

INSTITUTO ENSINAR BRASIL  
FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI

LAIZA LUIZ DOS SANTOS

**ANÁLISE DOS ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS E BALANÇO ENTRE  
DEMANDA E OFERTA DO RECURSO HÍDRICO DA CIDADE DE  
PADRE PARAÍSO - MG**

TEÓFILO OTONI - MG

2015

LAIZA LUIZ DOS SANTOS

**ANÁLISE DOS ÍNDICES PLUVIOMÉTRICOS E BALANÇO ENTRE  
DEMANDA E OFERTA DO RECURSO HÍDRICO DA CIDADE DE  
PADRE PARAÍSO - MG**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária das Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária, Área de Concentração: Gestão de Recursos Hídricos. Orientadora: Nínive Bastos Oliveira.

TEÓFILO OTONI – MG

FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI

2015



## **FACULDADES UNIFICADAS DE TEÓFILO OTONI**

### **FOLHA DE APROVAÇÃO**

A Monografia intitulada: Análise dos índices pluviométricos e balanço entre demanda e oferta do recurso hídrico da cidade de Padre Paraíso – MG. Elaborada pela aluna LAIZA LUIZ DOS SANTOS foi aprovada por todos os membros da Banca Examinadora e aceita pelo curso de Engenharia Ambiental e Sanitária das Faculdades Unificadas de Teófilo Otoni, como requisito parcial da obtenção do título de

### **BACHAREL EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA.**

Teófilo Otoni, 28 de Novembro de 2015

---

Prof (a). Orientador (a)

---

Prof (a). Examinador (a) 1

---

Prof (a). Examinador (a) 2

## AGRADECIMENTO

- A Deus que mim permitiu chegar até aqui, sempre mim dando força e ânimo para seguir em frente.
- Aos meus amados pais Luiz e Maria Natalina por tornarem meu sonho realidade e acreditar que sou capaz.
- As minhas lindas irmãs Leila e Lília pelo companheirismo e incentivo.
- Aos meus colegas que seguiram essa jornada junto a mim, passando pelas mesmas dificuldades, mas que também nunca desanimaram.
- A professora Ninive Bastos Oliveira, pela excelente orientação que permitiu a realização deste trabalho.
- A professora Graciele Araújo pelo grande auxílio no decorrer deste trabalho.
- A Mauro Sérgio Pires e a Copasa, pela sua grande disponibilidade e boa vontade em ajudar.
- A todos os meus professores que sempre se dedicaram a nos ensinar;
- A meu querido namorado Henrique, pelo apoio e pela motivação, estando sempre ao meu lado.

## RESUMO

A água é um dos recursos naturais mais importantes do Planeta, pois ela aparece como elemento limitado e insubstituível à manutenção da vida na Terra. Contudo, a utilização cada vez maior desse recurso tem resultado em problemas e até conflitos, não só de carência dos mesmos, como também de degradação de sua qualidade e redução da quantidade. Torna-se assim, indispensável à utilização de modelos hidrológicos com o intuito de conhecer a disponibilidade hídrica local e fazer previsões quanto aos recursos hídricos. Este trabalho teve como objetivo analisar o balanço entre oferta e demanda do recurso hídrico da cidade de Padre Paraíso - MG, verificando mudanças na distribuição pluvial no decorrer dos anos. Para alcançar os objetivos, se fez uma estimativa populacional e de demanda do recurso hídrico para os próximos 10 anos. Para a análise estatística foi utilizado o software R 2.8.1 para Windows que é um programa estatístico baseado em S, tornando-se possível ler e realizar operações sobre os dados, conduzir análises estatísticas e dispor os resultados além de experimentar e implementar novos algoritmos. A análise foi realizada em 3 fases: descritiva, preliminar e de ajustamento. Tem-se como resultados que no ano de 2025 a cidade terá uma população estimada de 20.971 habitantes e necessitará de uma demanda hídrica de  $25,82 \text{ L.s}^{-1}$ . O modelo adotado, revelou que a partir dos testes realizados, existem motivos para acreditar que a amostra provém de uma Distribuição de Gumbel.

**Palavras – chave:** Índices Pluviométricos, Demanda Hídrica, Oferta de Água e Modelo Estatístico.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>07</b>
<b>1 JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>09</b>
<b>2 HIPÓTESE</b> .....	<b>10</b>
<b>3 OBJETIVOS</b> .....	<b>11</b>
3.1 OBJETIVO GERAL .....	11
3.2 OBJETICO ESPECÍFICOS .....	11
<b>4 MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>12</b>
4.1 ÁGUA, RECURSO HÍDRICO E ÁGUA DOCE .....	12
4.2 CICLO HIDROLÓGICO GLOBAL E DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA NO PLANETA .....	13
4.2.1 Disponibilidade hídrica no Brasil .....	14
4.2.1.1 Disponibilidade hídrica no Vale do Jequitinhonha e na cidade de Padre Paraíso..	15
4.3 USO DO RECURSO HÍDRICO .....	18
4.4 ABASTECIMENTO DE ÁGUA .....	19
4.5 MODELAGEM EM FENÔMENOS HIDROLÓGICOS .....	21
4.6 HISTÓRICO DA BARRAGEM BOA VISTA .....	22
<b>5 METODOLOGIA</b> .....	<b>23</b>
5.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA QUANTO AS FINS.....	23
5.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA QUANTO AOS MEIOS .....	23
5.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	23
5.4 MAPEAMENTO DA ÁREA DA BARRAGEM.....	24
5.5 ESTIMATIVA POPULACIONAL .....	24
5.6 ESTIMATIVA DA DEMANDA DE RECURSO HÍDRICO.....	26

5.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS.....	26
<b>6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>28</b>
6.1 MAPEAMENTO DA ÁREA DA BARRAGEM.....	28
6.2 ESTIMATIVA POPULACIONAL.....	29
6.3 ESTIMATIVA DA DEMANDA DE RECURSO HÍDRICO.....	29
6.3.1 Análise descritiva.....	31
6.3.2 Análise Preliminar.....	32
6.4.3 Ajustamento.....	35
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>38</b>

## INTRODUÇÃO

A água é um dos recursos naturais mais importantes do Planeta, pois ela aparece como elemento limitado e insubstituível à manutenção da vida na Terra (MOLINA et.al, 2014).

A água que o homem utiliza, seja ela superficial ou subterrânea, é chamada de recurso hídrico (MINAS GERAIS, 2008).

Contudo, a utilização cada vez maior desse recurso tem resultado em problemas e até conflitos, não só de carência dos mesmos, como também de degradação de sua qualidade e redução da quantidade (BRANCO, 2006).

De acordo com o relatório Mundial das Nações Unidas (ONU) sobre o Desenvolvimento de Recursos Hídricos (UNESCO, 2015), nas últimas décadas o consumo de água cresceu duas vezes mais do que a população e a estimativa é que a demanda aumente 55% até 2050. Destaca-se também que o crescimento da população pode chegar a 9,1 bilhões em 2050.

O Instituto Mineiro de Gestão das Águas (IGAM) declarou este ano que o Estado está diante de um quadro de crise hídrica (MINAS GERAIS, 2015), sendo que a Companhia de Saneamento de Minas Gerais – Copasa (2015), responsável por 70% dos municípios mineiros afirma que essa crise é a pior dos últimos 100 anos, solicitando ao IGAM para que fosse decretada "situação hídrica crítica", pois em média, a vazão dos rios do Estado caiu 40%.

Para Somlyody e Varis (2006), o agravamento e a complexidade da crise da água decorrem de problemas reais de disponibilidade e aumento da demanda hídrica.

A disponibilidade hídrica representa a quantidade de água disponível na natureza para ser utilizada nas atividades humanas, sendo que a demanda hídrica é a quantidade de água necessária para o desenvolvimento das atividades humanas (MACHADO, 2007).

Assim, o estudo da disponibilidade e demanda hídrica são fundamentais para o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos, pois de acordo com Tundisi (2008), uma base de dados consolidada e transformada em instrumento de gestão pode ser uma das formas mais eficazes de enfrentar o problema de escassez, estresse e deterioração da qualidade da água.



Oliveira e Fiorenze (2011) alertam sobre a importância de observar, a variação do regime hidrológico natural dos rios, que ocorre de acordo com a distribuição da pluviosidade. Uma vez que o Brasil é rico em termos de disponibilidade hídrica, mas apresenta uma grande variação espacial e temporal das vazões (BRASIL, 2005).

Sendo assim, buscou-se neste trabalho analisar os índices pluviométricos, a demanda e a oferta de água da cidade de Padre Paraíso - MG, onde foi utilizado um programa estatístico para o tratamento dos dados.

