.1 MÉTODOS DE ESTIMATIVA DE CRESCIMENTO POPULACIONAL

Os principais métodos utilizados para o cálculo da população são crescimento aritmético e crescimento geométrico (FONSECA, 1985).

#### 3.6.1.1 MÉTODO ARITMÉTICO

Supõe que o crescimento siga uma progressão aritmética, ou seja, que o crescimento é constante, sendo um crescimento linear de acordo com o tempo de observância. Na prática seus

resultados são satisfatórios e apresenta ainda a vantagem de ser um método simples, fácil e de compreensão rápida, mesmo não levando em conta que o aumento no número de pessoas que atingem a idade para reprodução (FONSECA, 1985).

Para o método aritmético usa-se a equação:

$$Px = Pu + (x - u)r \quad (3.8)$$

$$r = (Pu - Pp)/(x - u) \quad (3.9)$$

Onde:

Px= população estimada;

r = taxa de crescimento anual;

Pu = população do último censo;

Pp = população do penúltimo censo;

u = data do penúltimo censo;

x = data que se quer estimar a população.

### 3.6.1.2 MÉTODO GEOMÉTRICO

Supõe que a população cresce segundo uma progressão geométrica. Com a seguinte equação:

$$\text{Log}Px = \text{log}Pu + (x - u)\text{log}r \quad (3.10)$$

$$\text{log}r = (\text{log}Pu - \text{log}Px)/(x - u) \quad (3.11)$$

A estimativa populacional se faz necessária para a projeção de número de ligações feitas anualmente na cidade, que irão interferir no consumo de água do sistema de abastecimento da mesma, aumentando a demanda do consumo.

Por definição, densidade demográfica é a ocupação de uma determinada área por pessoas, essa densidade demográfica é utilizada para definir população existente em um determinado local. Para determinar a população a ser atendida, não se deve levar em consideração toda a extensão territorial de Caratinga, já que seria superdimensionamento, pois, a área atendida ou seja a área urbana é bem inferior a área total do município, já que a zona rural tem seu próprio abastecimento.

### 3.6.2 VAZÃO DISPONÍVEL NO MANANCIAL EM PERÍODOS DE SECA

Para as previsões das vazões de rios, sabe-se que muitos fatores devem ser analisados, em primordial as precipitações atmosféricas, que constituem o mais importante componente do ciclo hidrológico, formando o elo entre a água da atmosfera e a água do solo, principalmente com respeito ao escoamento superficial. Nas regiões tropicais, as precipitações em forma de chuva

são as de maior interesse. Sua importância reside na recarga dos mananciais hídricos superficiais, de onde dependem as quantidades demandadas da água para consumo humano.

Para a previsão da vazão do rio Lage em períodos de seca, devido ao fato da empresa responsável pelo abastecimento público da cidade se negar fornecer os dados necessários, foi-se usado os dados disponíveis no portal saneamento da mesma, no ano de 2016, ao qual informa que nos períodos de grande estiagem a vazão do rio Lage sofre uma redução de 180 para 142 l/s, de água captada, uma queda de 21,1%, em algumas situações, a queda é de 43,3%, podendo assim, tais vazões sofrerem alterações com as mudanças climáticas ao decorrer dos anos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 ANÁLISE DA VIABILIDADE DO USO DE ÁGUA SUBTERRÂNEA PARA ABASTECIMENTO PÚBLICO DA CIDADE DE CARATINGA

O método utilizado neste trabalho para avaliar a viabilidade do uso de água subterrânea, para a complementação do abastecimento público da cidade de Caratinga se deu por meio de análise de dados pré-existentes. Com base em bibliografias e outros trabalhos científicos, principalmente o Plano de Ação de Recursos Hídricos da Unidade de Planejamento e Gestão dos Recursos Hídricos Caratinga – PARH, publicado pelo IGAM em maio de 2010. Desta forma, foi possível examinar por meio de estudos e mapas, o potencial hídrico da cidade para o abastecimento subterrâneo em torno da bacia do rio Caratinga.

