



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

**ESTUDO DE CONCEPÇÃO PARA EXPANSÃO DA
REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO CAMPUS
CRUZ DAS ALMAS (UFRB)**

EUGENIO RODRIGUES BISPO DOS SANTOS

CRUZ DAS ALMAS, 2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

**ESTUDO DE CONCEPÇÃO PARA EXPANSÃO DA
REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO CAMPUS
CRUZ DAS ALMAS (UFRB)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia como parte
dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro
Sanitarista e Ambiental.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Rosa Alencar Santana de Almeida

EUGENIO RODRIGUES BISPO DOS SANTOS

CRUZ DAS ALMAS, 2018



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

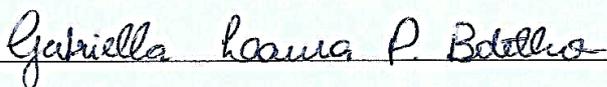
**ESTUDO DE CONCEPÇÃO PARA EXPANSÃO DA
REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO CAMPUS
CRUZ DAS ALMAS (UFRB)**

Aprovado em: 14/08/2018

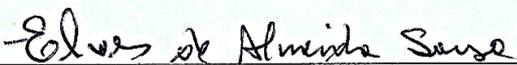
EXAMINADORES:



Prof.ª Dr.ª Rosa Alencar Santana de Almeida



Prof.ª Msc. Gabriella Laura Peixoto Botelho



Dr. Elves de Almeida Souza

EUGENIO RODRIGUES BISPO DOS SANTOS

CRUZ DAS ALMAS, 2018

*À memória dos entes queridos que partiram.
Acredito que a morte ocorre apenas quando
há o esquecimento, portanto, vocês vivem em
mim.*

AGRADECIMENTOS

Considero-me agraciado por poder contar com o apoio de tantas pessoas maravilhosas durante a execução deste trabalho e também durante a minha graduação.

Inicio agradecendo àquele que rege o universo e cuja existência precede ao tempo. Sou grato por nunca ter me desamparado, sempre me guiando nos momentos em que achava que não haveria saída, por ter me dado força e me revigorado para que pudesse superar cada desafio.

Sou grato à minha família que, mesmo à distância, me deram todo o suporte necessário para concluir essa jornada. Em vocês sempre estive o meu pensamento e vocês são a razão de cada hora de estudo e cada letra escrita neste trabalho. Acredito que essa conquista seja muito mais devida a vocês do que a mim.

Agradeço enormemente a Bianca, minha namorada, por sempre ter compartilhado tanto os momentos adversos quanto os momentos de celebração das conquistas. Alcançamos mais uma e tenho certeza que muitas mais virão.

É impossível não ser grato às professoras Rosa Alencar e Gabriella Botelho. Muito obrigado por todo o suporte e material de estudo, pela disposição e paciência em cada dúvida solucionada e, principalmente, pela oportunidade de fazer parte do GTAGUAS, projeto que foi um marco na minha carreira acadêmica, sendo este trabalho um dos frutos do GT.

Agradeço aos funcionários da UFRB, em especial aos do Núcleo de Meio Ambiente e Jardinagem, aos do Núcleo de Gestão Logística Sustentável e aos funcionários que realizam o abastecimento com o caminhão, os quais tiveram papel fundamental na execução deste trabalho. Um agradecimento especial ao Dr. Elves, a Leandro, a Joice, a Cássio e ao Sr. Diógenes.

Sou muito grato aos amigos feitos durante esses anos: aos amigos do semestre 2012.1, da Sannari Jr., do CAESA, do GTAGUAS e aos da Steam. Em especial agradeço a Reginaldo Rangel e a Nadedson Sampaio.

Por último e não menos importante agradeço a Maiara, Rainan e Sandro, meus grandes amigos/família. Vocês tornam meus dias mais felizes.

Muito obrigado a todos.

**ESTUDO DE CONCEPÇÃO PARA EXPANSÃO DA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DE
ÁGUA NO CAMPUS CRUZ DAS ALMAS (UFRB)**

RESUMO

O abastecimento de água potável, componente fundamental dos serviços de saneamento, pode ocorrer tanto por sistema de abastecimento quanto por adoção de solução alternativa. O uso de veículo transportador, que se enquadra neste segundo modo, apesar de não ser a solução mais adequada dos pontos de vista sanitário e logístico, ainda é necessário nos locais onde não existem redes de distribuição, sendo este o caso de uma área localizada no campus Cruz das Almas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, na qual o veículo é responsável pelo abastecimento de 22 edificações. Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar o serviço de abastecimento por meio do caminhão-pipa no campus, além de discutir os aspectos legais e sanitários desta solução adotada e, por fim, propor um projeto de expansão da rede de distribuição já existente no campus como solução definitiva de abastecimento dos locais que dependem do veículo. Foi observado que o veículo é responsável pelo suprimento de uma demanda considerável de água aos locais abastecidos e que, mesmo sendo uma alternativa mais onerosa, a rede de distribuição deve ser implantada para abastecimento dos locais atendidos pelo caminhão, tendo em vista a segurança da água fornecida. A respeito da rede de distribuição, as simulações realizadas pelo EPANET 2.0 determinaram que para atendimento às recomendações de norma a pressão de entrada da rede deve ser de 16,55 mca.

Palavras-chave: Abastecimento de água, Sistemas de abastecimento, Solução alternativa, Saneamento Básico.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1: Redes ramificadas espinha de peixe. | 24 |
| Figura 2: Rede ramificada em grelha. | 24 |
| Figura 3: Rede malhada..... | 25 |
| Figura 4: Seccionamento de uma rede malhada. | 29 |
| Figura 5: Área de estudo..... | 35 |
| Figura 6: Carro-pipa utilizado para abastecimento | 38 |
| Figura 7: Gráfico de despesas de combustível para o caminhão-pipa | 41 |
| Figura 8: Características do arruamento..... | 46 |
| Figura 9: Localização dos nós e trechos da rede de distribuição no terreno | 47 |
| Figura 10: Representação da rede de distribuição no EPANET 2.0..... | 52 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Despesas de água e combustível para o caminhão-pipa | 39 |
| Tabela 2: Informações sobre os trechos da rede | 47 |
| Tabela 3: Número de ocupantes, enquadramento de uso e Qpc dos locais de estudo | 48 |
| Tabela 4: Determinação das pressões nos trechos | 51 |
| Tabela 5: Velocidades calculadas para os trechos da rede de distribuição..... | 51 |
| Tabela 6: Resultados da simulação realizada pelo EPANET para atendimento à pressão dinâmica mínima | 53 |
| Tabela 7: Resultados da simulação do EPANET 2.0 para os trechos da rede de distribuição | 53 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1: Velocidades e vazões máximas para cada diâmetro numa rede de distribuição | 27 |
| Quadro 2: Locais abastecidos pelo Caminhão-Pipa..... | 36 |
| Quadro 3: Identificação do veículo | 38 |
| Quadro 4: Consumos per capita considerados no cálculo da vazão de projeto..... | 49 |

LISTA DE SIGLAS

| | |
|---------|---|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ABES | Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental |
| CESB | Companhia Estadual de Saneamento Básico |
| CSO | Coordenadoria de Serviços Operacionais |
| DNOS | Departamento Nacional de Obras de Saneamento |
| EMBASA | Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. |
| FSESP | Fundação do Serviço Especial de Saúde Pública |
| NUGF | Núcleo de Gestão de Frota |
| NUMAM | Núcleo de Meio Ambiente e Jardinagem |
| ONU | Organização das Nações Unidas |
| PLANASA | Plano Nacional do Saneamento |
| PMSB | Plano Municipal de Saneamento Básico |
| PPP | Parceria Público Privada |
| PRC | Portaria de Consolidação |
| Qpc | Consumo per capita |
| SAAE | Sistema Autônomo de Água e Esgoto |
| CIMAM | Coordenadoria de Infraestrutura e Meio Ambiente |
| UFRB | Universidade Federal do Recôncavo da Bahia |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 13 |
| 2. OBJETIVOS | 15 |
| 2.1. Objetivo geral | 15 |
| 2.2. Objetivos específicos | 15 |
| 3. REVISÃO DE LITERATURA..... | 16 |
| 3.1. O Abastecimento de água e a humanidade | 16 |
| 3.2. Breve histórico do abastecimento de água no Brasil | 16 |
| 3.3. Consumo de água e o desabastecimento como consequência do uso insustentável e da gestão deficitária dos recursos hídricos | 20 |
| 3.4. As redes de distribuição..... | 22 |
| 3.4.1. Caracterização das redes de distribuição | 23 |
| 3.4.2. Parâmetros de dimensionamento | 25 |
| 3.4.3. Dimensionamento das redes ramificadas | 27 |
| 3.4.4. Dimensionamento de Redes Malhadas..... | 28 |
| 4. METODOLOGIAS UTILIZADAS | 30 |
| 4.1. Levantamento das despesas com compra de água e combustível | 30 |
| 4.2. Determinação da vazão de projeto..... | 31 |
| 4.3. Projeto da rede de distribuição | 32 |
| 4.3.1. Seleção das tecnologias de processamento..... | 32 |
| 4.3.2. Dimensionamento | 34 |
| 4.3.3. Georreferenciamento dos nós e trechos, e representação gráfica da rede | 34 |
| 4.4. Caracterização da área de estudo..... | 34 |
| 4.4.1. Sobre a UFRB..... | 34 |
| 4.4.2. Locais de estudo | 35 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 38 |
| 5.1. Caracterização do Abastecimento | 38 |
| 5.1.1. Informações sobre o caminhão pipa | 38 |
| 5.1.2. Despesas com a Manutenção do Serviço..... | 39 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 5.2. | Discussão dos Aspectos Sanitários..... | 42 |
| 5.3. | Projeto da Rede de Distribuição | 46 |
| 6. | CONCLUSÃO..... | 55 |
| 7. | RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS | 56 |
| 8. | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 58 |
| | APÊNDICE A: Representação cartográfica da rede de distribuição..... | 65 |
| | APÊNDICE B: Tabelas de dimensionamento da rede de distribuição | 66 |
| | APÊNDICE C: Estudo demográfico para determinação da vazão de projeto | 67 |

1. INTRODUÇÃO

Os estudos relacionados à água são fundamentais quando se objetiva o aprimoramento da gestão deste recurso fundamental para a vida, que é, ao mesmo tempo, abundante no que diz respeito à quantidade existente no planeta e escasso quando se considera o acesso e a adequabilidade ao consumo da parcela de água acessível.

A má gestão dos recursos hídricos, o consumo exacerbado e as dificuldades de acesso à água são alguns dos principais desafios enfrentados pela humanidade nas últimas décadas. De acordo com Ferreira (2011) a atualidade é marcada pela busca da mitigação e combate às crises hídricas nos vários pontos do planeta. Segundo a mesma autora um dos fatores agravantes a esta questão é o consumo de água, uma vez que durante o século passado a demanda por água dobrou com relação ao crescimento populacional (FERREIRA, 2011). Marinho e Santos (2011) reforçam este problema destacando que mais de um bilhão de pessoas no planeta não possuem acesso regular a água potável tendo, portanto, que recorrer a fontes não seguras para abastecimento, fato que as colocam em situação de risco com relação às doenças infecciosas.