## 1 JUSTIFICATIVA

Conscientes da problemática sobre a disponibilidade dos recursos hídricos e do desafio imposto aos municípios e a sociedade de gerenciá-lo, discussões sobre mudanças na distribuição de precipitação pluviométrica da cidade de Padre Paraíso tornam-se necessárias para que se conheça a real situação hídrica da cidade.

O estudo hídrico desta cidade torna-se interessante porque de acordo com o IGAM a disponibilidade hídrica na bacia Hidrográficas do Médio e Baixo Rio Jequitinhonha situa-se entre 2 e 10 L.s<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup> (litros por segundo por quilômetro quadrado), com exceção do Vale do Jequitinhonha (local onde a cidade está inserida), que se situa abaixo de 2 L.s<sup>-1</sup>.km<sup>-2</sup> (MINAS GERAIS, 2015).

Outro dado importante é que segundo o boletim da defesa civil de 2015, o município solicitou decreto de situação de emergência por seca juntamente com outras 53 cidades, sendo todas pertencentes à mesma bacia hidrográfica, a Bacia do Rio Jequitinhonha (MINAS GERAIS, 2015).

Por tanto, diante deste quadro de seca, as pequenas bacias hidrográficas poderão sofrer impacto crescente para atender à demanda de água das cidades tornando-se indispensável à utilização de modelos hidrológicos com o intuito de conhecer a disponibilidade hídricas local e fazer previsões de modo à melhor compatibilizar os usos múltiplos dos recursos hídricos e reduzir os riscos de um conflito pela sua utilização, tendo em vista que os conflitos de uso dos recursos hídricos, principalmente, pela escassez, tendem a aumentar no futuro (BRANCO, 2006).

## 2 HIPÓTESE

Perante do pressuposto problema “É possível que a cidade de Padre Paraíso - MG sofra consequências em seu abastecimento de água devido o aumento da demanda e da distribuição e variação da precipitação pluvial?”, pode-se fundamentar as seguintes hipóteses:

- A distribuição anual e a variabilidade das precipitações pluviais na cidade de Padre Paraíso comprometem a oferta de água da cidade, requerendo estratégias políticas e técnicas para se alcançar um gerenciamento hídrico eficiente.
- A oferta de água da cidade pode sofrer consequências devido ao aumento da demanda hídrica e sua disponibilidade.

### 3 OBJETIVOS

De acordo com o tema “Análise dos índices pluviométricos e balanço entre demanda e oferta do recurso hídrico da cidade de Padre Paraíso – MG, foram propostos os objetivos geral e específicos.

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o balanço entre oferta e demanda do recurso hídrico da cidade de Padre Paraíso - MG, verificando mudanças na distribuição pluvial no decorrer dos anos.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar a demanda atual e dos próximos 10 anos do uso consuntivo de água da cidade;
- Estudar a variabilidade da precipitação pluvial da cidade de Padre Paraíso nos últimos 20 anos, propondo um modelo estatístico com a finalidade de fazer previsões sobre o comportamento do índice pluviométrico na cidade.
- Avaliar as previsões de crescimento da cidade de Padre Paraíso e sua compatibilidade com a reserva hídrica;

## 4 MARCO TEÓRICO

### 4.1 ÁGUA, RECURSO HÍDRICO E ÁGUA DOCE

Na antiguidade, a água, por ser um dos elementos vitais para todas as sociedades, era revestida por um vasto conteúdo simbólico, demonstrando a sua importância na organização das primeiras civilizações situadas nas bacias de grandes rios e nas costas mediterrâneas. O elemento *aqua*, sempre foi inspirador de indagações e motivo de veneração em diferentes culturas antigas (SILVA,1998).

Segundo Rebouças *et. al* (2006), o termo água possui diversos significados quando se trata de diferentes mitologias, religiões, povos e culturas, podendo ser referida como: elemento vital, purificadora e recurso natural renovável.

A água refere-se em geral ao elemento natural, desvinculado de qualquer uso ou utilização. Por sua vez, o termo recurso hídrico é a consideração da água como bem econômico. Assim, Rebouças *et al.* (2006) e Hirata *et al.* (2009) destacam que nem toda a água da Terra é, necessariamente, um recurso hídrico, na medida em que seu uso ou utilização nem sempre tem viabilidade econômica. Hirata *et al.* (2009) acrescentam que mesmo a água já utilizada pode deixar de ser recurso, se tiver passado por processos de poluição ou contaminação que inviabilizem sua reutilização, deixando de ser um recurso renovável.

Já o termo água doce caracteriza-se como elemento essencial ao abastecimento do consumo humano e ao desenvolvimento de suas atividades industriais e agrícolas, sendo vital aos ecossistemas (REBOUÇAS *et al.* 2006)

Dessa forma, a água foi se tornando, cada vez mais, elemento vital para o desenvolvimento econômico e sem ela, não seria possível o desenvolvimento de atividades cotidianas, aumentando a sua dependência em quantidade e qualidade para vários fins (SILVA, 1998).

## 4.2 CICLO HIDROLÓGICO GLOBAL E DISTRIBUIÇÃO DA ÁGUA NO PLANETA

A Terra é o único planeta, conhecido até então, que se pode encontrar água nos três estados físicos fundamentais: líquido, sólido e gasoso (REBOUÇAS *et al.*, 2006).

A água da Terra encontra-se em permanente movimento, constituindo o chamado ciclo hidrológico (SILVA, 1998; BRANCO *et al.*, 2006). Para Alves (2010), o ciclo hidrológico baseia-se na contínua circulação existente entre a água que está distribuída por três reservatórios principais, os oceanos, os continentes e a atmosfera.

Alves (2010) acrescenta que o conceito deste ciclo está ligado ao movimento e à troca de água nos seus diferentes estados físicos, que ocorre na Hidrosfera, entre os oceanos, as calotes de gelo, as águas superficiais, as águas subterrâneas e a atmosfera.

Segundo Branco (2006) duas variáveis regionais caracterizam a gênese das águas: a evapotranspiração e as precipitações, sendo que além destas variáveis, utiliza-se do escoamento superficial e da infiltração para o chamado balanço hídrico.

Alves (2010) destaca que este contínuo movimento deve-se ao Sol, que fornece energia para elevar a água da superfície terrestre para a atmosfera (evaporação), e à gravidade, que faz com que a água condensada caia (precipitação). Uma vez na superfície, a água circula através dos leitos que se reúnem em rios até atingir os oceanos (escoamento superficial) ou infiltra-se nos solos e nas rochas (escoamento subterrâneo). Contudo, nem toda água precipitada alcança superfícies terrestres, pois uma parte é evaporada durante a sua queda. É a água que se infiltra no solo é sujeita a evaporação direta para a atmosfera e também retida pela vegetação, que através da transpiração, a devolve à atmosfera, este processo denomina-se evapotranspiração.

Segundo Rebouças *et al.* (2006), nas últimas três décadas, os volumes de água que compõem o gigantesco ciclo hidrológico foram avaliadas por diferentes autores, destacando-se os trabalhos desenvolvidos pelo Programa Hidrológico Internacional. Considera-se atualmente que a quantidade total de água na Terra, de 1,386 milhões de km<sup>3</sup>, tem permanecido de modo aproximadamente constante durante os últimos 500 milhões de anos.

Entretanto 68,9% desta água doce formam as calotas polares e as geleiras, 29,9% constituem as águas subterrâneas, 0,9% são relativas à umidade dos solos e pântanos e apenas 0,3% são relativas aos rios e lagos (BRANCO, 2006)

Torna-se evidente que, se a água é elemento essencial à vida, esta é, por sua vez, um dos principais fatores que engendram as condições ambientais favoráveis à existência da água em tão grande abundância na Terra.

#### 4.2.1 Disponibilidade hídrica no Brasil

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2013) o Brasil possui uma superfície de 8.547.403,5 km<sup>2</sup>, tornando-o o quinto país do mundo em extensão territorial. Localizado na parte centro-oriental da América do Sul, ocupa 47,7% da área desse continente, cortado pela Linha do Equador e pelo Trópico de Capricórnio, com a maior parte de suas terras situando-se nas latitudes mais baixas do globo, o que lhe confere características de país tropical.

O Brasil possui ampla diversificação climática em virtude de vários fatores como a configuração geográfica, a altitude, a extensão territorial – tanto em relação à latitude quanto à longitude –, o relevo e a dinâmica das massas de ar. A predominância climática são os tipos equatorial úmido, tropical e subtropical úmidos, e semi-árido sobre menos de 10% do território. Em termos pluviométricos, mais de 90% do território brasileiro recebe abundantes chuvas que variam entre 1.000 e mais de 3.000 mm.ano<sup>-1</sup> (REBOUÇAS, 2003).