A bacia do rio Caratinga é muito extensa e volumosa se comparada ao rio Lage, atualmente único manancial usado para captação de água pela empresa de abastecimento público da cidade. Estudos de qualidade dessa água foram feitos, ao qual foram utilizados dados coletados nos períodos de julho de 1997 a janeiro de 2008, a partir de quatro estações de monitoramento, como mostradas na revisão bibliográfica, sendo possível perceber o alto teor de poluição, com sobrecarga de lançamento de esgotos sanitários nas águas superficiais, não conformes em relação ao limite da classe 2, como explicado nos gráficos. Necessitando assim, de um estudo aprofundado da qualidade e quantidade dessa água, que podem ser feitos apenas com perfurações e sondagens do local.

### 4.2 PREVISÃO DA QUANTIDADE DE ÁGUA NECESSÁRIA PARA O ABASTECIMENTO

O método usado para previsão da quantidade de água necessária para a complementação do abastecimento público, através de captação de água subterrânea, foi por meio dos cálculos da vazão média diária, vazão a ser captada do manancial, sendo considerado as perdas ocorridas na ETA, vazão de reservação, vazão de distribuição, consumo diário e reservação necessária. Deve localizar dados como consumo percapta, que é o consumo médio de um habitante por dia. Para definição da cidade de Caratinga a média a ser usada é a recomendada no Manual de Hidráulica por Azevedo Neto no que é de 150 l/ dia.

Assim como os dados da previsão do crescimento anual da cidade, obtém-se as vazões do consumo de água da população para cada ano. A diferença entre a vazão que o rio Lage oferece “menos” a vazão consumida pela população é a quantidade de água que precisará ser adicionada ao sistema já existente, levando em consideração as perdas necessárias para o tratamento e distribuição da água.

## 4.2.1 CONSUMO DA POPULAÇÃO DE CARATINGA

### 4.2.1.1 VAZÃO MÉDIA DIÁRIA ( $Q_{med}$ )

Média aritmética das vazões ocorridas durante o dia. Considerando para o cálculo 22 horas de captação por dia para o abastecimento de 76.281 habitantes da área urbana.

$$Q_{med} = (76.281 * 150) / (79200) = 144,47l/s \quad (4.1)$$

### 4.2.1.2 VAZÃO DE CAPTAÇÃO ( $Q_a$ )

$$Q_a = 144,47 * 1,2 + 6,93 = 180,33l/s \quad (4.2)$$

Perdas na ETA

$$0,04 * 1,2 * 0,14447 = 6,93l/s \quad (4.3)$$

### 4.2.1.3 VAZÃO DE RESERVAÇÃO ( $Q_c$ )

$$Q_c = 144,47 * 1,2 = 173,36l/s \quad (4.4)$$

### 4.2.1.4 VAZÃO DE DISTRIBUIÇÃO ( $Q_d$ )

$$Q_d = 144,47 * 1,2 * 1,5 = 260l/s \quad (4.5)$$

## 4.2.2 CONSUMO DIÁRIO

$$CD = 76.281 * 150 * 1,2 = 13.731.120,00l \quad (4.6)$$

## 4.2.3 RESERVAÇÃO NECESSÁRIA

$$R = (13.731.120,00) / 3 = 4.577.040,00l \quad (4.7)$$



### 4.3 PREVISÃO DA POPULAÇÃO DE CARATINGA

Na sequência, devem-se analisar dados de projeto, para isso é necessário o crescimento demográfico da população a ser atendida. De acordo com os dados coletados pelo IBGE em relação à população da cidade de Caratinga. Na prática seus resultados são satisfatórios e apresentam ainda a vantagem de ser um método simples, fácil e de compreensão rápida, mesmo não levando em conta o aumento no número de pessoas que atinjam a idade para reprodução (Tabela 2).