Tais dados são preocupantes, evidenciando as ineficiências e os impasses relacionados à gestão da água, uma vez que “a água é um bem econômico e um bem social que deve distribuir-se primeiramente para satisfazer as necessidades humanas básicas” (FERREIRA, 2011). Este princípio é defendido pela resolução nº 64/282 aprovada pela Assembleia Geral da Organização das Nações Unidas (ONU) em 28 de julho de 2010, que além de reconhecer o acesso a água potável e ao saneamento como direitos humanos, ratifica a responsabilidade dos países e das organizações internacionais em prover as condições necessárias para o cumprimento destes direitos (UN – UNITED NATIONS, 2010).

No Brasil, a Lei Federal Nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, classifica o abastecimento de água potável como integrante dos sistemas de saneamento básico e o define como o sistema “constituído pelas atividades, infraestruturas e instalações necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e respectivos instrumentos de medição” (BRASIL, 2007).

No que diz respeito ao abastecimento de água para consumo humano, a solução adotada pode ser de acordo com três modalidades: sistema de abastecimento de água, soluções alternativas coletivas e soluções alternativas individuais. A classificação de cada um

destes tipos é dada de acordo com o anexo XX da PRC N° 5/2017 do Ministério da Saúde, que define o sistema de abastecimento de água como aquela modalidade em que a água chega aos consumidores por meio da rede de distribuição, ao passo que a solução alternativa pode ser individual se atende a um domicílio residencial unifamiliar ou coletivo se atende a mais de um local, não contando com a rede de distribuição (BRASIL, 2017).

O abastecimento por meio de caminhão-pipa é uma solução alternativa sendo, de acordo com Carvalho (2015), adotado para as situações de desabastecimento por tempo prolongado em determinadas regiões, assumindo também o papel de solução principal de abastecimento em locais onde não há rede de distribuição. Segundo a mesma autora a inexistência da rede em uma determinada região é devida a fatores como dificuldade de acesso a tais localidades e a distância com relação aos pontos da rede pública, havendo a necessidade de uma extensão considerável a estes locais. Deve-se ainda considerar a relevância dos aspectos econômico e populacional, uma vez que algumas regiões não demonstram perspectivas que justifiquem a implantação da rede de distribuição (CAMPOS et al., 1997).

O presente trabalho tem como situação de estudo o uso de veículo transportador como solução de abastecimento para algumas unidades do campus de Cruz das Almas da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Buscou-se realizar um panorama para melhor compreensão do abastecimento pelo caminhão-pipa, além de apresentar a expansão da rede pública de distribuição de água já existente no campus como solução de abastecimento aos locais que até então dependem do veículo.

Partiu-se do pressuposto que a expansão da rede de distribuição a esses locais se justificasse pelos aspectos sanitário e logístico, em comparação ao uso do caminhão para o abastecimento. Dentre os benefícios trazidos pela ampliação da rede de distribuição podem ser apontados: a redução do risco de intermitência e a diminuição nos riscos de contaminação da água fornecida, aferindo maior segurança ao consumo para fins potáveis; a realocação, para outras funções, dos funcionários que atendem ao serviço de abastecimento com o caminhão; e ainda a redução da emissão de gases estufa e materiais particulados decorrentes da queima de combustíveis fósseis ao meio ambiente, o que seria proporcionado pela redução do uso do veículo.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Apresentar um estudo de concepção para a rede de distribuição de água para atendimento às unidades prediais atualmente abastecidas pelo veículo transportador no campus Cruz das Almas, da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar o abastecimento por veículo transportador no campus de Cruz das Almas.
- Identificar e discutir os benefícios do ponto de vista sanitário motivados pela expansão da rede de abastecimento de água.
- Elaborar estudos para caracterização da ampliação da rede de distribuição de água do campus.
- Apresentar e discutir um projeto de rede de distribuição de água a fim de atender aos locais então abastecidos pelo caminhão-pipa.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. O Abastecimento de água e a humanidade

A necessidade de execução de obras para suprimento das demandas por água surgiu em paralelo à fixação das primeiras populações humanas em locais permanentes, o conhecido período de sedentarização. Mays (2000 apud TSUTIYA, 2006) afirma que as primeiras obras de abastecimento de água foram construídas no Egito e na região da Mesopotâmia, e tinham como finalidade atender as demandas por irrigação e a prover água para consumo dos habitantes daquelas áreas.

Tais sistemas foram evoluindo de porte e tecnologia juntamente com as civilizações, sendo registradas várias obras com o mesmo objetivo – condução e reservação de água – em diversos locais do mundo e em épocas distintas. Como exemplos de estruturas de abastecimento construídas por diferentes povos ao longo das épocas podem ser citados os condutos pressurizados da ilha de Creta (Grécia), todos os sifões, aquedutos, cisternas, barragens e demais equipamentos, com destaque à adutora de 6 km feita de material cerâmico encontrados na região de Anatólia (pertencente a uma parte da atual Turquia), os aquedutos da Roma Antiga que tinham como objetivo abastecer a cidade com água proveniente de fontes, e o sistema de abastecimento de água encanada em Londres construído no ano de 1237 que era composto por condutos feitos de chumbo (TSUTIYA, 2006).

O maior benefício do desenvolvimento das redes de abastecimento foi a possibilidade de criação de cursos d'água artificiais, não mais restringindo o estabelecimento de assentamentos humanos às proximidades de corpos d'água. No Brasil também houve uma evolução referente à obtenção de água para consumo, sendo esta evolução influenciada pelo contexto histórico, cultural e social de cada período vivido no país. Por esse motivo, será analisado como se deu esta evolução.

3.2. Breve histórico do abastecimento de água no Brasil

As evoluções tanto tecnológicas quanto conceituais relacionadas aos serviços de abastecimento de água no Brasil, se deram sob forte influência de aspectos políticos, sociais e econômicos.

O poço escavado por Estácio de Sá em 1561 e posteriormente as obras de adução iniciadas em 1673 são fatos que colocam o estado do Rio de Janeiro como pioneiro no que diz respeito a sistemas de abastecimento de água em âmbito nacional (TSUTIYA, 2006). Até esta

época, no Brasil, as ações de saneamento, em especial as de abastecimento de água, eram restritas a pequenas áreas, sendo quase sempre frutos de ações individuais.

As reivindicações por ações públicas tomaram força a partir da segunda metade do século XIX quando despontaram, por parte de intelectuais e políticos brasileiros, as correntes de pensamento que buscavam ampliações das atividades de promoção da saúde no país, sendo tais demandas reforçadas posteriormente pela necessidade de combate às epidemias que afligiam algumas das maiores cidades brasileiras no início do século XX (REZENDE; MARQUES, 2012). Ainda de acordo com Rezende e Marques (2012) tais demandas sociais seriam fundamentais para uma evolução significativa, não apenas nos aspectos de estruturação dos sistemas e execução de obras de saneamento, mas também no que diz respeito à organização do poder público com relação a essa questão.

A difusão do atendimento dos serviços de saneamento inicia-se com a Constituição Federal de 1934, que impôs aos municípios a competência da prestação dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário (REZENDE; MARQUES, 2012). Deve-se ressaltar, no entanto, que conforme apontado por Rezende e Marques (2012) e por Salles (2008) as ações de saneamento eram observadas sob a ótica de serem impulsionadoras do desenvolvimento, em detrimento do reconhecimento da sua fundamental contribuição para o bem-estar público, da proteção do meio ambiente, da promoção da saúde pública e de qualidade de vida para a população.

De acordo com Salles (2008), na década de 1960 havia uma disparidade com relação aos serviços de saneamento, uma vez que alguns municípios operavam os serviços por conta própria, enquanto outros operavam em conjunto com cidades vizinhas. Este modelo gerencial causou a precarização dos serviços de água e esgoto em determinadas regiões, uma vez que havia incapacidade de muitos municípios com relação à manutenção e administração de tais serviços (REZENDE; MARQUES, 2012).

Em face desta situação foi pensado um novo modelo de gerenciamento e prestação destes serviços, visando aprimorar o aspecto técnico e a aplicação de investimentos, e que fosse aplicável em todo o território nacional (SALLES, 2008). A partir desta linha de raciocínio, no ano de 1971 foi implementado o Plano Nacional do Saneamento (PLANASA) que tinha inicialmente o objetivo de difundir o atendimento do serviço de abastecimento de água e esgoto a 80% da população brasileira até o ano de 1980, sendo este objetivo revisto em 1975 quando o programa passou a ter a meta mais restritiva de atender às maiores cidades do país e as regiões metropolitanas (REZENDE; MARQUES, 2012).

Segundo Tsutiya (2006) os anos entre 1970 e 1980 foram de progresso no que diz respeito à difusão do acesso a água potável para os brasileiros, sendo tal avanço creditado ao PLANASA que permitiu o país elevar os índices de atendimento deste serviço a 90% da população das áreas urbanas. De acordo com Rezende e Marques (2012), este plano colaborou para a estruturação do modelo gerencial dos serviços de saneamento no qual não mais os municípios, mas os Estados – enquanto Unidades Federativas – eram os responsáveis pela manutenção e prestação dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário por meio das Companhias Estaduais de Saneamento Básico (CESBs). Salles (2008) afirma que este novo modelo gerencial foi o mais bem-sucedido no que diz respeito à construção, ampliação e operacionalização dos serviços de saneamento.

No entanto, a crise econômica ocorrida na década de 1980 provocou a restrição nos investimentos para o setor de saneamento e, além disso, houve grandes mudanças de ordem política causadas, principalmente, pelo fim do regime militar. Uma das principais mudanças foi desestruturação do PLANASA, culminando com o retorno da titularidade municipal na prestação dos serviços de saneamento por meio da Constituição Federal de 1988 (REZENDE; MARQUES, 2012). A Constituição Federal de 1988 também marcaria o reconhecimento do saneamento como um direito essencial a todos, fazendo com que o Estado brasileiro tenha a responsabilidade de prover as condições para que mais pessoas tenham acesso a estes serviços (SALLES, 2008).

Outra vez o Brasil possuía uma estrutura mista no que diz respeito à operação dos serviços de saneamento na qual, em paralelo à gestão municipal, haviam as CESBs (SALLES, 2008). Conforme afirmam Rezende e Marques (2012), esta estrutura não uniforme contribuiria para a estagnação da almejada ampliação dos serviços de água e esgoto, devido à baixa capacidade financeira dos municípios de pequeno porte em oferecer os serviços. Nesta época apareceria um outro forte concorrente para a disputa pela prestação dos serviços de saneamento mediante o Projeto de Modernização do Setor de Saneamento: as operadoras privadas (REZENDE; MARQUES, 2012).

Em 1999 entra em vigor a segunda fase do Programa de Modernização do Setor de Saneamento com previsão de término em 2007. Os principais objetivos desse programa eram implementar a regulação do setor de saneamento, aumentar a participação dos agentes privados na prestação dos serviços, aumentar o nível de cobertura nas regiões do país que apresentavam os menores índices deficitários e contribuir para o aprimoramento hídrico dos municípios participantes do programa (SALLES, 2008).