Estima-se que 40% da água doce do mundo, está distribuída em grandes bacias hidrográficas como a do Amazonas, do Tocantins, do Paraná e do São Francisco e em aquíferos, como o Guarani, considerado o maior do mundo que extrapola as fronteiras nacionais (HIRATA *et. al.*, 2009).

A descarga média de longo período dos rios que drenam o território brasileiro é atualmente, de 182.633 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, e mais 89.000 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> da Amazônia Internacional. Assim o potencial de água doce que flui pelos rios do Brasil é da ordem de 272.000 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> (REBOUÇAS, 2006)

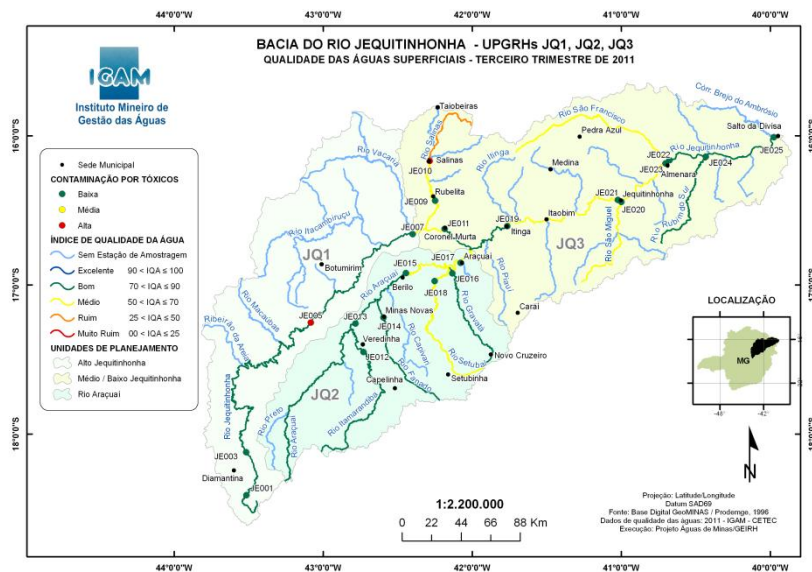
Sendo assim, nota-se uma grande disponibilidade hídrica no Brasil e o seu uso eficiente significam a possibilidade de suprir as necessidades humanas básicas,

sem destruir o meio ambiente, à qualidade da água, garantir o crescimento econômico e social com proteção ambiental.

#### 4.2.1.1 Disponibilidade hídrica no Vale do Jequitinhonha e na cidade de Padre Paraíso

A bacia hidrográfica do rio Jequitinhonha abrange grande parte do nordeste do Estado de Minas Gerais e pequeno setor do sudeste da Bahia. Está compreendida entre os paralelos 16° e 18°S e os meridianos 39° e 44°W, totalizando uma área de 70.315 km<sup>2</sup>, sendo 94% de seu território em Minas Gerais e apenas 6% localizado na Bahia.

Figura 1: Bacia do Jequitinhonha



Fonte: IGAM, 2015

A área compreende seis mesorregiões, subdivididas em onze microrregiões, com 63 municípios mineiros e sete baianos e uma população de, aproximadamente 977,8 mil pessoas (IBGE, 1997; MINAS GERAIS, 2015).

A bacia do rio Jequitinhonha encerra características climáticas que variam do clima semi-árido a úmido, com totais pluviométricos anuais compreendidos entre 600 e mais de 1.600 mm, irregularmente distribuídos ao longo do ano. A temperatura média anual oscila entre 21° a 24°C (IBGE, 1997).



Segundo Menegasse (2003) e ao diagnóstico realizado pelo IBGE (1997) o índice de pobreza ostentado pela região é elevado, ocasionando êxodo rural para os grandes centros urbanos e um esvaziamento demográfico persistente. O diagnóstico do IBGE (1997) também afirma que com mais de dois terços da população vivendo na zona rural, ela tem sido caracterizada em vários estudos como "região deprimida", onde os índices de pobreza, miséria, desnutrição, mortalidade, analfabetismo, desemprego e infra-estrutura sócio-econômica imperam desfavoravelmente em grande parte dos municípios.

Menegasse (2003) diz que os indicadores socioeconômicos revelam a menor participação na Produção Interna Bruta (PIB) e o mais baixo PIB *per capita* do estado. Ele acrescenta que este quadro é agravado pela escassez dos recursos hídricos decorrente do clima semi-árido, que assola parte significativa da região. Há também sérios comprometimentos dos aspectos qualitativos e quantitativos da água. Estes são promovidos pelas atividades econômicas de caráter extrativista, como é o caso das lavras e minerações, pelo manejo inadequado do solo para uso agrícola e pela remoção, em larga extensão, da cobertura vegetal original e o reflorestamento por eucalipto e pinho.

De acordo com Oliveira (2002) no Vale do Jequitinhonha existe uma carência de recursos hídricos superficiais, exceto nas proximidades dos leitos de alguns rios, especialmente o Jequitinhonha que é apontado pelo IBGE (1997) como o recurso natural mais importante da região, mas que tem sofrido com a intensa atividade humana, acarretando modificações importantes no ciclo hidrológico.

Atualmente, os principais usos de água na bacia do Jequitinhonha são o abastecimento humano (urbano e rural) e a irrigação (MINAS GERAIS, 2015).

Contudo, vários diagnósticos apontam as restrições hídricas e as secas periódicas como agentes relevantes para o baixo desempenho da agropecuária na bacia, que ainda responde por 30% do PIB regional (IBGE, 1997).

Segundo o Informativo Bacia do Rio Jequitinhonha ao analisar as estações chuvosas dos últimos 36 anos, observou-se uma tendência de diminuição da precipitação ao longo dos anos e que nos últimos três anos as chuvas estiveram abaixo da normal climatológica (MINAS GERAIS, 2015).

O total de chuvas nos dois últimos períodos chuvosos (2012/2013 e 2013/2014) esteve abaixo da normal climatológica em quase todo o estado, sendo estes anos classificados como "muito seco" a "levemente seco". Os estudos também

apontam que os menores valores acumulados para o primeiro trimestre de 2015 ocorreriam no nordeste de Minas Gerais (MINAS GERAIS, 2015).

O município de Padre Paraíso está inserido na região nordeste do estado de Minas Gerais, no médio vale do rio Jequitinhonha, fazendo parte da mesorregião Jequitinhonha e da microrregião de Araçuaí (BRASIL, 2004).

O clima para a região, segundo a classificação de *Köppen*, é do tipo *Bsw*, continental-seco, quente com temperatura média do mês mais frio do ano superior a 18°C e média das temperaturas máximas em torno de 34°C sendo que a época seca coincide com o inverno. Entretanto, as chuvas tendem a diminuir à medida que se desloca para o norte, em direção a região nordeste, com o clima se aproximando de um quadro de semi-aridez. A precipitação média anual fica abaixo dos 1.000 mm, sendo que nos municípios de Itinga e Itaobim a precipitação anual fica abaixo de 700 mm (PLANVALE, 1994 *apud* OLIVEIRA *et. al*, 2002).

A área do município é de 546 km<sup>2</sup> e limita-se ao norte e leste com o município de Ponto dos Volantes, e a oeste e ao sul com os municípios de Araçuaí e Caraí (BRASIL, 2004).

A sede municipal, situada a 930 m de altitude, está localizada segundo as coordenadas 17,07° S de latitude e 41,52° W de longitude, e dista aproximadamente 550 km de Belo Horizonte. As principais rodovias são as MG's 116 e 409 (BRASIL, 2004).

As principais drenagens são o ribeirão São João e o Córrego do Comprido, ambos pertencentes à bacia do rio Jequitinhonha. A rede de drenagem possui padrão dendrítico, com menor densidade sobre a Suíte Aimorés (BRASIL, 2004).

A água que abastece a cidade é proveniente de uma barragem situada em uma propriedade privada, a fazenda Boa Vista que se encontra a aproximadamente 3 km da cidade, sendo este o único local de captação de água de toda a cidade.

A captação, o tratamento e a distribuição do recurso são realizados pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais – Copasa, pois esta é a empresa responsável pela Estação de Tratamento de Água.

### 4.3 USO DO RECURSO HÍDRICO

Os recursos hídricos são limitados e têm papel significativo no desenvolvimento econômico e social. O crescimento populacional e econômico desse século levou a explorar de forma predatória os recursos naturais em geral e os recursos hídricos em específico (TUCCI *et al.*, 2000).

Originalmente, a água era usada principalmente para dessedentação e outros usos domésticos, criação de animais e outros usos agrícolas a partir da chuva e, menos frequentemente, com suprimento irrigado. Mas na medida em que a civilização se desenvolveu, outros tipos de necessidades foram surgindo, disputando águas muitas vezes escassas e estabelecendo conflitos entre usuários (PEREIRA e PEDROSA, 2005).

