



ESTUDO COMPARATIVO ENTRE METODOLOGIAS DE DIMENSIONAMENTO DE ADUTORAS

Renan Meira Teles⁽¹⁾

Mestrando em Engenharia Ambiental, Graduado em Engenharia Civil.

Andrea Sartori Jabur⁽²⁾

Doutora em Engenharia Florestal, Mestre em Geografia, Graduada em Engenharia Civil.

Endereço⁽¹⁾: Av. dos Pioneiros, 3131 – Jardim Morumbi - Londrina - Paraná - CEP: 86036-370 - Brasil - Tel: +55 (44) 3315-6100 - e-mail: ppgea-ld@utfpr.edu.br

RESUMO

O método utilizado no dimensionamento de um conduto forçado tem relação direta com os resultados que serão obtidos, visto que cada modelo matemático leva em consideração diferentes fatores, pois são propostos a partir de diferentes análises. Sendo assim, o presente trabalho pretende entender como a aplicação das equações de Darcy – Weisbach e Hazen – Williams influencia na obtenção das perdas de carga em um conduto forçado, bem como avaliar as principais diferenças entre a equação de Bresse e a equação da continuidade com uma velocidade máxima fixada. Para ambas as análises foi estudada uma adutora do município de Rolândia no norte do Paraná, a qual foi visitada e consultada as pranchas de seu projeto executivo. Os resultados obtidos apresentaram como os diferentes métodos levam a valores distintos, mostraram também como os modelos diferentes levam a diferentes dificuldades na elaboração e solução do problema.

PALAVRAS-CHAVE: Diâmetro econômico de adutora, Perda de Carga, Dimensionamento de adutora.

INTRODUÇÃO

Um dos principais desafios da engenharia é o fornecimento de água para abastecer cidades, principalmente as mais afastadas dos cursos d'água. O maior exemplo disso são os aquedutos construídos pelo império romano para abastecer a Cidade Estado Roma e as principais cidades do império, como descreve Liebmann (1979) e Baptista e Coelho (2002).

Entretanto, a dinâmica populacional mudou ao longo do tempo, e dessa forma a engenharia teve que desenvolver alternativas mais eficientes, mais rápidas e menos onerosas para transportar mais água em menos tempo, para um mesmo local e sem depender da gravidade. E assim desenvolveu-se os sistemas de adutoras, que “bombeiam” água por um conduto forçado entre as unidades de um sistema de abastecimento que precedem a rede de distribuição, de acordo com o Ministério da Saúde, (1999).

É chamado de adutora toda tubulação que tem como função conduzir água entre duas unidades dentro de um sistema de abastecimento sempre antecedendo a rede de distribuição, ou seja, trata-se de um conduto sem ramificações que transporta água de uma unidade para outra como explicam Baptista e Coelho (2002).

Para projetar e construir uma adutora é necessário conhecer a população da região que será abastecida, em seguida é necessário saber o consumo desta população e procurar o manancial mais próximo que seja capaz de atender essa demanda, bem como escolher o melhor ponto do curso d'água para a captação. No entanto o consumo de água em uma cidade não é constante durante o dia e oscila durante a semana ou conforme a estação do ano, e a adutora deve atender aos picos de demanda de água, como citado por Azevedo Netto (2015).

Para isso devem ser levados em conta os valores máximos de consumo. A população abastecida é um valor que se altera com o tempo sendo assim é necessário fazer uma estimativa de crescimento do município de acordo com sua população inicial para o dimensionamento do sistema de captação da água. Outro fator importante a ser considerado é o regime de vazões do rio escolhido para o abastecimento, tanto em períodos de cheia, como de estiagem (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2005).

Pois além da qualidade da água, proveniente dos rios, é necessário que esse manancial, apresente características de vazões superiores a necessária ao abastecimento, para a liberação de outorga do uso. Deste modo, a vazão ecológica e o abastecimento da cidade são mantidos durante o ano, como mostra Brito Silva (2016).



OBJETIVOS

Objetivo geral:

Comparar metodologias de dimensionamento de adutoras, no cálculo do diâmetro e das perdas de carga, e avaliar os resultados obtidos por estes métodos.