Acerca da prestação dos serviços, nos anos 2000 era notado um cenário em que, no que se refere ao abastecimento de água potável, em 65% dos municípios este serviço era de responsabilidade das companhias estaduais enquanto, no que diz respeito ao esgotamento sanitário, em 63% dos municípios brasileiros era realizado pela administração direta municipal (REZENDE; MARQUES, 2012). Rezende e Marques (2012) apontam como justificativas para estes dados, o aporte de recursos ofertados para o serviço de abastecimento de água às companhias estaduais durante a vigência do PLANASA, enquanto que para os serviços de esgotamento sanitário foram investidos montantes inferiores de recursos, ficando este serviço sob a responsabilidade da administração municipal, denotando a não integração entre estes serviços complementares.

Em 2004, a Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental promoveu uma série de debates e uma consulta pública, na tentativa de envolver a sociedade civil nos assuntos referentes ao setor de saneamento (SALLES, 2008). Como fruto dessa série de eventos foram adotados novos conceitos, entre eles a importância do planejamento nas ações de saneamento e o controle social, e culminando na Lei Federal Nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007: a Política Nacional do Saneamento Básico (SALLES, 2008).

Este aparato legal reforça a ideia da ampliação do acesso ao saneamento básico através da universalização, incorporando ainda aspectos socioeconômicos e o princípio da integralidade, que é a complementaridade de todos os serviços que compõem o saneamento básico, a saber: distribuição de água potável, coleta e tratamento de esgoto sanitário e de resíduos sólidos, limpeza urbana e o manejo de águas pluviais (BRASIL, 2007).

O já mencionado princípio do controle social, que consiste na garantia da informação e da participação popular na tomada de decisão no que diz respeito aos serviços públicos de saneamento básico (BRASIL, 2007), mostra-se como fundamental para que todos os outros princípios sejam assegurados e para que tais serviços cumpram seus objetivos primordiais, que são os de promoção de qualidade de vida à população atendida, combate à pobreza e a doenças, e manutenção da salubridade ambiental.

Após a análise do contexto histórico do serviço de abastecimento de água no Brasil e de suas particularidades, é importante avaliar a situação atual do abastecimento de água sob a ótica da demanda consuntiva dos recursos hídricos, uma vez que a demanda e consequentemente o consumo desse recurso vem aumentando gradativamente junto com, principalmente, o aumento populacional e o estilo de vida cada vez mais consumidor, impondo fortes pressões sobre os recursos naturais.

3.3. Consumo de água e o desabastecimento como consequência do uso insustentável e da gestão deficitária dos recursos hídricos

De acordo com Moretti, Varallo e Comaru (2013) as situações de privação do consumo de água podem causar graves problemas ao organismo humano, visto a sua dependência com relação a esta substância. Entretanto, a necessidade de suprimento de água não se restringe apenas às necessidades biológicas, uma vez que dependemos direta ou indiretamente desta substância para realizar atividades cotidianas. Desde a produção de energia elétrica, até os aspectos de higiene pessoal, preparo de alimentos, confecção de roupas e demais utensílios e produtos, todos estes e vários outros processos cotidianos realizados pelas pessoas ou pelas indústrias demandam certa quantidade de água em algum instante de sua execução. Portanto o uso da água é imprescindível e inevitável para o ser humano.

A quantidade de água consumida, levando em consideração desde as proporções de um domicílio até um país, é influenciada pela quantidade de usuários do sistema de abastecimento, por aspectos socioeconômicos, pela facilidade de acesso ao recurso, pela política tarifária, pelo monitoramento do uso, pelos hábitos de consumo (que por sua vez podem variar de acordo com valores culturais), por fatores climáticos, entre outros.

De acordo com Cohim et al. (2008), o consumo de água está relacionado ao poder aquisitivo do consumidor, visto que no Brasil são observados os maiores padrões de consumo nas regiões onde a renda é maior. Quanto à demanda consuntiva num sistema de abastecimento, há de se observar a população atendida como um fator crítico, uma vez que Tundisi (2008) afirma que as principais crises de abastecimento no século XXI possuem relação com a intensa urbanização, dado que incidem no aumento do número de usuários e conseqüentemente da demanda, o que implica em maiores níveis de estresse sobre os mananciais.

A influência do sistema de medição e cobrança pelo uso da água nos domicílios foi avaliada no trabalho de Silva (2010) que analisou as alterações no consumo de água em prédios de até quatro pavimentos na cidade de Salvador (BA), após a substituição da medição coletiva pela medição individualizada em cada apartamento. O estudo concluiu que, após dois anos de acompanhamento do consumo, houve redução média de 22% na demanda de água – equivalendo a uma diminuição de 4000 litros por mês. Também pode ser citado o trabalho de Van Vugt (2000 apud Arreguín-Moreno et al., 2009) realizado em Hampshire, Inglaterra, no qual também foi notada uma redução significativa no consumo de água em algumas localidades após a instalação de instrumentos de medição e cobrança pelo que foi consumido.

Mesmo se tratando de períodos e locais diferentes, em ambos os casos os autores apontam a individualização da medição e a imposição de tarifa pelo uso da água como fatores preponderantes para a redução do consumo, uma vez que a partir de então cada unidade residencial se tornou responsável unicamente por aquilo que consumia, não sendo mais rateado entre todas elas o valor total (MATOS; LOPES, 2016).

A associação entre as poucas ações efetivas com relação ao controle e monitoramento dos mananciais, que reflete a falta ou má execução dos sistemas de gerenciamento do uso dos recursos hídricos (CÔRTEZ et al., 2015; GOMES, 2013; TUNDISI, 2008), a distribuição espacial não homogênea dos recursos hídricos pelo território nacional (TUNDISI, 2008), e os possíveis fenômenos meteorológicos, potencializam os riscos relacionados às situações de desabastecimento.

Na atualidade a necessidade de racionamento do consumo de água não está restrita apenas a regiões nas quais não há o amparo do poder público mediante investimentos em sistemas de abastecimento de água, mas atinge também as grandes cidades onde há investimentos no setor. Apenas para exemplificar, podem ser citados os casos de desabastecimento em São Paulo que teve seu ápice nos anos de 2014 e 2015 sendo decorrente, de acordo Marengo et al. (2015), da associação entre fatores meteorológicos, falhas estruturais do sistema e da ineficiência no gerenciamento da demanda consuntiva para o abastecimento. Conforme Dias (2016), aproximadamente 3,4 milhões de habitantes ficaram sem o atendimento pelo serviço de abastecimento de água tratada neste período. Em caso mais recente, o Distrito Federal instituiu um calendário de racionamento do abastecimento de água, atingindo a 1,8 milhões de pessoas, por conta do período de estiagem (SINIMBU; JADE, 2017).

De acordo com Sinimbu e Jade (2017), o mês de março de 2017 foi marcado por 872 cidades brasileiras em situação de emergência com relação aos riscos de desabastecimento de água, sendo a região Nordeste, segundo os autores, a região mais afetada registrando 814 da totalidade dos municípios em situação de emergência. No estado da Bahia foram registrados 94 municípios nesta situação e em 13 deles, incluindo as cidades de Jacobina, Campo Formoso, Senhor do Bonfim e Ponto Novo, foram implantadas medidas de racionamento de água. O relatório emitido pelo Monitor de Secas para o período entre abril e maio de 2017 indica que, apesar de ser a época de aumento nos índices pluviométricos na maioria dos estados da região nordeste, incidindo em uma diminuição gradativa das áreas afetadas pelas secas mais severas, ainda havia em certas regiões a necessidade do uso de caminhões-pipa

para abastecimento, ou de adoção de medidas de racionamento de água, uma vez que os grandes reservatórios apresentavam pouco volume de água disponível (BRASIL, 2017).

Em face desta grave questão, torna-se necessária a tomada de ações e medidas que visem prevenir a ocorrência das crises de desabastecimento ou pelo menos minimizar as suas consequências. Observando a dependência humana com relação à água, Marinho e Santos (2011) ressaltam a necessidade de universalização do acesso a água potável. Entretanto a universalização deve considerar que a água é “um recurso finito; por isso, deve ser utilizado e gerenciado de forma racional” (MARINHO; SANTOS, 2011). Ou seja, é preciso difundir, dentre aqueles que dispõem de água diariamente em quantidades acima das suficientes para suprirem suas demandas diárias, a consciência de que “a universalização do fornecimento de água deve ser baseada no uso racional deste recurso, pois ter direito [à água potável] não significa acesso a quantidades irrestritas e insustentáveis” (COHIM et al., 2008).

Cohim et al. (2008), Côrtes et al. (2015), Kiperstok e Kiperstok (2017), Marinho, Gonçalves e Kiperstok (2014) e Tundisi (2008) apontam dentre os artifícios capazes de promover o uso sustentável da água, a importância do monitoramento para a observação de onde e como ocorre o consumo, assim como a participação do usuário no processo de conscientização acerca da adoção de hábitos que promovam o uso mais eficiente da água. Deve-se destacar ainda a importância da existência de um planejamento do uso da água que seja efetivamente aplicado na prática (CÔRTEES *et al.*, 2015; TUNDISI, 2008).

O alto consumo de água é um problema tanto do ponto de vista da sustentabilidade, quanto do aspecto de gerenciamento de um sistema de abastecimento de água potável, uma vez que quanto maior o consumo, maior deverá ser o porte e a capacidade de operação deste componente. No entanto o uso de uma quantidade mínima diária para manutenção da vida e do funcionamento das atividades da sociedade deve ser assegurado através de planejamento (equilibrando oferta e demanda), sendo fundamental que os gestores do serviço atentem ao monitoramento da demanda e, por conseguinte, da pressão exercida sobre os corpos hídricos. Quanto ao atendimento pelo serviço, a forma mais comum e segura de realizar a distribuição de água é através do sistema de abastecimento de água, cujo principal elemento é a rede de distribuição.

3.4. As redes de distribuição

A rede de distribuição é um dos elementos que compõem o sistema de abastecimento de água potável, sendo ela o meio de condução da água do reservatório central para as

estruturas prediais onde ocorrerá o uso, sejam elas domicílios, prédios particulares e públicos, shopping centers, parques ou outros locais.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da NBR 12.218 de 1994, que aborda os projetos de rede de distribuição de água, define as redes de distribuição como a componente do sistema de abastecimento “formada de tubulações e demais acessórios, destinada a colocar água potável à disposição dos consumidores de forma contínua, em quantidade e pressões recomendadas” (ABNT, 1994). Porto (2006) ainda inclui na definição a importância deste elemento para manutenção dos aspectos sanitários da água.

Segundo Tsutiya (2006), os sistemas de abastecimento são compostos pelo manancial (superficial ou subterrâneo), pelo sistema de captação de água, pela estação elevatória à qual por meio das adutoras de água bruta (que também é uma componente do sistema) conduz a água captada à estação de tratamento. Após o tratamento, a água é, por meio das adutoras de água tratada, levada ao reservatório (ou aos reservatórios, a depender do porte do sistema) cuja função é a de regularização de vazões, e então é disponibilizada aos consumidores pela rede de distribuição.