Segundo Pereira e Pedrosa (2005) essas categorias de demandas de água estão inseridas em três grandes classes:

- a infraestrutura social: refere-se às demandas gerais da sociedade nas quais a água é um bem de consumo final;
- a agricultura e a aquicultura: referem-se às demandas de água como bem de consumo intermediário visando à criação de condições ambientais adequadas para o desenvolvimento de espécies animais ou vegetais de interesse para a sociedade;
- a industrial: demandas para atividades de processamento industrial e energético nas quais a água entra como bem de consumo intermediário.

Barreto e Garcia (2010) afirmam que em função de suas qualidades, a água propicia vários tipos de uso, que se classificam em: usos consuntivos (quando há perdas entre o que é retirado e o que retorna ao curso natural, como por exemplo, abastecimento humano e animal, irrigação, abastecimento industrial) e usos não consuntivos (quando não há perdas entre o que é retirado e o que retorna ao curso natural como geração de energia, navegação, pesca, piscicultura, recreação e esportes, assimilação de esgotos urbanos e industriais).

Em termos de uso, a agricultura representa a principal fonte de consumo de água doce (70%), o resto é para uso doméstico (17%) e industrial (13%)

(ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA – FAO, 2014).

#### 4.4 ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A água é uma necessidade básica para a vida, mas o homem assumiu a “viabilização do seu acesso” como necessidade básica, sendo que o desenvolvimento da sociedade moderna impôs a ele necessidades básicas de sobrevivência que estão além do que a natureza oferece. Por isso precisou-se de tecnologias apropriadas, com o objetivo de conduzir a água até a torneira da residência. Essa condução é o sistema público de abastecimento de água (SILVA, 2007).

Para Heller e Casseb (2006), o sistema de abastecimento de água representa “o conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável de uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos”. Sendo que esse sistema caracteriza-se pela retirada da água da natureza, adequação de sua qualidade, transporte até os aglomerados humanos e fornecimento à população em quantidade compatível com suas necessidades, podendo ser concebido para atender pequenos povoados ou a grandes cidades.

As instalações de abastecimento de água devem ser capazes de fornecer água com qualidade, com regularidade e de forma acessível para as populações, além de respeitar os interesses dos outros usuários dos mananciais utilizados, pensando na presente e nas futuras gerações (HELLER, 2006).

Heller (2006) alerta que a disponibilidade de água na natureza tem sido insuficiente para atender à demanda requerida em muitas regiões do Planeta.

Miller Júnior (2011) também mostra um estudo de 2003 das Nações Unidas, onde se descobriu que uma em cada seis pessoas não possui acesso regular a um fornecimento adequado e de baixo custo para água limpa. E até 2050, esse número poderá aumentar para uma em cada quatro pessoas.

Branco et al (2006) afirmam que não basta que uma população disponha de água em quantidade, é necessário que essa água se caracterize por um determinado padrão mínimo de qualidade.

Heller e Casseb (2006) destacam a importância do sistema de abastecimento de água para toda a população, considerando aspectos sanitário e social e também econômico tais como:

- Aspectos sanitário e social: melhoria da saúde e das condições de vida de uma comunidade; diminui a mortalidade em geral, principalmente da infantil, aumentando a expectativa de vida; diminuição da incidência de doenças relacionadas com a água; possibilidade de proporcionar conforto e bem estar, entre outras.
- Aspecto econômico: aumento da vida produtiva dos indivíduos economicamente ativos; diminuição dos gastos com consultas e internações hospitalares; facilidade para instalações de indústrias, onde a água é utilizada com matéria prima ou meio e operação e incentivo a indústria turística em localidades com potencialidades para seu desenvolvimento.

As informações coletadas pela Pesquisa Nacional de Saneamento Básico - PNSB sobre abastecimento de água revelam aspectos relevantes da cobertura deste serviço no País. Dos 5.564 municípios brasileiros existentes em 2008, 5.531 (99,4%) realizavam abastecimento de água por rede geral de distribuição em pelo menos um distrito ou parte dele (IBGE, 2010).

Contudo, percebe-se o quanto é difícil garantir a água em quantidade e qualidade para toda população mundial, tendo em vista o tamanho da população e a disponibilidade da água no planeta.

Dessa forma, com o crescimento da população e, conseqüentemente, da demanda de água para o seu consumo direto e para a produção de alimentos, bens e serviços, a tendência é que aumente o número de regiões com problemas relativos à escassez hídrica (LIMA, 2011).

Assim, em uma perspectiva ao longo prazo, uma instalação para o abastecimento de água deve estar preparada para suprir essa crescente demanda. Para isso é necessário que os projetos de abastecimento de água utilizem metodologias que estimem o crescimento populacional das cidades, assim, será possível conhecer a demanda hídrica a longo prazo, criando um sistemas eficientes de gestão dos recursos hídricos (LIBÂNIO et al, 2006).

#### 4.5 MODELAGEM EM FENÔMENOS HIDROLÓGICOS

Em 2015, a defesa civil do município de Padre Paraíso, emitiu um boletim solicitando o decreto de situação de emergência por seca (MINAS GERAIS, 2015). Apesar desses tipos de fenômenos serem, por vezes, aleatórios, é possível observar tais eventos e modelá-los possibilitando fazer previsões. Para tanto é necessário coletar dados dos fenômenos hidrológicos, modelar sua frequência e estudar sua ocorrência (BATISTA, 2002).

Segundo Mello e Silva (2009) fenômenos climáticos, são melhor descritos por modelos matemáticos do que por mapas temáticos, que diminui a precisão por regionalizar uma variável.

Dados de índices pluviométricos, normalmente, não possuem uma distribuição normal. Por se tratar de um evento extremo, o índice pluviométrico pode ser previstos por meio de distribuições de extremos.

Eventos extremos podem ser previstos por meio de distribuições de extremos.

De acordo com Beijo et. al (2005) Gumbel foi o primeiro a estudar as aplicações estatísticas neste tipo de distribuições, que tem sido usada a séries de dados de precipitações e vazão.

Contudo, Batista (2002) foi proposto que três tipos de distribuições de valores extremos (Gumbel, de Fréchet e de Weibull) poderiam ser representados numa forma paramétrica única, designada por *distribuição generalizada de valores extremos* (GEV), cuja função de distribuição de probabilidade acumulada é dada pela seguinte expressão,

$$F(x) = \exp \left\{ - \left[ 1 + \xi \left( \frac{x - \mu}{\sigma} \right) \right]^{\left( \frac{1}{\xi} \right)} \right\} \quad [1]$$

A distribuição GEV tem sido utilizada com grande frequência em estudos precipitação pluvial (NAGHETTIN e PINTO, 2007).

Sendo assim, a partir do estudo sobre índices pluviométricos é possível estabelecer um modelo de probabilidade para fazer previsões de eventos extremos, tanto de enchente ou longos períodos de seca.

#### 4.6 HISTÓRICO DA BARRAGEM BOA VISTA

A barragem Boa Vista situada na Fazenda Boa Vista, é o local onde é feita a retirada de água para o abastecimento da cidade de Padre Paraíso, sendo a Copasa, a empresa responsável pela prestação dos serviços de captação, tratamento e distribuição de água.

Em Junho de 1.980, quando a empresa se instalou na cidade, a barragem Boa Vista já havia sido construída pelo proprietário da fazenda, Agenor Tavares, que disponibilizou a captação do recurso hídrico para toda a população da cidade. Assim, a Copasa se responsabilizou pela construção da rede adutora e pelo tratamento e distribuição do recurso.

## 5 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consiste na análise de dados de índices pluviométricos e do abastecimento de água da cidade de Padre Paraíso.

### 5.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA QUANTO AS FINS

A pesquisa em questão é classificada com descritiva, pois se realizou o estudo, a análise e a interpretação de dados de fenômenos hidrológicos e de recursos hídricos da cidade de Padre Paraíso.

### 5.2 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA QUANTO AOS MEIOS

Esta pesquisa é classificada quanto aos meios como pesquisa documental, uma vez que os dados necessários para o seu desenvolvimento foram disponibilizados pela por uma instituição, a Copasa, sendo que os dados ainda não tinham recebido nenhum tratamento analítico.

### 5.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Padre Paraíso está localizada no nordeste do estado de Minas Gerais, mais precisamente no médio Vale do Jequitinhonha, a 930 m de altitude, distando 560 km da capital do estado, Belo Horizonte, e faz divisa com os municípios de Araçuaí, Caraí, Ponto dos Volantes e fica a 100 km de Teófilo Otoni.