Objetivos específico:

- Comparar as metodologias de dimensionamento de adutoras com o uso das equações Darcy - Weisbach e Hazen - Williams;
- Avaliar as principais dificuldades de cálculos com o uso dos dois Métodos Darcy - Weisbach e Hazen - Williams;
- Analisar os principais fatores que influenciam a perda de carga em uma adutora.
- Comparar as metodologias de cálculo do diâmetro de um conduto forçado com a utilização da equação da continuidade e a equação de Bresse;
- Avaliar as principais dificuldades de cálculos no uso destas duas equações para a escolha do diâmetro;
- Analisar os principais fatores que influenciam na escolha do diâmetro de uma adutora.

METODOLOGIA

Esta pesquisa avaliou de maneira qualitativa a aplicação de dois métodos de cálculo para perda de carga de uma adutora: que foram desenvolvidos pelos engenheiros civis Allen Hazen e Gardner Stewart Williams (Equação Hazen – Williams) e por Henry Philibert Gaspard Darcy e Julius Weisbach (Equação Universal). De maneira semelhante foi avaliada a aplicação de dois métodos de cálculo para o diâmetro das tubulações, sendo elas a equação do diâmetro econômico (equação de Bresse) e a equação da velocidade máxima admitida.

Nesta pesquisa foi dimensionada uma adutora já existente no norte do estado do Paraná, pelos métodos supracitados, a fim de descobrir qual destes apresenta resultados mais condizentes com o real funcionamento desta adutora.

Portanto, trata-se de uma pesquisa que descobriu quais as diferenças entre os métodos de cálculo para uma adutora, utilizando como referência uma adutora que abastece o município de Rolândia, que conta com uma população de aproximadamente 67000 habitantes, de acordo com o IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, (2020).

EQUAÇÕES PARA DETERMINAÇÃO DAS PERDAS DE CARGA

PERDA DE CARGA AO LONGO DO CONDUTO

A partir do teorema de Bernoulli alguns modelos matemáticos foram propostos, e dentre eles os mais conhecidos são a equação de Darcy - Weisbach e equação de Hazen - Williams. Desta forma as equações (1) e (4) mostram como estes pesquisadores descreveram a perda de carga, assim como descrito por Baptista e Coelho (2002).

Em 1855 Henry Darcy e Julius Weisbach foram pioneiros ao considerar o atrito existente entre a parede dos tubos e fluido que nele escoam e descreveu matematicamente este fenômeno com duzentas observações experimentais através da equação 1.

$$\Delta_h = f * \frac{L * U^2}{D * 2 * g} \quad (1)$$

Onde: Δ_h é a perda de carga (m); f é o coeficiente de atrito (adimensional); L é o comprimento da tubulação (m); U é a velocidade média (m/s); D é o diâmetro da tubulação (m); g é a aceleração da gravidade (m/s²).

Alguns destes valores como a velocidade média, diâmetro e comprimento da tubulação, são obtidos nos cálculos de dimensionamento da adutora, pois estão diretamente relacionados com demanda de água a ser atendida, no entanto para determinar o coeficiente de atrito é necessário fazer algumas considerações. A primeira delas é verificar em qual regime de escoamento, sendo que este pode ser classificados em três tipologias, de acordo com Baptista e Coelho (2002), sendo estas classificações em regime laminar, transição ou turbulento. A determinação do regime de escoamento é obtida através do cálculo do número de Reynolds que para condutos forçados é representada pela equação 2.



$$Re = \frac{U \cdot D}{\nu} \quad (2)$$

Onde: Re é o número de Reynolds; U é a velocidade média de escoamento; D é o diâmetro do tubo; ν é a viscosidade cinemática do fluido.

O escoamento é chamado de laminar quando Re for menor que 2000, de transição quando Re estiver entre 2000 e 4000 e de turbulento para valores de Re superiores à 4000.

Sabendo-se em qual regime de escoamento está o conduto a próxima etapa é determinar o coeficiente de atrito, que de acordo com Baptista e Coelho (2002), pode ser obtido da mesma maneira para todos os regimes, que é utilizando o diagrama de Moody representado no Anexo A, que representa graficamente a relação entre o número de Reynolds e a rugosidade relativa do tubo, sendo esta última variável uma resultante do quociente da rugosidade absoluta e do diâmetro do conduto (e/D).