Tsutiya (2006) e Porto (2006) afirmam que a rede de distribuição deve ser interpretada como uma das partes mais importantes do sistema de abastecimento, exigindo atenção e cuidados tanto no dimensionamento quanto nas etapas de operacionalização e manutenção. É fundamental atentar-se quanto a importância sanitária deste componente, tendo em mente que a qualidade da água deve ser preservada durante toda a extensão da rede, e pelo ponto de vista econômico visto que “é, em geral, o componente de maior custo do sistema de abastecimento de água, compreendendo, cerca de 50 a 75% do custo total das obras” (TSUTIYA, 2006).

3.4.1. Caracterização das redes de distribuição

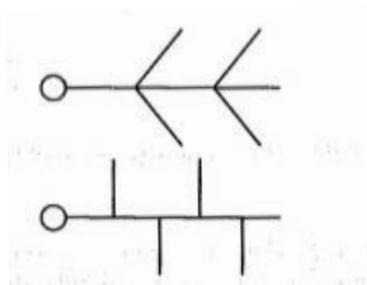
Segundo Porto (2006) as características da rede de distribuição variam de acordo com o porte do local a ser atendido e das condições topográficas. Tais redes são formadas por dois tipos de condutos (ou tubulações): os principais e os secundários. Os condutos principais são aqueles de maior diâmetro que conduzem a água do reservatório aos condutos secundários, enquanto estes últimos possuem diâmetro menor que os primários e abastecem diretamente os locais de consumo (PORTO, 2006; TSUTIYA, 2006). No que diz respeito ao arranjo geométrico e à disposição dos condutos principais, as redes de distribuições podem ser ramificadas ou malhadas.

Chama-se de ramificada à rede que possui as tubulações secundárias ligadas a um condutor principal, sendo conhecido o sentido da vazão em qualquer trecho da rede e o

sentido de escoamento do condutor principal para os condutores secundários. De acordo com Porto (2006) este arranjo é o indicado para abastecer pequenas comunidades. Uma desvantagem a ser considerada é que uma obstrução em qualquer ponto do condutor principal comprometerá o abastecimento em todos os locais à sua jusante (PORTO, 2006; TSUTIYA, 2006). Tsutiya (2006) ainda a caracteriza as redes ramificadas de dois modos:

- **Espinha de peixe:** quando os outros condutores principais se ramificam a partir de um condutor principal maior (Figura 1);

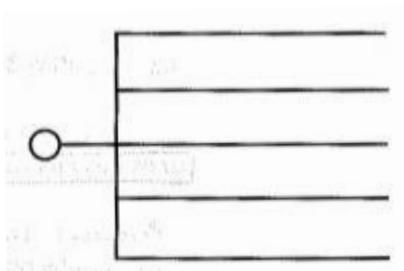
Figura 1: Redes ramificadas espinha de peixe.



Fonte: TSUTIYA, 2006.

- **Redes em grelha:** quando os condutores principais são paralelos entre si e abastecido de um condutor principal ligado ao reservatório ou estação elevatória (Figura 2).

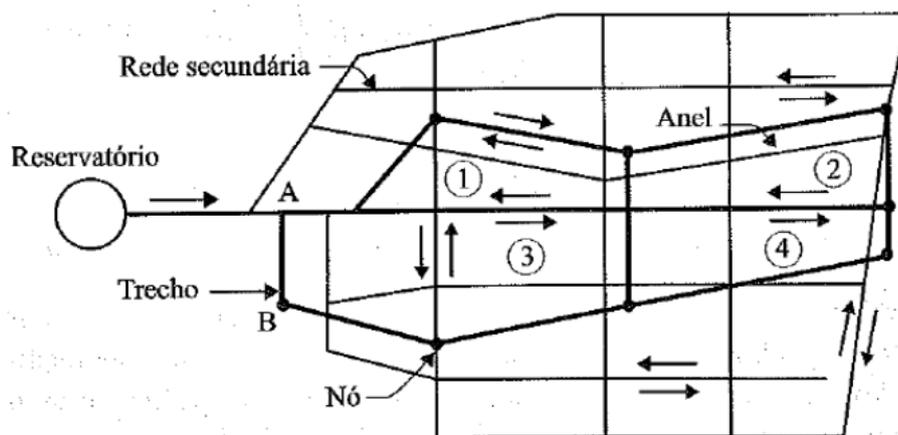
Figura 2: Rede ramificada em grelha.



Fonte: TSUTIYA, 2006.

Já as redes malhadas são aquelas na qual várias tubulações tronco se distribuem formando blocos (ou anéis), de modo que um mesmo local é abastecido por mais de um caminho (Figura 3). Este formato de rede garante maior confiabilidade no abastecimento, o que facilita a realização de manutenções (PORTO, 2006). Por outro lado, de acordo com Porto (2006), apresenta incertezas com relação o sentido de escoamento em cada trecho, uma vez que pode haver a reversibilidade da vazão em função das demandas.

Figura 3: Rede malhada.



Fonte: PORTO, 2006.

3.4.2. Parâmetros de dimensionamento

Independente do arranjo geométrico, as redes de distribuição são compostas por nós e trechos, sendo os nós os pontos de mudança de direção de escoamento, derivação de vazão ou de alteração de diâmetro, enquanto os trechos são as tubulações compreendidas entre dois nós (PORTO, 2006).

Segundo Porto (2006) o dimensionamento das redes de distribuição deve satisfazer a determinadas condições de diâmetro, velocidade de escoamento e pressão. É recomendado que a velocidade de escoamento nos condutos seja maior que 0,6 e menor que 3,5 m/s com relação às vazões máximas diárias (ABNT, 1994). De acordo com Gomes (2004) a velocidade mínima visa a circulação da água na rede, mantendo a sua qualidade.

A NBR 12.218/1994 (ABNT, 1994) determina que o diâmetro mínimo para as tubulações deve ser de 50 mm (1 ½”), sendo que Porto (2006) indica para as redes malhadas diâmetro mínimo de 110 mm (4”) nos condutores principais (sendo admitido 85 mm (3”) para populações inferiores a 5000 habitantes) e de 60 mm (2”) para os secundários. Tsutiya (2006) ainda cita a norma NB 594 de 1977 que recomendava diâmetros de acordo com características dos locais atendidos, sendo 150 mm para zonas com densidade demográfica superior a 150 hab/ha, 100 mm para populações acima de 5000 habitantes, e 75 mm para populações inferiores a 5000 habitantes.

No que diz respeito à pressão na rede, a norma técnica NBR 12.218/1994 (ABNT, 1994) estipula limites tanto para a pressão estática quanto para a pressão dinâmica. Define-se como pressão estática àquela pressão nas tubulações quando não estiver havendo o consumo de água, ao passo que a pressão dinâmica é aquela que ocorre quando há o consumo (ABNT,

1994). A referida norma estabelece que a pressão estática máxima deve ser de 500 kPa, enquanto a mínima dinâmica deve estar acima de 100 kPa.

A NBR 12.218/1994 (ABNT, 1994) ainda orienta acerca da divisão da rede em zonas de pressão a fim de atender as pressões recomendadas em todos os pontos. Porto (2006) indica que esse procedimento seja efetuado para casos de diferenças de cota superiores a 60 m. Esta norma ainda orienta que a perda de carga seja calculada de acordo com a fórmula universal de Hazen-Williams, sendo que Porto (2006) afirma que as perdas de carga unitárias variam entre 0,1 m/ 100m a 1 m/100 m para velocidades entre 0,6 m/s e 1,2 m/s, faixa que, segundo o autor, é a mais satisfatória dos pontos de vista econômico e operacional.

Porto (2006) e Tsutiya (2006) afirmam que o dimensionamento da rede de abastecimento é dado de acordo com a vazão de distribuição. Cabe aqui citar rapidamente o significado físico do conceito de vazão, que é o volume que passa por uma seção do conduto em um período de tempo considerado. Matematicamente, considerando um volume V que passa por uma seção em um determinado tempo t, a vazão é dada pela razão V/t. No caso das redes de distribuição, a vazão de dimensionamento é dada por:

$$Q_a \text{ (l/s)} = k_1 \cdot k_2 \cdot Q \quad (1)$$

Onde:

k_1 é o coeficiente de reforço referente ao dia de maior consumo usualmente adotado entre 1,25 e 1,50 (PORTO, 2006). Tsutiya (2006) indica que pode ser adotado o valor de 1,20 para este coeficiente;

k_2 é o coeficiente de reforço referente à hora de maior consumo do dia de maior consumo, estando entre 1,50 e 2,00 (PORTO, 2006);

Q é a vazão média diária.

Segundo Tsutiya (2006) a vazão média diária (Q) pode ser determinada de acordo com a população (P) e com o consumo médio per capita por dia (Q_{pc}):

$$Q = \frac{P \cdot Q_{pc}}{86400} \text{ (l/s)} \quad (2)$$

Para a determinação da velocidade, Porto (2006) afirma ser usual a adoção da equação 3 (para $V_{\text{máx}}$ inferior a 2,0 m/s) ou os dados do Quadro 1, a seguir:

$$V_{\text{máx}} = 0,6 + 1,5 \cdot D \quad (3)$$

Quadro 1: Velocidades e vazões máximas para cada diâmetro numa rede de distribuição

| D (mm) | V _{máx} (m/s) | Q _{máx} (l/s) |
|--------|------------------------|------------------------|
| 50 | 0,68 | 1,34 |
| 60 | 0,69 | 1,95 |
| 75 | 0,71 | 3,14 |
| 100 | 0,75 | 5,89 |
| 125 | 0,79 | 9,69 |
| 150 | 0,83 | 14,67 |
| 200 | 0,90 | 28,27 |
| 250 | 0,98 | 47,86 |
| 300 | 1,05 | 74,22 |
| 350 | 1,13 | 108,72 |
| 400 | 1,20 | 150,80 |
| 500 | 1,35 | 265,10 |

Fonte: Adaptado de PORTO, 2006

Quanto aos cálculos de dimensionamento, as redes ramificadas e as redes malhadas demandam métodos distintos:

3.4.3. Dimensionamento das redes ramificadas:

De acordo com o método tradicional (TSUTIYA, 2006; PORTO, 2006) deve-se atender às seguintes etapas para o cálculo das redes ramificadas:

- 1) Determina-se a vazão de demanda da rede (Q_d);
- 2) Mede-se o comprimento total da rede;
- 3) Determina-se a taxa de consumo linear ou a vazão unitária (q_m) em função da vazão de dimensionamento e do comprimento total da rede, de modo que:

$$q_m = Q_d/L \quad (4)$$

- 4) Numera-se os trechos em ordem crescente de vazão de modo que um trecho só possa ser abastecido por outro de maior numeração, sendo o mais distante do reservatório o primeiro;
- 5) Determina-se a vazão em marcha do trecho “n” pela vazão unitária e pelo comprimento (m) do trecho “n”:

$$Q_n = q_{m(n)} \cdot L_{(n)} \quad (5)$$

- 6) Determina a vazão de montante como sendo o somatório da vazão de jusante ao trecho e a vazão de marcha do trecho analisado, levando em consideração que no primeiro trecho a vazão de jusante é igual a zero:

$$Q_m = \Sigma Q_j + q_{m(n)} \cdot L_{(n)} \quad (6)$$

- 7) Calcula a vazão fictícia (Q_f) no trecho dada pela média entre a vazão a montante e à jusante do trecho (PORTO, 2006):

$$Q_f = \frac{(Q_m + Q_j)}{2}, \text{ se } Q_j \neq 0 \text{ e } Q_f = \frac{Q_m}{\sqrt{3}}, \text{ se } Q_j = 0 \quad (7)$$

- 8) Determinar o diâmetro D pelo Quadro 1, considerando a vazão do trecho;
- 9) Calcula-se a perda de carga unitária J (m/m) pela fórmula de Hazen-Williams, considerando o diâmetro (m), a vazão fictícia (m^3/s) e o coeficiente C ($m^{0,367}/s$) que é o coeficiente de rugosidade do conduto, variando de acordo com o tipo de material utilizado e com o estado de conservação:

$$J = 10,65 \frac{Q^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D^{4,87}} \quad (8)$$

- 10) Calcular a perda de carga total ΔH (m) no trecho:

$$\Delta H = J \cdot L_{(n)} \quad (9)$$

- 11) Verifica se a pressão resultante está dentro dos limites estabelecidos.