Fundada em 1962, a população estimada em 2015 é de 19.971 habitantes. Tem uma densidade demográfica de 36,3 hab.km<sup>-2</sup> e a sua área territorial é de 543,942 km<sup>2</sup> (IBGE, 2013).



Possui um clima tropical com temperaturas médias de 24°C e a pluviosidade média de 900 mm, e está inserida no bioma Mata Atlântica.

A empresa responsável pelo abastecimento de água da cidade é a Copasa. E segundo o IBGE, a cidade possui 4.990 residências e destas, 4.059 são abastecidas pela companhia que trata em média um volume de 1.708 m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup>.

A referida cidade foi escolhida para a realização deste projeto mediante a facilidade de seu acesso para o acadêmico e também pelo interesse do mesmo de estudar os fenômenos hidrológicos e o recurso hídrico na cidade.

#### 5.4 MAPEAMENTO DA ÁREA DA BARRAGEM

O levantamento de campo foi realizado na Fazenda Boa Vista próxima a cidade de Padre Paraíso/MG, sendo que os pontos foram marcados com o GPS em mãos.

O equipamento de GPS utilizado para a obtenção do ponto foi o Garmim Etrex 30, sendo que o seu processamento foi realizado com o uso do programa Google Earth.

Foi marcado um ponto referente à barragem Boa Vista onde a Copasa faz a captação do recurso hídrico.

#### 5.5 ESTIMATIVA POPULACIONAL

Para estimar a população urbana da cidade de Padre Paraíso para o ano de 2025, utilizou-se a metodologia adotada pelo IBGE para estimativas populacionais municipais. Essa metodologia foi desenvolvida pelos demógrafos Madeira e Simões, onde se observa a tendência de crescimento populacional do município, entre dois Censos Demográficos consecutivos, em relação a mesma tendência de uma área geográfica hierarquicamente superior (área maior). (IBGE, 2015)

Para a realização dessa estimativa foram utilizados os censos demográficos dos anos de 2.000 e 2.010 e o trabalho “Projeção da população do Brasil por sexo e

idade: 2.000-2.060” publicado pelo IBGE. Esta projeção foi realizada com a utilização do Método das Componentes que leva em consideração as tendências observadas de mortalidade, fecundidade e migração em nível nacional.

Este método tem como princípio fundamental a subdivisão de uma área maior, cuja estimativa já se conhece, em  $n$  áreas menores, de tal forma que seja assegurada ao final das estimativas das áreas menores a reprodução da estimativa, pré-conhecida, da área maior através da soma das estimativas das áreas menores.

Para estimar a população de Padre Paraíso foram utilizadas as seguintes fórmula:

$$P_i(t) = a_i P(t) + b_i \quad [2]$$

Sendo que  $a_i$  e  $b_i$  são:

$$a_i = \frac{P_i(t_1) - P_i(t_0)}{P(t_1) - P(t_0)} \quad [3]$$

$$b_i = P_i(t_0) - a_i P(t_0) \quad [4]$$

Onde:

$P_i(t)$  = população estimada de Padre Paraíso no ano de referência;

$P_i(t_0)$  = população de Padre Paraíso em 2.000 (Censo Demográfico);

$P_i(t_1)$  = população de Padre Paraíso em 2.010 (Censo Demográfico);

$P(t)$  = população estimada do Brasil no ano de referência (Projeção da população do Brasil por sexo e idade: 2.000-2.060);

$P(t_0)$  = população do Brasil em 2.000 (Censo Demográfico);

$P(t_1)$  = população do Brasil em 2.010 (Censo Demográfico);

$a_i$  = coeficiente de proporcionalidade do incremento da população da área menor  $i$  (Padre Paraíso) em relação ao incremento da população da área maior (Brasil) e

$b_i$  = coeficiente linear de correção.

## 5.6 ESTIMATIVA DA DEMANDA DE RECURSO HÍDRICO

Para estimar a demanda de recurso hídrico da cidade de Padre Paraíso para o ano de 2025, calculou-se a demanda atual, o consumo *per capita* (qpc) e a população estimada para o ano de referência (HELLER, 2006).

O qpc significa a quantidade de água consumida por dia, em média, por habitante, sendo que é calculado a partir da fórmula:

$$qpc = \frac{\text{Volume distribuído anualmente (l/ano)}}{365 \cdot \text{população atendida (hab)}} \quad [5]$$

Assim, para estimar a demanda hídrica média para o ano 2025 utilizou-se a fórmula:

$$Q = P \times qpc \quad [6]$$

Onde:

Q = vazão média (L.dia<sup>-1</sup>);

P = população abastecida no ano de referência;

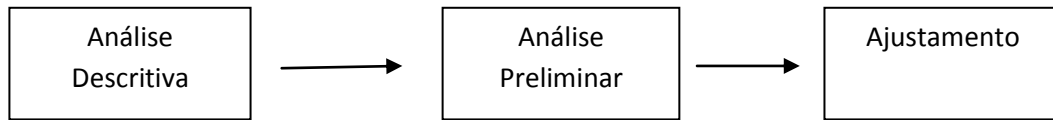
qpc = consumo per capita de água (L.hab<sup>-1</sup>.dia<sup>-1</sup>).

## 5.7 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

Segundo Crespo (2009), a estatística é uma parte da Matemática Aplicada que fornece métodos para a coleta, organização, descrição, análise e interpretação de dados e para a utilização dos mesmos na tomada de decisões.

Sendo assim, a análise ocorre em três fases representadas no Fluxograma na Figura 2.

Figura 2: fluxograma da análise estatística



A primeira etapa a ser realizada em uma análise estatística são a coleta, a organização e a descrição dos dados. Este processo é chamado de Estatística Descritiva (CRESPO, 2009).

Logo após, se faz a análise preliminar utilizando de modelos de probabilidade, sendo que esta se trata de um método de validação preliminar do modelo de uma amostra observada (PESTANA E VELOSA).

Por fim, utiliza-se a fase Exploratória, fazendo um ajustamento dos dados para escolher o modelo ao qual ele se ajusta.

Para a análise estatística foi utilizado o software R 2.8.1 para Windows que é um programa estatístico baseado em S, tornando-se possível ler e realizar operações sobre os dados, conduzir análises estatísticas e dispor os resultados além de experimentar e implementar novos algoritmos.

## 6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção apresentam-se os resultados e discussão referentes ao aumento de demanda do recurso hídrico da cidade de Padre Paraíso, juntamente com a análise dos índices pluviométricos realizada através de uma modelagem para fenômenos hidrológicos.

### 6.1 MAPEAMENTO DA ÁREA DA BARRAGEM

A figura 2 refere-se ao georreferenciamento da Barragem Boa Vista, onde o ponto marcado mostra o local onde a água é captada para o abastecimento da cidade de Padre Paraíso.

Figura 3: Georreferenciamento da Barragem Boa Vista



Fonte: Google Earth, 2015.

A barragem Boa Vista situa-se a 727 m de altitude e está localizada segundo as coordenadas 17,05° S de latitude e 41,45° W de longitude.

A água captada abastece cerca de 99,49% da população urbana e é o único local onde a Copasa faz a retirada do recurso hídrico.

## 6.2 ESTIMATIVA POPULACIONAL

A estimativa populacional urbana da cidade de Padre Paraíso – MG foi realizada com base na metodologia adotada pelo IBGE para estimativas populacionais municipais e está representada na tabela abaixo (Tabela 1).

Tabela 1: Estimativa populacional de cidade de Padre Paraíso

<b>Ano</b>	<b>População Estimada</b>
2015	19.971
2025	20.663

Fonte: A autora

A população estimada para o ano de 2.025 foi de 20.663 habitantes, sendo que atualmente é de 19.971 habitantes, assim, observou-se um crescimento de 3,46% no decorrer dos 10 anos.

## 6.3 ESTIMATIVA DA DEMANDA DE RECURSO HÍDRICO

De acordo com a metodologia proposta no trabalho, calculou-se a estimativa da demanda de recurso hídrico da cidade de Padre Paraíso que equivale a vazão média de água que abastece a cidade, sendo que os dados estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2: Estimativa de vazão média de água

<b>Ano</b>	<b>L.s<sup>-1</sup></b>	<b>L.(dia)<sup>-1</sup></b>
2.015	25,00	2.159.864
2.025	25,82	2.234.703

Fonte: A autora

O consumo per capita (qpc) da cidade é em média de 108,15 L.(dia)<sup>-1</sup>, sendo que a vazão média de água captada para o abastecimento da cidade é em média de 25 l.s<sup>-1</sup>.

Com base nestes dados e na estimativa populacional, foi possível calcular a demanda hídrica para o ano de 2.025, sendo esta será aproximadamente de 25,82 l.s<sup>-1</sup>.