Todavia, no regime laminar o coeficiente de atrito também pode ser obtido através da equação 3, como descreve Azevedo Netto (2015).

$$f = \frac{64}{Re} \quad (3)$$

Aproximadamente cinco décadas depois de Darcy-Weisbach, Allen Hazen e Gardner Stewart Williams também observaram e representaram numericamente o escoamento de um fluido por meio da equação 4.

$$J = 10,643 * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1,85} * D^{-4,87} \quad (4)$$

Onde Q é a vazão (m^3/s); D é o diâmetro do tubo (m); J é a perda de carga unitária (m/m); C é a rugosidade das paredes internas do tubo (adimensional).

Assim como na equação universal, na equação de Hazen-Williams alguns parâmetros como a vazão e o diâmetro do tubo podem ser obtidos, porém o coeficiente C não é obtido através de uma equação ou diagrama e sim experimentalmente, pois este depende do material do tubo e do tempo de vida útil da tubulação, como descreve Azevedo Netto (2015). O Quadro 1 mostra alguns valores normalmente utilizados para tubos com diâmetro maior que 50mm, para cada tipo de material, segundo Baptista e Coelho (2002). Por se tratar de um valor experimental este coeficiente geralmente é fornecido pelos fabricantes de tubos.

Quadro 1: Coeficiente de perda de carga C da equação de Hazen - Williams

Material	Coefficiente C
Aço corrugado (chapa ondulada)	60
Aço galvanizado	125
Aço rebitado novo	110
Aço rebitado em uso	85
Aço soldado novo	130
Aço soldado em uso	90
Aço soldado com revestimento especial	130
Chumbo	130
Cimento amianto	140
Cobre	130
Concreto com acabamento comum	120
Ferro fundido novo	130
Ferro fundido de 15 a 20 anos de uso	100
Ferro fundido usado	90
Ferro fundido revestido de cimento	130
Latão	130
Manilha cerâmica vidrada	110
Plástico	140
Tijolos bem executados	100
Vidro	140

Fonte: Azevedo Netto (1988, apud BAPTISTA e COELHO 2002).

PERDA DE CARGA POR PEÇAS

A perda de carga local ou perda de carga por peças é calculada de maneira diferente da perda de carga distribuída, que já foi descrita anteriormente. Esta perda de carga chamada de local, localizada, acidental ou singularidade, acontece devido uma grande turbulência sofrida pelo fluido em uma peça específica da tubulação, seja essa uma válvula, curva, tê, entre outras. Esta perda de carga pode ser calculada de duas maneiras distintas, sendo a primeira delas pelo método do coeficiente K, que de acordo com Azevedo Netto (2015), é obtido experimentalmente para cada peça e de uma maneira generalizada podem ser descritas pela equação 5.

$$h_f = K * \frac{v^2}{2 * g} \quad (5)$$

Ou seja, o coeficiente K representa na prática uma alteração na energia cinética do fluido. Ainda de acordo com o autor há muito tempo engenheiros, fabricantes de peças, e laboratórios de hidráulica vem estudando este coeficiente, e viram que este é quase uma constante para cada peça quando os valores do número de Reynolds são maiores que 50.000. Sendo assim constataram que o valor deste coeficiente pode ser considerado como constante para uma peça hidráulica se o escoamento for turbulento, não dependendo do diâmetro do tubo nem da velocidade do escoamento. Os autores Baptista e Coelho (2002), descrevem o mesmo e ainda mostram um quadro de aproximações mais usuais do coeficiente K, como mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 - Valores aproximados do coeficiente de perda de carga localizada K

Peças	Coefficiente K
Ampliação gradual	0,30*
Comporta aberta	1,00
Controlador de vazão	2,50
Cotovelo de 45°	0,40
Cotovelo de 90°	0,90
Crivo	0,75
Curva de 22,5	0,10
Curva de 45°	0,20
Curva de 90°	0,40
Entrada de Borda	1,00
Entrada normal	0,50
Junção	0,40
Medidor Venturi	2,50*
Pequena derivação	0,03
Redução gradual	0,15**
Saída de canalização	1,00
Tê de passagem direta	0,60
Tê de saída bilateral	1,80
Tê de saída de lado	1,30
Válvula borboleta aberta	0,30
Válvula de ângulo aberta	5,00
Válvula de gaveta aberta	0,20
Válvula de pé	1,75
Válvula de retenção	2,50
Válvula globo aberta	10,00

*Relativa à velocidade na canalização

**Com base na maior velocidade

Fonte: Azevedo Netto (1988, apud BAPTISTA e COELHO 2002).