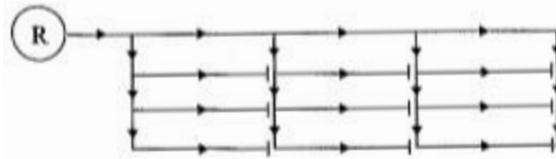
- 12) Caso contrário, altera-se o diâmetro e repete-se os cálculos.

3.4.4. Dimensionamento de Redes Malhadas:

O ponto fundamental nos problemas envolvendo as redes malhadas é que não se conhece os sentidos de escoamento em todos os trechos da rede (TSUTIYA, 2006), o que torna a determinação dos parâmetros de dimensionamento um processo mais complexo que os relacionados às redes ramificadas (PORTO, 2006).

- **Método do seccionamento:** É indicado para redes de distribuição em cidades pequenas. Consiste em supor seções nos circuitos fechados equiparando a rede malhada com uma rede ramificada (Figura 4), então é fixado o sentido do escoamento a partir do critério de que a água deve percorrer o trajeto mais curto em cada ponto da rede (TSUTIYA, 2006). Parte-se ao dimensionamento da rede ramificada fictícia sob a condição que “as pressões resultantes nos pontos de seccionamento pelos trajetos possíveis da água da rede ramificada fictícia, devem ser aproximadamente iguais” (TSUTIYA, 2006).

Figura 4: Seccionamento de uma rede malhada.



Fonte: TSUTIYA, 2006.

- **Método do cálculo iterativo:** O número de variáveis é igual ao número de trechos da rede, devendo ser observadas as condições de nulidade da soma algébrica das vazões em cada nó, a nulidade da soma algébrica das perdas de carga em qualquer circuito fechado no sistema e que em cada trecho da rede seja satisfeita a lei de perda de carga (PORTO, 2006; TSUTIYA, 2006).
- Com relação à soma algébrica das vazões, segundo Porto (2006) é convencionalizado que as vazões que saem dos nós são negativas (ao passo que as que entram são positivas), e que as vazões que seguem fluxo horário nos anéis das malhas são positivas (sendo, portanto, negativas as de sentido anti-horário).

A NBR 12.218/1994 (ABNT, 1994) fixa que para as redes malhadas o dimensionamento deve ser executado com base num método iterativo que deve ser garantido os máximos de vazão de 0,1 l/s e de carga piezométrica 0,5 kPa. Porto (2006) e Tsutiya (2006) indicam o método de Hardy Cross, que apresenta as modalidades de aplicação para compensação das perdas de carga e para compensação das vazões.

Para o primeiro caso, de acordo com Tsutiya (2006), é admitida a distribuição das perdas de carga e com base nisso calculadas as vazões, enquanto que para o segundo supõe-se a distribuição das vazões e calcula-se a perda de carga. Porto (2006) apresenta a consideração da substituição da distribuição em marcha nos anéis por uma vazão constante, obedecendo a condição do somatório nulo nos nós. Calcula-se ainda a perda de carga para todos os anéis, com base no diâmetro, do fator de atrito e na condição de velocidade limite (Quadro 1), sendo que se este valor der zero em todos os anéis a vazão assumida está correta e a rede equilibrada (PORTO, 2006).

4. METODOLOGIAS UTILIZADAS

O presente trabalho consiste numa pesquisa na qual a situação em estudo foi abordada tanto com aspectos quantitativos, quanto do ponto de vista qualitativo. Do ponto de vista quantitativo derivam os dados que fundamentam o dimensionamento da rede de distribuição. Os fatores qualitativos consistem em argumentos, considerações e ponderações fundamentados em aspectos legais e sanitários, a fim de justificar a importância da rede de distribuição em substituição ao caminhão-pipa para o abastecimento dos locais atendidos por este serviço.

Quanto ao desenvolvimento do trabalho, inicialmente foi realizada uma revisão bibliográfica, para a construção da fundamentação teórica sobre do tema em estudo. Foram buscados conceitos e indicações provenientes de bases já consolidadas no meio acadêmico sobre situações semelhantes à estudada, mais especificamente sobre os sistemas de abastecimento e sobre o consumo de água.

Também foi necessária uma etapa de pesquisa de campo. Tal etapa foi constituída pela realização do levantamento de dados para a caracterização do abastecimento por caminhão-pipa junto a setores da universidade, sendo também efetuado o acompanhamento do serviço com o objetivo de apurar a rotina de abastecimento, os locais abastecidos, os volumes e vazões demandados e eventuais particularidades que fossem observáveis. Além disso, foi aplicado um questionário para obtenção de dados suficientes para estimar a vazão de projeto.

4.1. Levantamento das despesas com compra de água e combustível

Esta etapa consistiu na obtenção de dados para a caracterização do serviço, sendo levantados os dados referentes às despesas com compra de combustível e da água que é distribuída pelo caminhão.

As informações referentes à compra de combustível foram obtidas por meio da Coordenadoria de Serviços Operacionais da UFRB (CSO/UFRB), setor responsável pela coordenação do atual serviço de abastecimento de água por caminhão-pipa. O levantamento destes dados forneceu os valores de aquisição de combustível entre os meses de setembro de 2016 a dezembro de 2017, não estando disponíveis dados anteriores a este período. Os valores relativos ao período de setembro a dezembro de 2016 foram obtidos do site institucional da UFRB, no portal online do Núcleo de Gestão de Frota (NUGF)¹ subdivisão da CSO que gerencia a frota de veículos pertencentes à universidade. Os dados do período posterior a

¹ <https://ufrb.edu.br/cso/nucleo-de-gestao-de-frota>

janeiro de 2017 foram solicitados presencialmente na Coordenadoria de Serviços Operacionais e recebidos via e-mail.

Os dados referentes à compra de água foram obtidos por meio da EMBASA, concessionária responsável pela venda de água potável para o abastecimento do caminhão, da própria CSO e pelo Núcleo de Meio Ambiente (NUMAM), setor que integra a Coordenadoria de Infraestrutura e Meio Ambiente (CIMAM).

4.2. Determinação da vazão de projeto

A vazão de projeto, variável fundamental para o dimensionamento da rede de distribuição, foi estimada de acordo com considerações teóricas do consumo diário de água, estimado com base em estudo demográfico. Foram levantadas informações acerca do número de ocupantes fixos (os que ocupam o local durante todo o período de funcionamento em todos os dias da semana) e da população flutuante (aqueles que ocupam tais locais apenas durante limitado período de tempo durante a semana), do tipo de atividade exercida, sendo tal variável fundamental para a adoção de um consumo per capita diário adequado à tipologia do local, e do tempo diário de ocupação dos locais em estudo. De acordo com Santana & Kiperstok (2010) os fatores observados são suficientes para realizar uma estimativa do consumo de água numa edificação.

A pesquisa de campo permitiu observar que o tempo diário de ocupação dos locais ocorre no período de 8:00 às 18:00 horas nos dias de segunda a sexta-feira, o que é factível visto que se tratam de edificações administrativas ou de realização de atividades acadêmicas. Durante o estudo demográfico, no entanto, foi observado que algumas das edificações não estavam sendo utilizadas, estando algumas destas unidades em processo de reforma e outras com previsão futura de ocupação. Nestes casos, foram buscadas informações sobre os usos e ocupação futura.

É importante salientar que foi observada a necessidade da definição do consumo singular para cada um dos locais que apresentam este tipo de consumo excepcional, ou seja, previu-se estimar as demandas de equipamentos, reservatórios ou outros artefatos de uso excepcional que requeiram um consumo de água distinto em relação à demanda usual, sendo esta vazão inserida nos cálculos da vazão de projeto.

Com base em tais considerações, o volume diário consumido dos locais estudados foi efetuado de acordo com a equação 10, a seguir:

$$Q \text{ (l/s)} = \frac{\text{Pop} \cdot \text{Qpc}}{36000} + \text{Qs} \quad (10)$$

Onde:

Q é a vazão diária consumida em cada edificação, dada em litros por segundo;

Pop é o número de ocupantes diários dos locais estudados;

Qpc é o consumo diário por ocupante dado em litros por ocupante por dia;

Qs é a vazão singular de cada local observado.

Em posse de tais informações a vazão de projeto da rede de distribuição foi determinada com base na equação 10 apresentada anteriormente, sendo substituído o valor de 86.400 (que é relativo a quantidade de segundos em um dia) por 36.000 (relativo a quantidade de segundos em 10 horas) representando o período de ocupação definido no projeto.

4.3. Projeto da rede de distribuição

O projeto da rede de distribuição foi realizado com o auxílio de planilha de cálculo cuja função foi estabelecer os parâmetros fundamentais de dimensionamento, dentre eles as pressões nos nós, as vazões e as velocidades nos trechos. Tais parâmetros foram revisados com o auxílio do programa EPANET versão 2.0, edição brasileira.

Os nós e os comprimentos dos trechos foram tomados com o aparelho GPS Garmin modelo 62S e pelo programa C7 GPS Dados versão 1.0 para dispositivos Android, sendo estes dados processados e representados por meio do software QGIS versão 2.14.

4.3.1. Seleção das tecnologias de processamento

▪ Sobre o EPANET 2.0

O EPANET é um software de código aberto e distribuição gratuita, utilizado para modelagem e simulação de sistemas hidráulicos. Foi desenvolvido originalmente em 1993 pelo U. S. Environmental Protection Agency (USEPA) (DIUANA; OGAWA, 2015), agência norte-americana responsável pela proteção e pelo gerenciamento dos recursos naturais, que possui entre suas atribuições a responsabilidade de desenvolver ações que promovam o uso racional dos recursos hídricos, do solo e do ar (LENHS; UFPB, 2009).