**Tabela 2:** População de Caratinga 2000 a 2010

Ano	População
2000	77789
2001	78345
2002	78909
2003	79473
2004	80037
2005	80601
2006	81165
2007	81731
2008	82899
2009	84069
2010	85239

Fonte: IBGE, (2016)

Por progressão aritmética tem-se a taxa de crescimento, da seguinte maneira:

$$r = (85239 - 81731)/(2010 - 2007) = 1169,33 \text{ habitante/ano} \quad (4.8)$$

Para verificar a alteração de acordo com os anos procurou-se a taxa de crescimento anterior:

$$r = (81731 - 77789)/(2007 - 2000) = 563,14 \text{ habitante/ano} \quad (4.9)$$

Por falta de dados quantitativos reais para Caratinga, pois, nos anos anteriores, outras cidades já emancipadas estão inclusas nas pesquisas realizadas, foi proposto uma média desta taxa encontrada, onde obteve-se a seguinte taxa referencial:

$$\text{Taxa Referencial} = (1169,33 + 563,14)/2 = 866,235 \text{ habitantes/ano} \quad (4.10)$$

Como esta taxa não poderá ser fracionada arredondou-se para 867 habitantes/ano, assim recorreu à regressão de dados.

O índice de população na área urbana foi obtido pelo IBGE, com o valor de 82,68% da população total. Já que o fator crítico para o cálculo é realmente a população urbana que efetivamente faz uso diário da água fornecida pela operadora.

Utilizando da taxa de crescimento como taxa regressiva, na qual será utilizada para calcular uma taxa geral em 30 anos para a projeção deste trabalho, a modo de quantificar esta taxa, já que não foi possível obter dados exatos referentes à cidade na área urbana. Através da mesma média de taxa de crescimento foi determinado na tabela 3 à população:

**Tabela 3:** População geral x urbana 30 anos passados Caratinga MG

Ano	População Geral	População Urbana
1986	65643	54274
1987	66510	54991
1988	67377	55708
1989	68244	56425
1990	69111	57141
1991	69978	57858
1992	70845	58575
1993	71712	59292
1994	72579	60009
1995	73446	60726
1996	74313	61442
1997	75180	62159
1998	76047	62876
1999	76914	63593
2000	77789	64315
2001	78345	64776
2002	78909	65242
2003	79473	65709
2004	80037	66175
2005	80601	66641
2006	81165	67108
2007	81731	67575
2008	82899	68541
2009	84069	69509
2010	85239	70476
2011	86409	71443
2012	87579	72411
2013	88749	73378
2014	89919	74346
2015	91089	75314
2016	92259	76281

Fonte: Autor

Para determinação da população futura, optou-se pelo ano de 2046, referentes há 30 anos futuro como propõe Azevedo Netto, o alcance máximo de projeto. Tomou-se a partir desta tabela a mesma fórmula para determinar a taxa de crescimento destes 30 anos, logo se tem novamente a equação.

$$r = (92259 - 65643)/(2016 - 1986) = 887,2 \text{ Habitantes/ano} \quad (4.11)$$

Buscando o arredondamento sempre uma unidade acima, tem o crescimento até 2046 com a taxa de 888 habitantes /ano. Segue a tabela 4 com o crescimento demográfico calculado.

**Tabela 4:** Crescimento demográfico estimado

<b>Ano</b>	<b>População Geral</b>	<b>População Urbana</b>
2016	92259	76281
2017	93147	77013
2018	94035	77748
2019	94923	78481
2020	95811	79217
2021	96699	79951
2022	97587	80685
2023	98475	81420
2024	99363	82154
2025	100251	82888
2026	101139	83622
2027	102027	84356
2028	102915	85091
2029	103803	85825
2030	104691	86559
2031	105579	87293
2032	106467	88027
2033	107355	88764
2034	108243	89496
2035	109131	90229
2036	110019	90964
2037	110907	91697
2038	111795	92432
2039	112683	93166
2040	113571	93900
2041	114459	94634
2042	115347	95368
2043	116235	96103
2044	117123	96837
2045	118011	97571
2046	118899	98305

Fonte: Autor

Comparação população e vazão média dos anos de 2016 a 2046, considerando 22 horas/dia de captação, (tabela 5).