Outra maneira de calcular esta perda de carga é pelo método dos comprimentos virtuais, que conforme Baptista e Coelho (2002), consiste em trocar (somente nos cálculos), as peças hidráulicas por tubos de mesmo diâmetro e rugosidade com um comprimento que tenha a mesma perda de carga das peças. Este comprimento chamado

de comprimento equivalente ao ser somado ao comprimento real do conduto é chamado de comprimento virtual, como demonstra a equação 6.

$$h_f = \frac{f \cdot L \cdot v^2}{D \cdot 2 \cdot g} \quad (6)$$

Onde: f é o fator de atrito conduto; L é o comprimento equivalente das peças (m); v é a velocidade do escoamento (m/s); D é o diâmetro das peças (m); g é a aceleração da gravidade (m/s²).

CÁLCULO DO DIÂMETRO

DIÂMETRO ECONÔMICO

Azevedo Netto (2015) afirma que na teoria uma tubulação de recalque pode ter qualquer diâmetro, sendo que o uso de diâmetros elevados reduz as perdas de carga e a potência do conjunto motobomba, mas eleva muito o custo de instalação da tubulação. Por outro lado, o uso de diâmetros relativamente pequenos reduz o custo de implantação do conduto, porém aumenta as perdas de carga e exigem maior potência do sistema de bombeamento.

Em seguida Azevedo Netto (2015), mostra que em uma primeira aproximação pode ser admitido um valor “p1” de preço médio por unidade de potência e um valor “p2” de preço médio por unidade de comprimento de um conduto de diâmetro unitário, executado. Desta forma o preço de uma tubulação de recalque é dado por:

$$P_2 = p_2 \cdot D \cdot L$$

Onde: D é o diâmetro do conduto e L o comprimento do mesmo.

E o custo dos conjuntos de bombeamento respeita a seguinte equação:

$$P_1 = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{man}}{75 \cdot \eta} \cdot p_1$$

Onde: γ é o peso específico da água expresso em kgf/m³; Q é a vazão em m³/s; H_{man} é a altura manométrica em metros; η a eficiência do conjunto motobomba.

Azevedo Netto (2015), também salienta que é importante considerar que a altura manométrica carrega as perdas de carga, sendo dada pela seguinte equação:

$$H_{man} = H + \frac{f}{D^5} \cdot Q^2 \cdot L$$

Sendo que f é o coeficiente de atrito retirado da equação de Darcy-Weisbach.

Com isso tem-se que o custo de instalação e operação é de:

$$C = \frac{\gamma \cdot Q \cdot p_1}{75 \cdot \eta} \cdot \left(H + \frac{f}{D^5} \cdot Q^2 \cdot L \right) + p_2 \cdot D \cdot L$$

A seguir Azevedo Netto (2015) mostra que para se obter um custo mínimo é necessário que:

$$\frac{dC}{dD} = 0$$

$$\frac{dC}{dD} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot p_1}{75 \cdot \eta} \cdot f \cdot Q^2 \cdot L \cdot \left(\frac{-5 \cdot D^4}{D^{10}} \right) + p_2 \cdot L$$

$$\frac{dC}{dD} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot p_1}{15 \cdot \eta} \cdot f \cdot \frac{Q^2 \cdot L}{D^6} + p_2 \cdot L = 0$$

Onde isolando o diâmetro tem-se:



$$\frac{\gamma * f * p_1}{15 * \eta * p_2} * Q^3 = D^6$$

$$D = \sqrt[6]{\frac{\gamma * f * p_1}{15 * \eta * p_2} * \sqrt[2]{Q}}$$

Onde a raiz sexta representa o coeficiente K de Bresse:

$$K = \sqrt[6]{\frac{\gamma * f * p_1}{15 * \eta * p_2}}$$

Obtém-se a equação de Bresse:

$$D = K * \sqrt[2]{Q} \quad (7)$$

Sendo assim é possível visualizar que o dimensionamento de uma tubulação está em função de variáveis econômicas, fazendo com que este valor se altere conforme a região e época de instalação.