Assim, de acordo com o qpc e a população estimada para o ano de 2.025, tem-se que a vazão média será próxima a 2.234.703 L(dia)<sup>-1</sup>, um aumento de 3,315%.

Contudo, devido a um período crítico de seca presente no município este ano, houve também uma diminuição da vazão da barragem Boa Vista, que no mês de setembro estava funcionando com uma vazão de 43,39 L.s<sup>-1</sup>, uma das menores registradas nos últimos 10 anos, superior apenas aos meses de Abril e Junho de 2008.

Tabela 3: Vazão média da Barragem

<b>Data</b>	<b>Vazão L.s<sup>-1</sup></b>
Abril/2008	31,30
Junho/2008	29,92
Setembro/2015	43.39

Fonte: A autora

Assim, a vazão captada para o abastecimento da cidade no mês de Setembro foi de 73,56% da vazão total da barragem.

Segundo Francisco (2004) é necessário o conhecimento da disponibilidade hídrica de um curso de água pra que se possam fazer as retiradas necessárias ao abastecimento sem comprometer o seu equilíbrio ecológico.

Após a aquisição dos dados de índice pluviométrico dos últimos 20 anos da cidade de Padre Paraíso - MG, por intermédio da Copasa e aplicação de métodos estatísticos para modelagem, chegou-se aos seguintes resultados:

### 6.3.1 Análise descritiva

Diante da modelagem dos fenômenos hidrológicos, foram encontrados os valores das medidas de tendência central da média, mediana, desvio-padrão e moda, que são respectivamente: 87,15 mm; 49,85 mm, 89,78 e 2,2 mm. conforme a tabela 4.

Tabela 4: medidas de posição em

<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>Moda</b>	<b>Desvio-padrão</b>
87,15 mm	49,85 mm	2,2 mm	89,78 mm

Fonte: A autora

Observando os valores de média, mediana, desvio-padrão e moda, pode-se perceber que parece não se tratar de uma distribuição normal, pois eles distam muito entre si. Contudo para este trabalho, a moda não é representativa, pois segundo Pestana e Velosa (2008) perde importância quando os dados em questão são de natureza contínua.

A tabela 5 apresenta os resultados dos quartis.

Tabela 5: Valores do quartis

Valor Mínimo	1º Quartil	Média (2º)	3º Quartil	Valor Máximo
0,5 mm	23,78 mm	87,15 mm	135,80 mm	478,10 mm

Fonte: A autora

A tabela 5 mostra que 25% dos dados estão abaixo de 23,78 mm e 75% até 135,80 mm, sendo que os valores mínimos e máximos são 0,5 mm e 479,10 mm respectivamente. Mais um indício de que os dados não se enquadram numa distribuição normal.



Outro parâmetro utilizado foi a assimetria. Ela é importante na medida em que avalia a forma como os dados estão distribuídos em relação à média. Para que os dados apresentem distribuição normal, a assimetria deve ser próxima ou igual a zero. O valor encontrado para a assimetria foi de 1,6790. Assim, esse parâmetro também indica que a distribuição não é normal, pois só é normal quando o resultado aproxima-se de 0. Como a assimetria é maior que 0, a distribuição assimétrica é positiva (PESTANA E VELOSA, 2008).

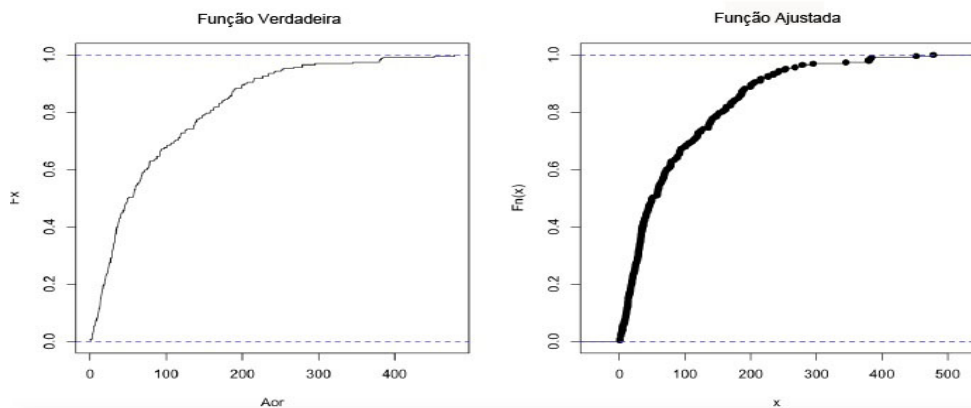
### 6.3.2 Análise Preliminar

Após a análise descritiva, percebe-se que os dados se tratam de uma distribuição de extremos e, portanto, estudou-se a função da probabilidade, para decidir qual melhor modelo se ajusta aos dados.

As figuras 3 e 4 apresentam o gráfico da função distribuição empírica.

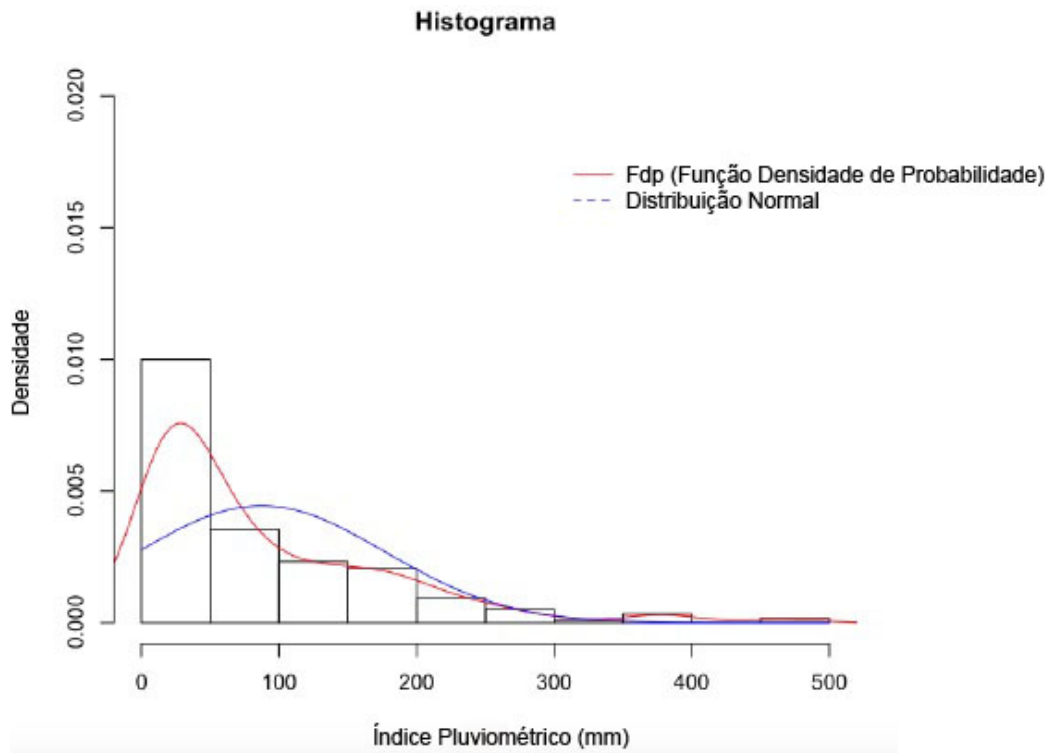
Figura 4 e 5: Gráfico da função distribuição empírica

#### **Distribuição Empírica**



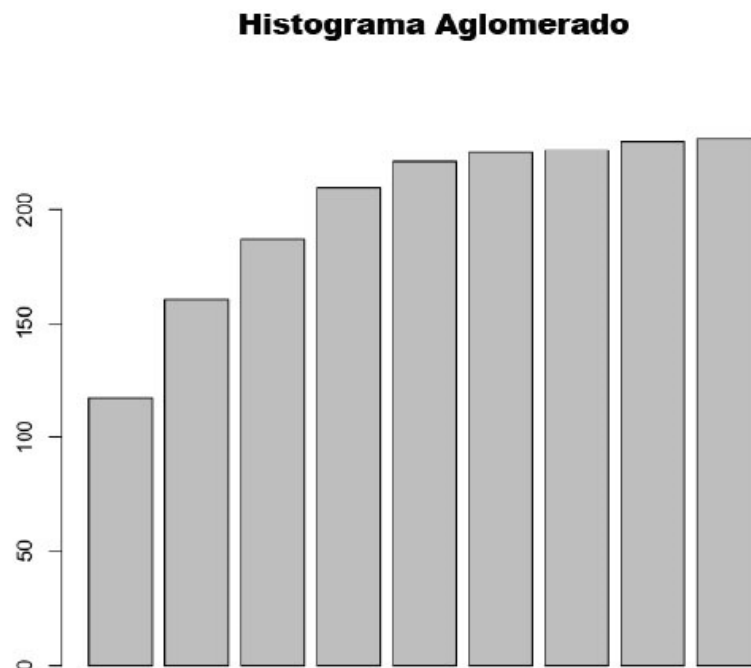
A figura 4 apresenta o a função verdadeira e a figura 5 a função ajustada. As figuras 6 e 7 apresentam o histograma e o histograma aglomerativa.