**Tabela 5:** Comparação população vazão média de 2016 a 2046

<b>Ano</b>	<b>População geral</b>	<b>População urbana</b>	<b>Consumo litros / hab.</b>	<b>Vazão media em l/s</b>
2016	92259	76281	150	144,47
2017	93147	77014	150	145,85
2018	94035	77749	150	147,25
2019	94923	78483	150	148,64
2020	96699	79217	150	150,03
2021	96699	79951	150	151,42
2022	97587	80685	150	152,81
2023	98475	81420	150	154,20
2024	99363	82154	150	155,59
2025	100251	82888	150	156,98
2026	101139	83622	150	158,38
2027	102027	84356	150	159,77
2028	102915	85091	150	161,16
2029	103803	85825	150	162,55
2030	104691	86559	150	163,94
2031	105579	87293	150	165,33
2032	106467	88027	150	166,72
2033	107355	88764	150	168,11
2034	108243	89496	150	169,50
2035	109131	90229	150	170,89
2036	110019	90964	150	172,28
2037	110907	91697	150	173,67
2038	111795	92432	150	175,06
2039	112683	93166	150	176,45
2040	113571	93900	150	177,84
2041	114459	94634	150	179,23
2042	115347	95368	150	180,62
2043	116235	96103	150	182,01
2044	117123	96837	150	183,40
2045	118011	97571	150	184,79
2046	118899	98305	150	186,18

Fonte: Autor

A demanda de água que abastece a cidade é de água tratada, e a demanda que o rio Lage oferece é de água para tratar, entre esses dois pontos como calculado acima, existem as perdas que acontecem durante a captação da água, na ETA, logo, a vazão média é menor que a vazão captada, como mostra a tabela 6 a seguir:

**Tabela 6:** Comparação da vazão média e vazão a ser captada

<b>Ano</b>	<b>População urbana</b>	<b>Vazão média em l/s</b>	<b>Vazão a ser Captada em l/s</b>
2016	76280	144,47	180,33
2017	77014	145,85	182,02
2018	77749	147,25	183,77
2019	78483	148,64	185,50
2020	79951	150,03	187,24
2021	79951	151,42	188,83
2022	80685	152,81	190,70
2023	81420	154,2	192,44
2024	82154	155,59	194,17
2025	82888	156,98	195,91
2026	83622	158,38	197,66
2027	84356	159,77	199,38
2028	85091	161,16	201,12
2029	85825	162,55	202,86
2030	86559	163,94	204,58
2031	87293	165,33	206,33
2032	88027	166,72	208,06
2033	88764	168,11	209,79
2034	89496	169,5	211,53
2035	90229	170,89	213,27
2036	90964	172,28	214,97
2037	91697	173,67	216,73
2038	92432	175,06	218,47
2039	93166	176,45	220,20
2040	93900	177,84	221,94
2041	94634	179,23	223,68
2042	95368	180,62	225,40
2043	96103	182,01	227,14
2044	96837	183,4	228,88
2045	97571	184,79	230,61
2046	98305	186,18	232,35

Fonte: Autor

#### 4.3.0.1 PREVISÃO DA VAZÃO DISPONÍVEL NO MANANCIAL EM PERÍODOS DE SECA

Considerando a pior situação onde foi registrada uma redução de 43,3% do volume de captação em relação à vazão normal, obtendo uma vazão de 102l/s. Sabe-se que a vazão a ser captada para suprir as necessidades da cidade aumenta com o passar dos anos, devido ao crescimento populacional. Na tabela 7, a seguir, mostra-se a diferença da vazão necessária para o abastecimento da cidade e a vazão disponível no manancial em períodos de seca, como também a previsão da vazão necessária para a complementação do mesmo.