No entanto a grande maioria dos projetistas fixa um valor de K entre 0,7 e 1,5 para determinadas velocidades, como mostra Azevedo Netto (2015) no Quadro 3.

Quadro 3 – Valores usuais do coeficiente de Bresse

Valores de K	Valores v (m/s)
0,9	1,6
1,1	1,06
1,3	0,75
1,5	0,57

Fonte: Azevedo Netto (2015).

VELOCIDADE MÁXIMA ADMITIDA

Uma outra maneira de obter o diâmetro de uma tubulação de conduto forçado é assumindo uma velocidade máxima na equação da continuidade, como descreve Baptista e Coelho (2002), sendo esta a equação 8.

$$Q = V * A \quad (8)$$

Onde: Q é a vazão; V a velocidade do escoamento; A sendo a área do conduto.

Desta forma, substituindo o valor do diâmetro na equação 8 temos:

$$Q = V * \left(\frac{\pi * D^2}{4} \right)$$

$$D = \sqrt[2]{\frac{4 * Q}{\pi * V}} \quad (9)$$

O pré-dimensionamento partindo da velocidade máxima admitida possibilita a escolha do menor diâmetro possível. Em seguida Baptista e Coelho (2002), traz o Quadro 4 com valores usuais de velocidades e vazões máximas para diâmetros comerciais.

**Quadro 4 - Pré-dimensionamento – Sistema de Abastecimento de água.**

Diâmetro interno (mm)	Velocidade máxima (m/s)	Vazão máxima (l/s)
100	0,75	5,9
150	0,83	14,6
200	0,90	28,3
250	0,98	47,9
300	1,05	74,2
350	1,13	108,2
400	1,20	150,8
500	1,35	265,1
600	1,50	424,1
700	1,65	635,0
800	1,80	904,8
900	1,95	1240,5
1000	2,10	1649,3
1100	2,25	2138,2
1200	2,40	2714,3

Fonte: Adaptado de Baptista e Coelho (2002)

RESULTADOS

No dimensionamento da adutora não foi possível calcular com precisão a vazão para qual a adutora foi dimensionada, visto que o autor não conseguiu saber qual é a parte da população abastecida por esta adutora no município de Rolândia, sendo assim foi adotada a maior vazão já registrada pelos medidores, que de acordo com o técnico é de 160m³/h, ou seja, aproximadamente 0,044m³/s.

Os valores do coeficiente de Bresse foram adotados em 1,2 para a tubulação de ferro fundido e de 0,95 para a tubulação de PVC, pois os valores mudam de acordo com cada material.

Sendo assim com a vazão e os valores do coeficiente em mãos utilizou-se uma planilha eletrônica para calcular o diâmetro pela equação de Bresse, onde obteve-se 0,253m para a parte da tubulação de ferro fundido e 0,200m para a parte de PVC.

Em seguida os diâmetros foram calculados utilizando o método da velocidade máxima admitida, sendo que esta velocidade foi escolhida de acordo com a vazão máxima, para isso utilizou-se como valor de cálculo a velocidade de 0,98 m/s, que de acordo com Baptista e Coelho (2002), corresponde a vazão de 47,9 L/s, sendo essa a vazão mais próxima e imediatamente superior a vazão existente no local de 160 m³/h que equivale a 44,44 L/s. Com estes valores em mãos utilizou-se uma planilha eletrônica para calcular o diâmetro pela equação da continuidade com uma velocidade máxima admitida, onde obteve-se 0,240m para os dois trechos da tubulação.

Para o cálculo das perdas de carga foi utilizado o software SisCCoH, para ambos os métodos, que resultou para o método de Hazen-Williams uma perda de carga de 14,25m para o trecho de ferro fundido e de 23,47m para o trecho de PVC, ou seja, uma perda de carga total de 37,72 m. Já pelo método da equação universal resultou em 12,19m para o trecho de ferro fundido e de 22,03m para o trecho de PVC, ou seja, uma perda de carga total de 34,22m.

ANÁLISE DOS RESULTADOS

A partir dos valores calculados pela equação de Bresse, os diâmetros comerciais mais próximos a serem adotados seriam de 250mm para a tubulação de ferro fundido e de 200mm para a canalização de PVC, exatamente como prevê o projeto da SANEPAR e como é a adutora em funcionamento.