O convênio ECV 230/06 firmado entre a ELETROBRÁS e a Universidade Federal da Paraíba (UFPB) teve como produto final a tradução do manual e da versão 2.0 do software

para o Português/BR por meio do Laboratório de Eficiência Energética e Hidráulica em Saneamento (LENHS), em 2009.

Programado para ser executado na plataforma Windows, este programa permite executar simulações do comportamento hidráulico, sendo possível determinar pressões e vazões de uma rede, perdas de cargas distribuídas e localizadas, energia necessária e estimativa de custo para bombeamento, modelagem de válvulas, entre outros. Também é possível analisar parâmetros qualitativos da água numa rede de distribuição, dentre elas o decaimento ou crescimento da concentração de substâncias (cloro residual, por exemplo), misturas de água de diversas origens, o tempo de percurso da água pela rede, dentre outros parâmetros qualitativos (LENHS; UFPB, 2009).

▪ **Sobre o C7 GPS Dados**

O C7 GPS Dados é um dos produtos desenvolvidos pelo projeto CR Campeiro, projeto de extensão do Departamento de Engenharia Rural do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria. Tal projeto consiste em um sistema integrado contando com várias ferramentas nas áreas de geoprocessamento, topografia, administração rural, agricultura familiar, agricultura de precisão, entre outras áreas afins.

De acordo com a descrição do produto fornecida pelos desenvolvedores² o C7 GPS Dados permite a obtenção dos dados de localização de pontos, tanto utilizando de coordenadas GMS (graus, minutos e segundos) quanto de coordenadas UTM. Os pontos obtidos também podem ser convertidos em trajetos, com base na ordem em que foram tomados, além de fornecer os valores para o perímetro, área e a distância total percorrida com base neste trajeto. Os dados obtidos são disponibilizados pelo aplicativo em formato de GeoTXT (arquivo de texto contendo as informações dos pontos) ou em formato KML, a fim de serem processados posteriormente.

▪ **Sobre o QGIS**

O QGIS é um Sistema de Informações Geográficas (SIG) de código aberto e uso livre desenvolvido pela Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) são definidos como sistemas computacionais com a finalidade de processar dados georreferenciados, ou seja, relacionados à superfície da Terra (RAPER & MAGUIRE, 1992 apud. CAVALCANTE, 2015).

² http://www.crcampeiro.net/novo/Pages/apps_android

Desenvolvido para as plataformas Linux, Windows, Android, Unix e Mac OSX, este software é capaz de executar diversas funcionalidades para o geoprocessamento de dados e confecção de mapas, conta com interface simplificada e intuitiva, sendo ainda capaz de suportar diversos formatos de arquivos dentre eles vetores, rasters, bases de dados. O QGIS ainda possui uma biblioteca de complementos em constante expansão e que contém plug-ins desenvolvidos por membros da própria comunidade de usuários do programa.

4.3.2. Dimensionamento

O dimensionamento dos condutos que compõem a rede de distribuição foi realizado seguindo as recomendações supramencionadas na seção 3.4.3 deste trabalho, referente aos cálculos de dimensionamento das redes ramificadas, sendo estas aplicadas a uma planilha de cálculo e revisado com o auxílio do software EPANET versão 2.0.

4.3.3. Georreferenciamento dos nós e trechos, e representação gráfica da rede

Primeiramente foram observados na área de estudo os possíveis locais de posicionamento dos nós e dos trechos, sendo executada uma concepção prévia do projeto.

A partir desta concepção foi executada a etapa de campo na qual foram aferidas as coordenadas dos pontos relevantes à rede de distribuição. Em seguida foi feito o processamento destes dados com o uso do QGIS, bem como a plotagem da representação gráfica da rede de distribuição em formato de mapa, em escala adequada e atendendo aos componentes mínimos exigíveis a este tipo de representação.

4.4. Caracterização da área de estudo

4.4.1. Sobre a UFRB

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB) é uma instituição de ensino superior com estrutura multicampi sediada em Cruz das Almas (BA) e com unidades nos municípios de Amargosa, Cachoeira, Feira de Santana, Santo Amaro e Santo Antônio de Jesus. Foi criada pela Lei 11.151 de 29 de julho de 2005 por desmembramento da Universidade Federal da Bahia – UFBA (BRASIL, 2005).

O campus de Cruz das Almas, no qual está contextualizado este trabalho, contém dois centros de ensino: o Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas (CETEC) que comporta seis cursos, dentre eles o de Engenharia Sanitária e Ambiental, e o Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) que inclui outros nove cursos.

4.4.2. Locais de estudo

De acordo com o levantamento realizado pelo GTAGUAS – UFRB (2018), este campus tem 94 estruturas dentre elas prédios de aulas, laboratórios, projetos de extensão, biblioteca, hospital veterinário, prédios administrativos, ginásio de esportes, restaurante universitário, residências de estudantes e de funcionários, entre outros.

Com relação às modalidades de abastecimento, têm-se locais que são abastecidos pela rede de distribuição da Empresa Baiana de Saneamento S.A. (EMBASA), concessionária responsável pela prestação dos serviços de abastecimento de água no campus, há também os que são abastecidos por poço e, por fim, os que são abastecidos mediante o uso de caminhão-pipa (GTAGUAS – UFRB, 2018), que são os alvos de estudo deste trabalho. Mais especificamente, 22 edificações distribuídas numa área de aproximadamente 80.811,69 m² (Figura 5) dependem do caminhão-pipa para o abastecimento regular de água potável.

Figura 5: Área de estudo



Fonte: Própria, 2018

O Quadro 2, mostrado na página seguinte, aponta os locais atendidos pelo carro-pipa e o estado de ocupação destas edificações. Dentre os locais abastecidos pelo caminhão, oito não estavam sendo ocupados na execução deste estudo, estando seis deles em processo de reforma, sem ocupação temporária e/ou com previsão de ocupação até o início de 2019.

Em virtude de não ser notada ocupação nas sedes do Centro Público de Economia Solidária (CESOL) e do Núcleo de Agricultura Familiar e Agroecologia (NAF), foi dada a classificação de temporariamente desativado. Aos locais com previsão de ocupação em curto prazo foi dado o nome da futura instalação, a exemplo do Projeto de Equoterapia, da Sede da Pós-Graduação em Ciências Agrárias (anteriormente chamado de NEAS 1) e da Sede da Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais e Ciência Animal (chamado anteriormente de NEAS 2).

Vale ressaltar que na área de estudo estão incluídas residências e outras edificações administrativas da instituição que, por serem abastecidas por poços (GTAGUAS – UFRB, 2018), foram desconsideradas neste trabalho.

Quadro 2: Locais abastecidos pelo Caminhão-Pipa

| Ponto | Local | Estado de Ocupação |
|--------------|---|---|
| 1 | NUMAM/Depósito | Em uso |
| 2 | Lafa – Laboratório de Anatomia e Fisiologia Animal | Em uso |
| 3 | NAF – Núcleo de Agricultura Familiar e Agroecologia | Temporariamente desativado |
| 4 | SUPAI – Superintendência de Assuntos Internacionais | Em uso |
| 5 | Casa dos Diretórios Acadêmicos | Desativado/Sem previsão de reativação |
| 6 | Casa das Empresas Juniores do CETEC | Em uso |
| 7 | Sede da Pós-Graduação em Ciências Agrárias | Desativado/Previsão de reativação ainda em 2018 |
| 8 | MEASB – Memorial do Ensino Agrícola Superior da Bahia | Em uso |
| 9 | Projeto de Equoterapia | Desativado/Em processo de reforma |
| 10 | NBIO – Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnológico | Em uso |
| 11 | Casa Amarela | Desativado/Sem previsão de reativação |
| 12 | Clínica Fitossanitária | Em uso |
| 13 | CESOL – Centro Público de Economia Solidária | Temporariamente desativado |
| 14 | ASSEPE – Assessoria Especial para Projetos Estratégicos | Em uso |
| 15 | Secretaria da Pós-Graduação de Recursos Genéticos Vegetais e Ciência Animal | Desativado/Previsão de reativação ainda em 2018 |
| 16 | Ginásio de Esportes | Em uso/Vestiário sem uso até o final do ano de 2018 |
| 17 | Estufas | Em uso |

Continua

Quadro 2: Locais abastecidos pelo Caminhão-Pipa

Continuação

| | | |
|-----------|---|--------|
| 18 | PROEXT – Pró-Reitoria de Extensão | Em uso |
| 19 | PROPAAE – Pró-Reitoria de Políticas Afirmativas e Assuntos Estudantis | Em uso |
| 20 | SURRAC – Superintendência de Regulação e Registros Acadêmicos | Em uso |
| 21 | PROGEP CAD – Pró-Reitoria de Gestão de Pessoal | Em uso |
| 22 | PROGEP CDP – Pró-Reitoria de Gestão de Pessoal | Em uso |

Fonte: Própria (2018)

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Caracterização do Abastecimento

5.1.1. Informações sobre o caminhão pipa

O veículo utilizado para o abastecimento é um caminhão para combate a incêndio florestal 6x4 que possui reservatório capaz de armazenar 12 m³ de água. O Quadro 3 mostra as informações de marca, placa, modelo e ano de fabricação do veículo.

Quadro 3: Identificação do veículo

| | |
|---------------|------------------|
| Marca | Ford |
| Placa | NYQ-0058 |
| Modelo | Cargo F2622e 6x4 |
| Ano | 2010 |

Fonte: Própria (2018)

O caminhão passa por manutenção mecânica a cada 15 dias, o que possibilita condições satisfatórias de funcionamento. É utilizado como solução alternativa coletiva de abastecimento para os locais já mostrados no Quadro 2, para combate a incêndios dentro e fora do território da universidade e como meio alternativo ou emergencial de abastecimento das demais estruturas da universidade quando há interrupção do fornecimento de água tais localidades. A Figura 6 é uma fotografia do caminhão-pipa estacionado na garagem do campus.

Figura 6: Carro-pipa utilizado para abastecimento



Fonte: Própria (2018)

5.1.2. Despesas com a Manutenção do Serviço

Atualmente a água é fornecida pelo centro de abastecimento da EMBASA no município de Cruz das Almas, distante cerca de 13 km do campus. O serviço é realizado nos dias de segunda, quarta e sexta-feira, no período da manhã, iniciando às 7:00 h e finalizando por volta das 9:40 h. Durante esse período é necessário o deslocamento de dois funcionários, sendo que eles não são destinados exclusivamente à realização desta atividade.