**Tabela 7:** Previsão da vazão a ser complementada no abastecimento

Ano	Pop. urbana	Vazão a ser Captada em l/s	Vazão Disp. no manancial em períod. de seca em l/s	Vazão a ser complementada em l/s
2016	76280	180,33	102	78,33
2017	77014	182,02	102	80,02
2018	77749	183,77	102	81,77
2019	78483	185,5	102	83,5
2020	79951	187,24	102	85,24
2021	79951	188,83	102	86,83
2022	80685	190,7	102	88,7
2023	81420	192,44	102	90,44
2024	82154	194,17	102	92,17
2025	82888	195,91	102	93,91
2026	83622	197,66	102	95,66
2027	84356	199,38	102	97,38
2028	85091	201,12	102	99,12
2029	85825	202,86	102	100,86
2030	86559	204,58	102	102,58
2031	87293	206,33	102	104,33
2032	88027	208,06	102	106,06
2033	88764	209,79	102	107,79
2034	89496	211,53	102	109,53
2035	90229	213,27	102	111,27
2036	90964	214,97	102	112,97
2037	91697	216,73	102	114,73
2038	92432	218,47	102	116,47
2039	93166	220,2	102	118,2
2040	93900	221,94	102	119,94
2041	94634	223,68	102	121,68
2042	95368	225,4	102	123,4
2043	96103	227,14	102	125,14
2044	96837	228,88	102	126,88
2045	97571	230,61	102	128,61
2046	98305	232,35	102	130,35

Fonte: Autor

Para suprir as necessidades da população de Caratinga no ano de 2016, como mostrados nos cálculos, precisa-se ser captada no manancial uma vazão de 180,33 l/s, porém, nos períodos críticos de estiagem a uma drástica redução da vazão do rio Lage, atualmente único local usado pela empresa de abastecimento para a captação da água, diminuindo o volume captado para 102 l/s, uma queda de 43,3%, sendo assim, a vazão a ser complementada pelo abastecimento subterrâneo de 78,33 l/s. Levando-se em consideração a vazão de distribuição, ou seja, o dia e a hora de maior consumo, obtém-se a vazão de 260 l/s, uma diferença de 158 l/s a serem complementados.

Sabe-se que, com o passar dos anos a uma taxa de crescimento populacional, consequentemente, um aumento na demanda de água consumida pela cidade. Como previstos nos cálculos a projeção da população para 30 anos futuros, no ano de 2046, estima-se que Caratinga tenha uma população urbana de 98305 habitantes, havendo a necessidade de se captar 232,35 l/s de água para suprir as necessidades do município, sendo necessária uma vazão de 130,35 l/s a ser complementada pelo abastecimento subterrâneo.

Por meio dos dados históricos obtidos pelos trabalhos científicos, pode-se comprovar a viabilidade do potencial hídrico subterrâneo para abastecimento em Caratinga, o qual é considerado excelente ao longo da bacia do rio Caratinga. Essa bacia localiza-se a jusante do município, passando pelos pontos mais baixos da cidade, tornando-se o ponto mais adequado a ser explorado em termos de perfuração de poços. Porém, a qualidade e quantidade de água necessária previstas nos cálculos do presente trabalho, só serão comprovadas com a perfuração nesses pontos de disponibilidade.

Entretanto, é necessário a construção do poço para a verificação da vazão  $Q_{7,10}$  desse local, verificando então os 30% do mesmo. Devendo essa situação ser analisada com cuidado, considerando a possibilidade da ocorrência de conflitos de usos pontuais, ou seja, encontros em pontos específicos, devido a interferências dos poços, podendo haver a necessidade da construção de mais poços, malhas ou rede.

## 5 CONCLUSÃO

Os recursos de água subterrânea no Brasil representam uma alternativa viável, tanto em termos de quantidade como de qualidade, sendo uma fonte bastante atrativa para investimentos, inclusive em abastecimento público.

Embora, teoricamente, a água subterrânea esteja presente em qualquer lugar, isso não significa que um poço possa ser localizado da mesma maneira. Sua captação tem um custo por vezes elevado e, portanto, não deve ser feita sem critérios. Existem fatores naturais que condicionam a distribuição e concentração da água subterrânea em certos locais, de maneira a melhorar o rendimento e a vazão do poço, tornando o empreendimento mais proveitoso e evitando ou diminuindo a taxa de insucessos.

Em Caratinga, a água que abastece a cidade é captada no Ribeirão do Lage, através da outorga de direito do uso da água de 242 l/s, concedida pelo Departamento Estadual de Recursos Hídricos – Portaria nº01/1996. Desta vazão outorgada, atualmente a empresa de abastecimento público retira cerca de 180 l/s, durante 22 horas diárias, volume suficiente para o abastecimento de toda população, porém, durante os longos períodos de estiagem na região, a vazão do manancial reduz drasticamente, tendo potencial para ser captado apenas 142 l/s, uma porcentagem 21,1% menor que a necessária para o abastecimento do município, em algumas ocasiões mais críticas, a diferença foi ainda maior, caindo para 102 l/s o volume captado, cerca de 43,3% menos.