Já no cálculo pela equação da velocidade máxima admitida resultaria na adoção de um diâmetro de 250mm para os dois trechos, por ser este o diâmetro comercial mais próximo e imediatamente superior.

No cálculo das perdas de carga foi possível notar uma diferença de 3,5m de perda total entre os dois métodos, o que indica que a equação de Hazen-Williams que resultou em uma perda de carga maior possui uma segurança maior do que a equação universal.



CONCLUSÕES

A equação de Hazen – Williams parece ser uma maneira mais segura de dimensionamento, mesmo sendo limitada à água. Este fato se deve a maneira como este método foi desenvolvido, partindo de observações empíricas. Entretanto não seria correto dizer que um modelo é melhor ou pior que o outro, mas sim que são maneiras diferentes de solucionar um mesmo problema. O método proposto por Darcy - Weisbach leva o nome de equação universal pela sua vasta aplicabilidade para qualquer fluido.

A principal dificuldade enfrentada no início foi encontrar os dados de projeto, principalmente a vazão a ser considerada, pois não foi possível saber qual a parcela da população é abastecida por essa adutora. Sendo assim foi utilizada como forma de segurança para os cálculos a maior vazão já registrada no local, de acordo com o técnico que acompanhou a visita técnica.

O fato da canalização ser dividida em dois trechos de materiais diferentes possibilitou ver como há diferença no escoamento nos tubos de materiais distintos, principalmente pela diferença de rugosidade que há entre o PVC e o ferro fundido, e como apenas a troca de material resulta em diferentes diâmetros para um mesmo escoamento, devido a viscosidade.

No cálculo do diâmetro foi possível notar como fatores econômicos norteiam as escolhas na engenharia. Todavia, como se trata de um projeto do século passado, estes valores a serem considerados no cálculo do diâmetro por Bresse não puderam ser considerados, pois os valores atuais provavelmente resultariam em diâmetros muito diferentes.

Outro fato notável foi a diferença entre os resultados obtidos pelas duas equações no dimensionamento do diâmetro para a canalização de PVC, onde foi possível entender por que alguns chamam o modelo de Bresse método do diâmetro econômico, pois este resultou em um diâmetro menor que a equação da continuidade com uma velocidade máxima sugerida, com as mesmas condições de escoamento, portando um diâmetro mais barato. A grande dificuldade encontrada ao se utilizar o método da velocidade máxima admitida foi não ter conhecimento sobre a vazão de projeto utilizada pelos engenheiros da SANEPAR.

Quanto aos fatores que influenciam na escolha de um diâmetro em um conduto forçado, estes dependem diretamente do método de dimensionamento, visto que a equação da continuidade leva em conta apenas parâmetros geométricos da canalização e fatores do escoamento, enquanto a formulação elaborada por Bresse leva em conta o preço dos tubos e a vazão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. LIEBMANN, Hans. **Terra um planeta inabitável?** : da antiguidade até os nossos dias, toda a trajetória poluidora da humanidade. Tradução de Flávio Meurer. 1. ed. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército, 1979.
2. BAPTISTA, Márcio Benedito; COELHO, Márcia Maria Lara Pinto. **Fundamentos da engenharia hidráulica**. 1. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2002.
3. MINISTÉRIO DA SAÚDE. Manual de Saneamento. Disponível em: <<http://www.fiocruz.br/biosseguranca/Bis/manuais/ambiente/Manual%20de%20Saneamento.pdf>>. Acesso em: 27 ago. 2020.
4. NETTO, Azevedo; FERNÁNDEZ, Miguel Fernández y. **Manual de hidráulica**. 9. ed. São Paulo: Blucher, 2015.
5. MINISTÉRIO DA INGRAÇÃO NACIONAL. Diretrizes Ambientais para Projeto e Construção de Sistemas de Captação, Tratamento e Adução de Água. Disponível em: <http://bibliotecadigital.puc-campinas.edu.br/services/e-books-MS/sistemas_captacao.pdf>. Acesso em: 15 set. 2020.
6. SILVA, Francinaldo de B. **O sistema de abastecimento d'água da cidade de Santa Rita – PB**. 58 f. Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2016.
7. IBGE. Conheça Cidades e Estados do Brasil. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 21 out. 2020.