As despesas relacionadas à compra de água e ao combustível para o caminhão-pipa estão sintetizadas na Tabela 1, a seguir:

Tabela 1: Despesas de água e combustível para o caminhão-pipa

| Ano | Mês | Água | | | Combustível | Total |
|------|-----------|------------|--------------------------|----------------------------|-------------|------------|
| | | Valor | Volume (m ³) | Preço Médio/m ³ | Valor | |
| 2015 | Janeiro | ... | ... | ... | ... | ... |
| | Fevereiro | R\$ 271,80 | 115 | R\$ 2,36 | ... | R\$ 271,80 |
| | Março | R\$ 644,40 | 272 | R\$ 2,37 | ... | R\$ 644,40 |
| | Abril | R\$ 360,00 | 152 | R\$ 2,37 | ... | R\$ 360,00 |
| | Maio | ... | ... | ... | ... | ... |
| | Junho | R\$ 471,60 | 199 | R\$ 2,37 | ... | R\$ 471,60 |
| | Julho | ... | ... | ... | ... | ... |
| | Agosto | ... | ... | ... | ... | ... |
| | Setembro | ... | ... | ... | ... | ... |
| | Outubro | R\$ 201,96 | 85 | R\$ 2,38 | ... | R\$ 201,96 |
| | Novembro | ... | ... | ... | ... | ... |
| | Dezembro | ... | ... | ... | ... | ... |
| 2016 | Janeiro | ... | ... | ... | ... | ... |
| | Fevereiro | ... | ... | ... | ... | ... |
| | Março | ... | ... | ... | ... | ... |
| | Abril | ... | ... | ... | ... | ... |
| | Maio | ... | ... | ... | ... | ... |
| | Junho | ... | ... | ... | ... | ... |
| | Julho | ... | ... | ... | ... | ... |
| | Agosto | ... | ... | ... | ... | ... |

Continua

Tabela 1: Despesas de água e combustível para o caminhão-pipa*Continuação*

| Ano | Mês | Água | | | Combustível | Total |
|------|-----------|------------|--------------------------|----------------------------|-------------|-------------|
| | | Valor | Volume (m ³) | Preço Médio/m ³ | Valor | |
| 2016 | Setembro | ... | ... | ... | R\$ 612,56 | R\$ 612,56 |
| | Outubro | ... | ... | ... | R\$ 714,28 | R\$ 714,28 |
| | Novembro | ... | ... | ... | R\$ 767,52 | R\$ 767,52 |
| | Dezembro | ... | ... | ... | R\$ 355,95 | R\$ 355,95 |
| 2017 | Janeiro | ... | ... | ... | R\$ 413,02 | R\$ 413,02 |
| | Fevereiro | ... | ... | ... | R\$ 759,99 | R\$ 759,99 |
| | Março | R\$ 409,84 | 173 | R\$ 2,37 | R\$ 872,40 | R\$ 1282,24 |
| | Abril | R\$ 239,80 | 101 | R\$ 2,37 | R\$ 680,35 | R\$ 920,15 |
| | Maio | ... | ... | ... | R\$ 779,81 | R\$ 779,81 |
| | Junho | ... | ... | ... | R\$ 315,81 | R\$ 315,81 |
| | Julho | ... | ... | ... | R\$ 1081,00 | R\$ 1081,00 |
| | Agosto | R\$ 497,70 | 210 | R\$ 2,37 | R\$ 385,46 | R\$ 883,16 |
| | Setembro | R\$ 201,45 | 85 | R\$ 2,37 | R\$ 770,56 | R\$ 972,01 |
| | Outubro | ... | ... | ... | R\$ 1100,00 | R\$ 1100,00 |
| | Novembro | ... | ... | ... | R\$ 785,27 | R\$ 785,27 |
| | Dezembro | ... | ... | ... | R\$ 517,10 | R\$ 517,10 |
| 2018 | Janeiro | R\$ 237,00 | 100 | R\$ 2,37 | ... | R\$ 237,00 |
| | Março | R\$ 369,72 | 156 | R\$ 2,37 | ... | R\$ 369,72 |
| | Abril | R\$ 346,02 | 146 | R\$ 2,37 | ... | R\$ 346,02 |

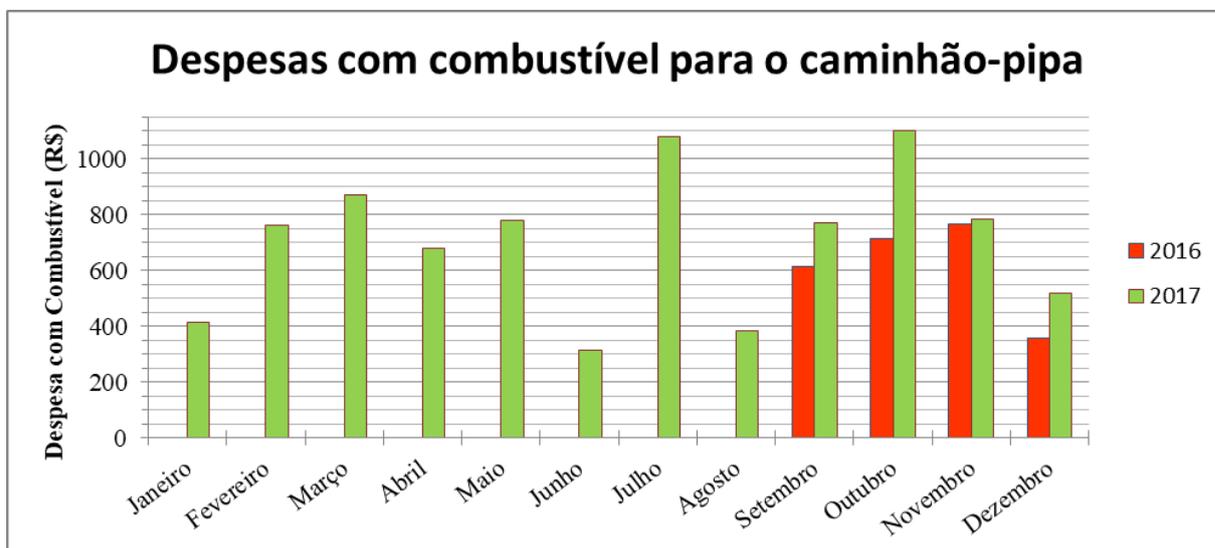
Fonte: Própria (2018)

Os dados referentes às despesas para compra de combustível para o carro-pipa foram colocados em forma de gráfico, conforme apresentado na Figura 7. De acordo com o gráfico é possível observar que há uma variação significativa dos gastos com combustível durante o ano. Esta característica pode ser justificada pelas alterações do calendário acadêmico da instituição, que por sua vez afeta a taxa de ocupação e a execução de atividades rotineiras nos locais em estudo.

Durante o período letivo há uma maior ocupação das edificações e também ocorre a execução de atividades que demandam o uso de água potável, o que causa um aumento

significativo da demanda consuntiva e, por consequência, torna necessário um maior deslocamento do veículo, resultando em maiores gastos com combustível. O inverso é válido para o período de férias, no qual ocorre a suspensão de atividades em várias edificações, reduzindo o consumo de água (GONÇALVES et al, 2005).

Figura 7: Gráfico de despesas de combustível para o caminhão-pipa



Fonte: Própria (2018)

Ainda conforme a Tabela 1 tem-se que o valor de aquisição de combustível no ano de 2017 atingiu o valor de R\$ 8.460,77, ocorrendo em dois meses valores superiores a R\$ 1.000,00 e acarretando uma despesa média mensal de R\$ 703,68.

Comparando o mesmo período de meses (setembro a dezembro) para 2016 e para 2017, tem-se que houve o aumento de 30% na aquisição de combustível no ano de 2017 com relação ao ano anterior, o que pode ser devido à reativação da edificação que atualmente contém as Empresas Juniores e ao aumento do uso do ginásio de esportes durante este período, com a realização de eventos esportivos e treinos.

Com relação à compra de água, é necessário ressaltar que foram poucos os dados disponíveis, resultando em grandes lacunas nas informações. Entretanto ainda é possível ter uma ideia dos valores de compra de água para ser transportada pelo caminhão. Esses dados foram obtidos de três fontes: da concessionária EMBASA, da Coordenadoria de Serviços Operacionais e do Núcleo de Meio Ambiente e Jardinagem, para os períodos mostrados na Tabela 1. Deve-se mencionar que, apesar das buscas, não foram obtidos valores para nenhum período do ano de 2016.

Do que se apurou, sabe-se que o caminhão fornece um volume considerável de água para os locais que abastece, atendendo a demandas mensais que variam entre 85 e 272 m³. Dividindo-se o valor cobrado pelo volume consumido, obtém-se uma tarifa média de R\$ 2,37 por metro cúbico de água fornecida pela concessionária. Comparando os volumes demandados e os valores monetários relacionados, é razoável inferir que as despesas relacionadas a tal serviço são baixas se comparadas aos valores cobrados pelo sistema público de abastecimento, de modo que, caso cobrança fosse realizada com base na tabela tarifária vigente para água distribuída por rede aos órgãos públicos, os valores seriam bem maiores.

Tomando-se como exemplo o volume mínimo atendido (85 m³), cuja cobrança praticada em Setembro de 2017 foi de R\$ 201,45 (duzentos e um reais e quarenta e cinco centavos) para a compra de água e adicionando-se a despesa do combustível (R\$770,56), tem-se uma despesa total de R\$ 972,01 para o abastecimento por caminhão. Se aplicada a tarifa de água distribuída para órgãos públicos, de acordo com os valores indicados na Resolução nº 001/2017 da Agência Reguladora de Saneamento do Estado da Bahia – AGERSA (BAHIA, 2017), o valor a ser cobrado seria R\$ 1.511,60 (mil quinhentos e onze reais e sessenta centavos), para o fornecimento pela rede. A comparação das despesas para as duas situações mostra o aumento de 1,56 vezes do que seria pago pela rede de distribuição com relação ao valor praticado no fornecimento da água pelo caminhão.

Ressalte-se, porém que, não constam da tabela tarifária os valores para fornecimento por abastecimento do veículo transportador, e que por este motivo os valores aqui praticados certamente são objeto de relações contratuais entre a UFRB e a EMBASA.

Portanto, verifica-se que o abastecimento por veículo transportador é uma solução inegavelmente menos onerosa se comparado ao atendimento pelo sistema público de abastecimento. No entanto é imprudente utilizar apenas o critério econômico como justificativa para adoção do caminhão-pipa como solução de abastecimento humano, uma vez que a própria execução do serviço pode comprometer a qualidade da água, acarretando riscos aos que fizerem o uso.

5.2. Discussão dos Aspectos Sanitários

Moraes e Borja (2014) ressaltam a relação entre saúde pública e as ações de saneamento, em especial aquelas relacionadas ao abastecimento de água potável e a amenização da poluição dos corpos hídricos, ao afirmarem: “A implantação dos serviços de abastecimento de água traz como resultado uma rápida e sensível melhora na saúde e nas condições de vida de uma comunidade, constituindo-se no melhor investimento em benefício

da saúde pública” (MORAES; BORJA, 2014). Tsutiya (2006) também evidencia a importância dos sistemas de abastecimento de água potável pelos benefícios proporcionados à saúde pública:

O enorme benefício dos sistemas de abastecimento de água à saúde da população em todos os estratos sociais, ao proporcionar as mesmas oportunidades de higiene, conforto e bem-estar, mesmo às camadas mais desfavorecidas, tem um reflexo imediato na redução da demanda pelos serviços de saúde (TSUTIYA, 2006, p. 5).