Figura 6: Histograma



Fonte: A autora

Figura 7: Histograma aglomerado



Fonte: A autora

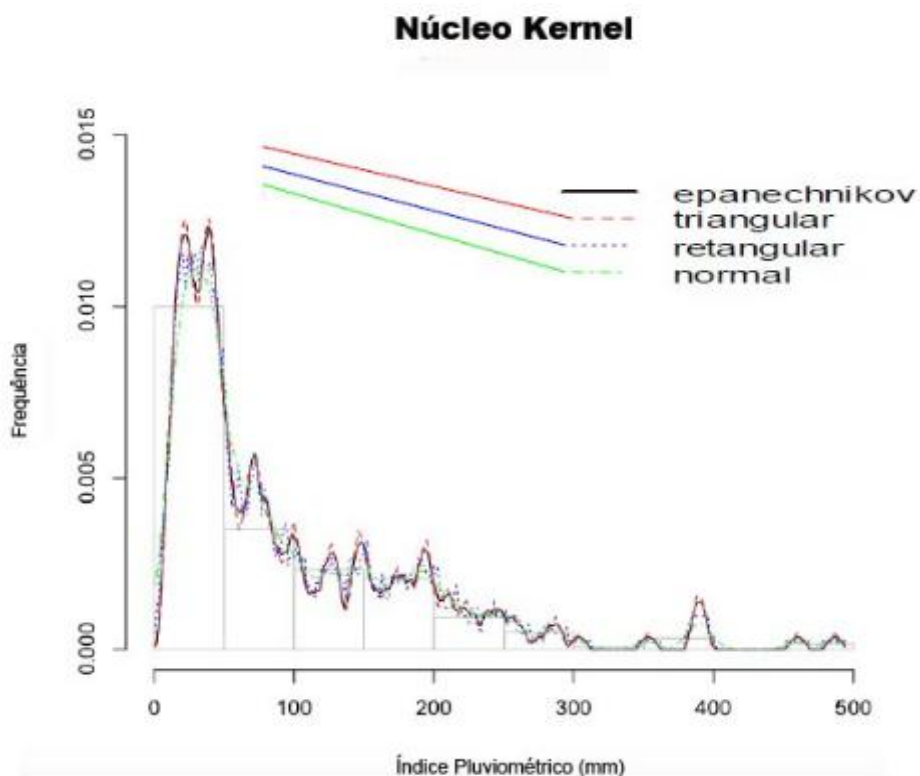
Histograma é a imagem da função empírica, e permite uma interpretação de forma mais fácil e rápida dos dados (PESTANA E VELOSA, 2008) e sugere a função da densidade da probabilidade.

O estimador Kernel é muito utilizado para se observar a função que melhor se ajusta aos dados aproximando-o do real. O núcleo (Kernel) é estimado pela equação(PESTANA e VELOSA, 2008):

$$f_{nK}(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{h} k\left(\frac{x - X_i}{h}\right), \quad x \in \mathbb{R} \quad [7]$$

Trata-se de uma f.d.p.(função de distribuição de probabilidade) e como são várias as funções de núcleo aplicadas, foram utilizadas as Kernel Normal, Triangular, Epanechnikov e Retangular (PESTANA E VELOSA, 2008). Afigura 5 representa o gráfico destas funções.

Figura 7: Núcleo Kernel



Fonte: A autora

Pela análise da figura 7, entende-se que a função que mais se aproxima é a retangular.

### 6.4.3 Ajustamento

O estudo da probabilidade é um estudo gráfico e preliminar para a escolha do melhor método de modelagem de uma amostra (PESTANA E VELOSA, 2008)

Os resultados obtidos a partir da análise gráfica da probabilidade dos dados sugerem uma distribuição de Gumbel, apresentada na equação: (PESTANA E VELOSA, 2008)

$$X \equiv \Lambda(x; \lambda, \delta) \Rightarrow F_X(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-\lambda}{\delta}\right)}} \quad [8]$$

Mas como é uma sugestão de que os dados possam obedecer a uma distribuição de Gumbel, é necessária realização de testes de métodos matemáticos de estimativas. (PESTANA E VELOSA, 2008).

Foram realizados dois testes: Método dos Momentos e Método de Kolmogorov para investigar se a função distribuição empírica se afasta excessivamente da função de distribuição do modelo postulado.

O método dos momentos procura a solução da função de Gumbel igualando os momentos da amostra aos momentos populacionais segundo a equação:

$$E[X^k] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^k \quad [9]$$

É um método simples mais em caso de muitos parâmetros pode induzir a propagação de erros (PESTANA E VELOSA, 2008).

O método de Kolmogorov investiga se função de distribuição empírica se aproxima do modelo postulado, para isto utiliza-se o teste estatístico de Kolmogorov-Smirnov conforme a equação:

$$\sup_{x \in R} |F(x) - F_n^*(x)| \quad [10]$$

Pelo método dos momentos, o valor encontrado da média e desvio-padrão foram 86,21 mm e 69,85 mm respectivamente. Este resultado, por ser muito próximo

dos valores de tendência central, levou a aplicação do teste estatístico de Kolmogorov-Smirnov. O nível de significância encontrado foi de 5%.

Como o modelo de ajustamento de Kolmogorov indica se a função de distribuição empírica se aproxima do modelo postulado, um nível de significância menor que 5% revela que a distribuição dos dados se aproxima de uma distribuição de Gumbel.

## CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos e discutidos neste trabalho pode-se concluir que:

- Estima-se que no ano de 2025 a cidade terá uma população de 20.971 habitantes e necessitará de uma demanda hídrica de  $25,82 \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$
- A partir dos testes realizados, existem motivos para acreditar que a amostra provém de uma Distribuição de Gumbel.
- Sugere-se outros testes para se definir a distribuição dos dados para propor um modelo de previsão para o índice pluviométrico.
- Estimativas de demanda hídrica e de crescimento populacional juntamente com um modelo de ajustamento de índice pluviométrico permitirão aos gestores de recursos hídricos proporem medidas mais eficazes e que otimizem a utilização deste recurso tão essencial que é a água.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Célia. Qualidade da água. In: ALVES, Célia. *Tratamento de águas de abastecimento*. 3. ed. Porto: Publindústria. 2010. Edições Técnicas. p. 01–47.

BARRETO, P. R; GARCIA, C. A. B. *Caracterização da qualidade da água do açude Buri-Frei Paulo/SE*. Scientia Plena 6,v. 9, 2010. Disponível em: <<http://scientiaplena.org.br/sp/article/download/79/50>>. Acesso em: 18 maio 2015.

BATISTA, E. A. L. *A Distribuição Generalizada de Valores Extremos no Estudo da Velocidade Máxima do Vento em Piracicaba, SP*. Piracicaba -SP: ESALQ, 2002, 47p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11134/tde-24072002-172249/en.php>>. Acesso em: 10 nov 2015.

BEIJO, L.A. et. al. *Estudo do Tempo de Retorno das Precipitações Máximas em Lavras (MG) pela Distribuição de Valores Extremos do Tipo I*. Ciência e Agrotecnologia. Lavras, v. 29, n. 3, p. 657-667, 2005.

BRANCO, S. M. et al. Água e saúde humana. In: REBOUÇAS, A. et. al, (Eds.) *Águas Doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006, p. 241-267.

BRASIL. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea*. Belo Horizonte: CPRM, 2004. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/rehi/atlas/jequitinhonha/relatorios/051.pdf>>. Acesso em: 17 maio 2015.

COPASA – Companhia de Saneamento Básico de Minas Gerais. *Níveis dos reservatórios*. Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <[http://www.copasatransparente.com.br/?page\\_id=24](http://www.copasatransparente.com.br/?page_id=24)>. Acesso em: 02 jun. 2015

CRESPO, A. A. Medidas de posição. In: CRESPO, A. A. *Estatística fácil*. 19. ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

FAO - Organização das nações unidas para alimentação e agricultura. *Dia mundial da água: cuidar da água é fundamental para a segurança energética e a luta contra a fome*. 2014. Disponível em: <<https://www.fao.org.br/DMAcafpself.asp>>. Acesso em: 18 maio 2015.