Algumas medidas podem ser utilizadas como alternativas de novas fontes de água para o abastecimento da cidade, como propõe a presente monografia, a fim de solucionar ou minimizar o problema, podendo contribuir efetivamente tanto para a melhoria das condições ambientais da região quanto para a qualidade de vida das pessoas que utilizam do abastecimento.

Foi comprovado por meio dos dados históricos dos trabalhos científicos analisados, a possível viabilidade do potencial hídrico subterrâneo da cidade de Caratinga, sendo indicado o local ao longo da bacia do rio Caratinga, a jusante do município, sendo o mesmo considerado pela ONU, como uma situação excelente. Retratando a situação da disponibilidade hídrica subterrânea da unidade pelas dimensões dos aquíferos, os valores resultantes indicam possibilidades de aproveitamentos consideráveis, notadamente para abastecimento público e industrial.

Estudos de qualidade da água da bacia do rio Caratinga foram feitos, sendo possível perceber o alto teor de poluição, com sobrecarga de lançamento de esgotos sanitários nas águas superficiais dentre outros poluentes. Necessitando assim, de um estudo aprofundado da qualidade e quantidade dessa água, que podem ser feitos apenas com perfurações e sondagens do local.

O rio Lage, atualmente único responsável pelo abastecimento público da cidade não possui dados históricos, assim como foi observado para a bacia do rio Caratinga, por isso, perfurar e estudar o mesmo obteria muito trabalho e atrasaria os estudos.



A qualidade e a quantidade de água necessária prevista nos cálculos do presente serão comprovadas apenas com a perfuração e sondagem nesses pontos de disponibilidade considerada excelente pelo dado histórico do artigo, ou seja, ao longo da bacia do rio Caratinga. A perfuração comprovará uma alternativa de solucionar o problema da escassez da cidade, porém, cabe ao poder público e privado analisar a viabilidade, devido ao transporte, bombeamento, gasto com tubulação.

A presente monografia não faz uma previsão da qualidade e quantidade exata que um ou mais poços devem produzir, apenas sugere-se através de cálculos a vazão a ser complementada para o abastecimento público da população de Caratinga. Devendo essa situação ser analisada com cuidado, considerando a possibilidade da ocorrência de conflitos de usos pontuais, ou seja, encontros em pontos específicos, devido a interferências dos poços, podendo haver a necessidade da construção de mais poços, malhas ou rede.

#### SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS:

Análise da qualidade da água da bacia do rio Caratinga, ou seja, teor de contaminação;

Análise quantitativa da água do mesmo;

Sondagem e perfuração da região indicada pelo trabalho.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT-NBR 12211- **Estudos de concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água**, 1992. 2.

ABNT-NBR 12212- **Projeto de Poço para Captação de Água Subterrânea**, 1992. 3.

ABNT-NBR 12213- **Projeto de Captação de Água de Superfície para Abastecimento Público**, 1992. 4.

ABNT-NBR 12214- **Projeto de Sistema de Bombeamento de Água**, 1992.

ABNT-NBR 12215- **Projeto de Adutora de Água para Abastecimento Público**, 1991. 5.

ABNT-NBR 12217- **Projeto de Reservatório de Distribuição de Água para Abastecimento Público**, 1994. 6.

ABNT-NBR 12218- **Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público**, 1994.

ABNT-NBR 12244- **Construção de Poço para Captação de Água Subterrânea**, 1992.

Agência Nacional de Águas- ANA- **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. 2005, Brasília, DF.

**ÁGUAS SUBTERRÂNEAS – Um Recurso a ser Conhecido e Protegido**. Ministério do Meio Ambiente, Secretária dos Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. Brasília-2007.

ALEGRE, Helena. Et al. **Indicadores de Desempenho para Serviços de Abastecimento de Água**. 1. Ed., Lisboa: laboratório Nacional de Engenharia Civil.