FRANCISCO, C. N. *Disponibilidade hídrica - da visão global às pequenas bacias hidrográficas: o caso de Angra dos Reis, no Estado do Rio de Janeiro*. Revista de Geociências – Ano 3, n.3. Niterói: Instituto de Geociências, 2004. Disponível em: <<http://www.professores.uff.br/cristiane/Documentos/Art%20rev%20geo%20-%20final%20revisada%20completa.pdf>>. Acesso em: 15 out 2015.

HELLER, L. Abastecimento de água, sociedade e ambiente. In: Léo Heller; Valter Lúcio de Pádua. (Org.). *Abastecimento de água para consumo humano*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. p. 29-63.

HELLER, L; CASSEB, M. M. S. abastecimento de água. In: Léo Heller; Valter Lúcio de Pádua. (Org.). *Abastecimento de água para consumo humano*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. p. 63-111.

HIRATA, R. *et al.* A água como recurso. In: TEIXEIRA, W. *et al.* *Decifrando a terra*. 2. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2009. p. 449-485.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Área territorial brasileira*, 2013. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default\\_territ\\_area.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/cartografia/default_territ_area.shtm)> Acesso em: 15 abr. 2015.

\_\_\_\_\_. *Diagnóstico ambiental da bacia do rio Jequitinhonha: Diretrizes gerais para a ordenação territorial*. Salvador, 1997. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/diagnosticos\\_levantamentos/jequitinhonha/jeq.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/recursosnaturais/diagnosticos_levantamentos/jequitinhonha/jeq.pdf)>. Acesso em: 17 maio 2015.

\_\_\_\_\_. *Estatísticas do Cadastro Central de Empresas 2012*. 2014. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/csv.php?lang=&idtema=127&codmun=314630>>. Acesso em: 02 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. *Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM*. 2013. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/csv.php?lang=&idtema=118&codmun=314630>>. Acesso em: 02 jun. 2015.

\_\_\_\_\_. *Pesquisa nacional de saneamento básico de 2008*. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB\\_2008.pdf](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb2008/PNSB_2008.pdf)>. Acesso em: 15 maio 2015.

LIBÂNIO, M. *et al.* *Consumo de água*. In: Léo Heller; Valter Lúcio de Pádua. (Org.). *Abastecimento de água para consumo humano*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. p. 107-152.

LIMA, J. E. F. W. *Situação e perspectivas sobre as águas do cerrado*. *Ciência e Cultura*. vol.63, n. 3 São Paulo, 2011. Disponível em: <[http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252011000300011&script=sci\\_arttext](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252011000300011&script=sci_arttext)>. Acesso em: 10 nov 2015.

MACHADO, G. *Demanda e disponibilidade hídrica no sistema Lagoa Mirim - São Gonçalo – Rio Grande do Sul*. *Revista Discente Expressões Geográficas*. Florianópolis - SC, n. 03, p. 61-82, 2007. Disponível em: <<http://www.geograficas.cfh.ufsc.br>>. Acesso em: 18 out 2015.



MELLO, C. R; SILVA, A. M. *Modelagem estatística da precipitação mensal e anual e no período seco para o estado de Minas Gerais*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.13, n.1, p.68–74, 2009

MENEGASSE, L. N. *et al. Hidroquímica das águas subterrâneas do médio Jequitinhonha, Minas Gerais, Brasil*. Revista Latino-Americana de Hidrogeologia, n.3, p.49-58, 2003. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/hidrogeologia/article/view/2636/2177>>. Acesso em: 17 maio 2015.

MILLER JR, G. T. Água e poluição. In: MILLER JR, G. T. *Ciência Ambiental*. 11. São Paulo: Cengage Learning, 2011. p. 266-302.

MINAS GERAIS. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. *Informativo bacia do rio Jequitinhonha – Jan/2015*. Disponível em: <<http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/publicacoes-tecnicas/informativos-hidrometeorologicos/8637-informativon1riojequitinhonhajan2015>>. Acesso em: 18 mar. 2015.

\_\_\_\_\_, Instituto Mineiro de Gestão das Águas. *Escassez hídrica*. Belo Horizonte, 2008. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/component/content/article/16/1553-escassez-hidrica>>. Acesso em: 02 maio 2015.

\_\_\_\_\_. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. *Informativo bacia do rio Jequitinhonha jan/2015*. Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <<http://portalinfohidro.igam.mg.gov.br/publicacoes-tecnicas/informativos-hidrometeorologicos/8637-informativon1riojequitinhonhajan2015>>. Acesso em: 18 mar. 2015.

\_\_\_\_\_. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. *Norma publicada estabelece critérios para definir situação de escassez hídrica*. Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/banco-de-noticias/1-ultimas-noticias/1546-norma-publicada-estabelece-criterios-para-definir-situacao-de-escassez-hidrica>>. Acesso em: 02 jun. 2015.

MOLINA, S. K. M et. al. *Caracterização de disponibilidade hídrica e comparação de metodologias de regionalização de vazões*. São Paulo, UNESP, Geociências, v. 33, n. 3, p.506-515, 2014. Disponível em: <[http://www.revistageociencias.com.br/33/volume33\\_3\\_files/33-3-artigo-11.pdf](http://www.revistageociencias.com.br/33/volume33_3_files/33-3-artigo-11.pdf)>. Acesso em: 18 out 2015.

OLIVEIRA, F. R. de. Levantamento hidrogeológico da área de Araçuaí no médio vale do Jequitinhonha – MG. Rev. Águas Subterrâneas, n. 16, Maio de 2002. Disponível em: <<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs/index.php/hidrogeologia/article/view/2636/2177>>. Acesso em: 17 maio 2015.

OLIVEIRA, L. F. C; FIOREZE, A. P. *Estimativas de vazões mínimas mediante dados pluviométricos na Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás*. Revista

Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.1, p.9–15, 2011. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662011000100002](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662011000100002)>. Acesso em: 18 out 2015.

PEREIRA, J. S.; PEDROSA, V. A. *Recursos hídricos e desenvolvimento*. Santa Catarina, 2005. Disponível em: <[http://capacitacao.ana.gov.br/Lists/Editais\\_Anexos/Attachments/23/05.RecursosHD-220909.pdf](http://capacitacao.ana.gov.br/Lists/Editais_Anexos/Attachments/23/05.RecursosHD-220909.pdf)>. Acesso em: 18 maio 2015.

PESTANA, D. D., VELOSA, S. F. *Introdução à probabilidade e estatística*, Fundação Galouste Gulbenkian, Lisboa, 2008.

REBOUÇAS, A. da C. *Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez*. Bahia Análise & Dados. Salvador, v. 13, n. Especial, p. 341-345, 2003. Disponível em: <[http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index\\_arquivos/pdfs\\_pagina/Minicurso/pag\\_341.pdf](http://labs.icb.ufmg.br/benthos/index_arquivos/pdfs_pagina/Minicurso/pag_341.pdf)>. Acesso em 15 abr. 2015.

REBOUÇAS, A. da C. *Água doce no mundo e no Brasil*. In: REBOUÇAS, A. et. al, (eds.) *Águas Doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação*. 3. ed. São Paulo: Escrituras Ed., 2006, p. 01-35.

SILVA, E. R. da. *O curso da água na história: Simbologia, moralidade e a gestão de recursos hídricos*. 1998. 201 f. Tese (Doutorado em Saúde Pública) Fundação Oswaldo Cruz 1998 - Escola Nacional de Saúde Pública. Disponível em: <[http://www.pickupau.org.br/mundo/curso\\_agua/o\\_curso\\_da\\_agua.zip](http://www.pickupau.org.br/mundo/curso_agua/o_curso_da_agua.zip)>. Acesso em: 14 maio 2015.

SILVA, S. R. da. *O papel do sujeito em relação à água de consumo humano: Um estudo na cidade de Vitória – ES*. 2007. 305f. Tese (Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2007. Disponível em: <<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/181D.PDF>>. Acesso em: 15 maio 2015

SOMLYODY, L; VARIS, O. *Freshwater under pressure. International Review for Environmental Strategies*, v.6, n.2, p.181-204, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a02.pdf>>. Acesso em: 18 out 2015.

TUCCI, C. E. M. *et al. A gestão da água no Brasil: uma primeira avaliação da situação atual e das perspectivas para 2025*. 2000. Disponível em: <<http://www.rhama.net/download/artigos/artigo30.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2015.

TUNDISI, J. G. *Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções*. Estudos avançados v. 22, n. 63, 2008. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/eav/issue/view/751>>. Acesso em: 18 out 2015.

UNESCO, *Relatório Mundial das Nações Unidas sobre Desenvolvimento dos Recursos Hídricos*, 2015. Disponível em: <[http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015ExecutiveSummary\\_POR\\_web.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015ExecutiveSummary_POR_web.pdf)>. Acesso em: 18 out 2015.