Associação Brasileira de Águas Subterrâneas- ABAS- **Águas subterrâneas**- Disponível em <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas>. Acesso em outubro 2016.

CAPUCCI, Egmont. Et al. **Poços Tubulares e outras Captações de Águas Subterrâneas-Orientações aos usuários**. 6. Ed., Departamento de Recursos Minerais – DMR, RJ.

**COPASA. Saneamento – tratamento e abastecimento de água**. Programa Chuá: Educação Sanitária e Ambiental da Copasa.

GAZCEZ, Lucas Nogueira. **Elementos de Engenharia Hidráulica e Sanitária**. 2. Ed., São Paulo: editora Edgard Blucher Ltda.

GUIMARÃES, Carvalho e Silva. **Saneamento Básico**. IT 179. Agosto 2007. Disponível em: <http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/Apostila%20IT%20179/Cap%201.pdf>. Acesso em: novembro, 2016.

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter Lúcio. **Abastecimento de Água para Consumo Humano**. 2006, Ed. UFMG, 859p.

IBGE. **Estimativas de população, 2016**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativapop.shtm>. Acesso em outubro 2016.

NETTO, J.M.A. Et al. **Manual de Hidráulica**. 8. Ed., São Paulo: Editora Blucher, 1998.

PARH, CARATINGA **PLANO DE AÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS DA UNIDADE DE PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS CARATINGA**. IGAM, Maio, 2010.

**PLANO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS – PERH**. Instituto Mineiro de Gestão das Águas – Belo Horizonte: IGAM, 2011, Resumo Executivo, Volume 1.

PINTO, Nelson L. de Sousa. Et al. **Hidrologia Básica**. 1. Ed., São Paulo: editora Edgard Blucher Ltda.

REBOUÇAS, Aldo. **Uso inteligente da Água**. 1 Ed., São Paulo: editora escrituras, 2004.

TSUTIYA, M.T. **Abastecimento de Água**. 2004, EPUSP, 643p.

TUNDISI, José Galizia. **Novas Perspectivas para a Gestão de Recursos Hídricos**. USP, São Paulo, n70, p.24-35, Junho/Agosto 2006.

VASCONCELOS, MEG. **Avaliação Ambiental Estratégica para a Gestão Integrada e Participativa dos Recursos Hídricos**. Scielo Books.

**ANEXO A - OFÍCIO DE REQUERIMENTO A COPASA****OFÍCIO DE REQUERIMENTO**

Ao José Augusto Neves dos Reis  
Gerente Regional da Companhia de Saneamento de Minas Gerais - COPASA  
Filial da COPASA, Caratinga - MG

Prezado José Augusto,

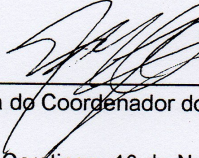
Tendo em vista que a COPASA, empresa responsável pelo abastecimento de água e esgotamento sanitário da cidade, faz parte de um amplo campo de pesquisa voltado para a área de hidrologia, gostaríamos de concluir o bacharelado em Engenharia Civil, realizando um trabalho de conclusão de curso (TCC), embasado na distribuição de água na cidade de Caratinga.

Para a realização deste trabalho, necessitamos de alguns dados que somente V.S.<sup>a</sup> pode nos fornecer, sendo eles: o consumo diário de água da população de Caratinga; a vazão disponível no manancial do Lage em períodos de seca, bem como o consumo de água da população durante o racionamento (rodízio).

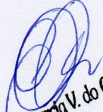
Diante do exposto solicitamos a V.S.<sup>a</sup> que, se possível, realize a liberação dessas informações para conclusão deste trabalho.

Ressaltamos que o uso destas informações será, única e exclusivamente, para a elaboração do trabalho aqui descrito.

Desde já, agradecemos!

  
Prof. João Moreira de O. Júnior  
Coordenador Engenharia Civil  
ITC  
Assinatura do Coordenador do Curso de Engenharia Civil

Caratinga, 18 de Novembro de 2016

  
Edmarciano V. do Carmo Costa  
Mat. 22676  
18/11/16