Marinho e Santos (2011) apontam como benefícios dos sistemas de abastecimento de água, além da promoção da saúde, as melhorias na qualidade de vida da população, a proteção do meio ambiente, principalmente no que diz respeito à conservação dos recursos hídricos, a geração de empregos e, por consequência, a redução da pobreza. Este último aspecto, o de redução da pobreza, é corroborado por Ferreira (2011) e por Salles (2008).

No caso das soluções alternativas coletivas, em especial o uso dos caminhões-pipa, Morais (2014) ressalta a possibilidade de que, desde a captação até o ponto de consumo, ocorram alterações que comprometem a qualidade da água. Esta afirmação é corroborada por Mendonça et al. (2017) após a interpretação dos resultados de análises microbiológicas em amostras de água provenientes de caminhões transportadores, observando que 90% das amostras analisadas apresentaram quantidades de coliformes totais, coliformes termotolerantes e E. Coli fora dos padrões aceitáveis de potabilidade. Também foi observado em seu trabalho que fatores como variações de temperatura, tempo de armazenamento e a falta de desinfecção do reservatório foram favoráveis ao desenvolvimento destes microrganismos, sendo, portanto, críticos para o comprometimento da qualidade da água (MENDONÇA et al., 2017).

Morais (2014) enfatiza ainda os riscos de contração de doenças devido à contaminação da água ressaltando que as “[...] doenças relacionadas à água não são causadas apenas pela sua ingestão direta, mas também pela ingestão de alimentos contaminados ou pelo seu uso na higiene pessoal e no lazer”. Barros et al. (1995 apud MORAIS, 2014) ainda afirma que além de ser um meio de propagação de doenças de origem biológica, a água contaminada também pode favorecer a ocorrência das doenças causadas por substâncias químicas.

Diante destas considerações pode-se concluir que, apesar de ser uma solução temporária até que se tenha acesso a outras formas mais seguras de abastecimento (MORAIS, 2014), o uso de veículo transportador não é a solução mais apropriada no que diz respeito ao abastecimento de água para o consumo humano (MENDONÇA et al., 2017).

Em face à realidade de que ainda é necessário o uso de caminhão-pipa para abastecimento de determinadas localidades, seja devido problemas de infraestrutura ou por exigir um investimento muito alto, inviabilizando a implantação de uma rede de distribuição nos locais, ou ainda para atendimento a situações de emergência envolvendo desabastecimento, são determinadas no anexo XX da PRC N° 5/2017 exigências para que seja obtida uma maior segurança na água disponibilizada por soluções alternativas, sendo destacadas aqui aquelas aplicáveis aos veículos transportadores.

De acordo com o artigo 13° da PRC N° 5/2017 o responsável pela solução alternativa deve fornecer capacitação técnica aos profissionais que atuam neste serviço, além de também ser incumbido da obrigatoriedade de realizar análises de qualidade da água fornecida com base em amostras provenientes destas fontes, a fim de que seja instituído o monitoramento e um maior controle da qualidade da água fornecida, de modo análogo ao que ocorre nos sistemas de abastecimento (BRASIL, 2017).

Morais (2014) e Mendonça et al. (2017) ratificam a importância do controle e monitoramento da qualidade da água, uma vez que esta medida favorece a melhorias na qualidade de vida da população atendida, além de fornecer segurança para o consumo da água. Deste modo, tais medidas devem ser constantemente empregadas nos sistemas alternativos de abastecimento, sendo indicado ainda pelos artigos 13° e 15° do anexo XX da Portaria de Consolidação N° 5/2017 que seja criado um histórico destas características (BRASIL, 2017). Deve-se destacar ainda que o artigo 44° deste mesmo instrumento regulamentador determina que sendo identificadas situações que possibilitem risco à saúde relacionados às soluções alternativas coletivas de abastecimento, o responsável pela prestação do serviço deverá elaborar um plano de ação e tomar as medidas cabíveis para a minimização ou mitigação deste risco (BRASIL, 2017).

O artigo 15°, que dispõe sobre as responsabilidades do fornecedor de água para consumo por meio de veículo transportador estabelece que o veículo deve ser de uso exclusivo para transporte de água potável, que deve ser garantido o teor mínimo de cloro residual de 0,5 mg/L e que o veículo deve possuir a inscrição “ÁGUA POTÁVEL” para a identificação do seu uso (BRASIL, 2017).

Retomando o princípio que o uso de veículo transportador não deve ser adotado como solução única e definitiva de abastecimento humano, levando em consideração os aspectos de normatização que visam as condições para assegurar a qualidade da água desde a captação até em toda a extensão das redes de distribuição e tendo em vista que as redes são as soluções

mais amplamente utilizadas como meio de provimento de água para as concentrações urbanas, pode-se afirmar que, dadas as condições demográficas e socioeconômicas ideais, os sistemas de abastecimento, caracterizado pelas redes de distribuição, são as soluções mais adequadas para provimento de água potável para consumo humano.

Dentre os aspectos fundamentais que tornam a rede de distribuição mais segura no que tange à manutenção da qualidade da água, está o fato de que não há contato humano direto antes do ponto de consumo. Além disso a intrusão de poluentes é minimizada devido à pressão positiva da rede – pressão maior que a pressão atmosférica – que, de acordo com o artigo 25º do anexo XX da PRC Nº 5/2017, deve atuar em toda a sua extensão (BRASIL, 2017). Uma vez que a pressão interna ao conduto é superior à externa, em caso de rompimentos a tendência é que a água saia, o que causa a redução da possibilidade de entrada de poluentes externos à rede e assegurando a qualidade da água até a reservação.

No caso específico da UFRB em que o caminhão-pipa é utilizado como fonte única de abastecimento dos locais em estudo, apesar dos reparos rotineiros, deve-se considerar a possibilidade de interrupção do fornecimento de água em caso de problema mecânico que impossibilite o deslocamento do veículo. Tal fato é agravado se for observado que se trata de um veículo para combate a incêndio florestal, sendo esta uma situação emergencial, fazendo necessário que o veículo esteja sempre disponível para o atendimento a tais ocasiões. Então o tempo de uso do caminhão-pipa para a realização do abastecimento pode ser caracterizado como um desvio à função real do veículo, pondo em risco a segurança no campus. Além disso, em vias de promover a adequação do serviço ao que é estabelecido em legislação, os funcionários que realizam o abastecimento devem passar por capacitação.

Considerando a implantação da rede como solução definitiva de abastecimento, podem ser elencados como benefícios a redução da emissão de gases estufa e de partículas à atmosfera, incidindo tanto num benefício ambiental quanto em benefícios à saúde dos frequentadores do campus, bem como a possibilidade de remanejamento dos funcionários que executam tal serviço para outras atividades. Além disso, o caminhão teria a vida útil aumentada devido à redução do uso, não ficando inutilizado, mas podendo ser destinado exclusivamente ao atendimento dos projetos realizados no campus, tais como o viveiro e as estufas, e ainda atendendo às eventuais situações de intermitência.

Novamente, é importante observar que a implantação da rede significará uma maior despesa com água, uma vez que o valor pago por metro cúbico para o caminhão é muito menor que a tarifa que é praticada pela concessionária em ligações medidas. No entanto as

melhorias na manutenção da qualidade da água e nos aspectos logísticos do abastecimento justificam este investimento. Vale ainda ressaltar que seria possível a construção de um histórico das despesas com o abastecimento e do consumo de água, favorecendo o maior controle financeiro e a implementação de medidas que visem otimizar o uso da água nos locais atendidos.

5.3. Projeto da Rede de Distribuição

Quanto às características físicas do arruamento, a área de estudo conta com ruas pavimentadas com paralelepípedos, com trechos de passeios revestidos por concreto e outro trecho, de grande extensão, sem recobrimento, com o solo exposto e terra batida, sendo observável a presença de vegetação rasteira e algumas árvores. Tais características são observadas na Figura 8, a seguir.

Figura 8: Características do arruamento



Fonte: Própria (2018)

A via de tráfego de veículos é pavimentada com paralelepípedos. A ausência de revestimento por manta asfáltica favorece a redução dos gastos com escavação e recobrimento dos trechos em que a tubulação será assentada. O fato de não existir tráfego intenso de veículos no local colabora para a redução do risco de rompimento da tubulação.

Para o traçado da rede de distribuição considerou-se tanto a situação atual de disposição das edificações, quanto uma possível situação futura de expansão da área a ser abastecida, em razão da instalação de novas estruturas prediais da universidade. Também foi observada a otimização do uso de material e a interferência mínima no terreno, uma vez que

existem propriedades privadas na área de estudo. A Figura 9 apresenta a concepção do traçado da rede assumido neste projeto, sendo representada cartograficamente no Apêndice A.

Figura 9: Localização dos nós e trechos da rede de distribuição no terreno



Fonte: Própria (2018)

Dentre os locais observados na concepção da rede de distribuição está o ponto de entrada da vazão de projeto a ser distribuída, podendo ocorrer tanto por meio de reservatório de distribuição ou por extensão da rede de abastecimento existente no campus. A Tabela 2, a seguir, identifica os nós que delimitam os trechos, as cotas altimétricas de montante e jusante, e os seus respectivos comprimentos dos trechos.

Tabela 2: Informações sobre os trechos da rede

| Trecho | Nó a montante | Nó a jusante | Cota a montante (m) | Cota a jusante (m) | Comprimento (m) |
|--------|---------------|--------------|---------------------|--------------------|-----------------|
| 1 | PET | Estufas | 204,76 | 210,54 | 255,03 |
| 2 | PET | Ginásio | 204,76 | 204,47 | 89,55 |
| 3 | SEAD | PET | 206,85 | 204,76 | 116,71 |
| 4 | SEAD | Casa Amarela | 206,85 | 209,17 | 371,89 |
| 5 | Reservatório | SEAD | 206,00 | 206,85 | 158,67 |

Fonte: Própria (2018)

Os levantamentos efetuados pelo estudo demográfico, com o objetivo de coletar informações para estimativa da vazão de projeto, geraram os dados consolidados na Tabela 3. O Apêndice C contém o estudo demográfico completo, incluindo as estimativas de consumos diário e mensal, bem como a vazão de projeto, estando incluídos os consumos singulares,

dentre eles os reservatórios extras abastecidos esporadicamente e demais usos com equipamentos de demanda considerável.

Tabela 3: Número de ocupantes, enquadramento de uso e Qpc dos locais de estudo

| Ponto | Local | Ocupantes | Enquadramento | Qpc (L/ocupante.dia) |
|--------------|---|------------------|-------------------------------------|---------------------------------|
| 1 | Depósito do NUMAM | 12 | Oficina | 300 |
| 2 | LAFA | 20 | Laboratório | 100 |
| 3 | NAF | 9 | Escritório | 50 |
| 4 | SUPAI | 37 | Atividade Acadêmica | 50 |
| 5 | Casa dos Diretórios Acadêmicos | 20 | Atividade Acadêmica | 50 |
| 6 | Casa das Empresas Juniores do CETEC | 18 | Escritório | 50 |
| 7 | Sede da Pós-Graduação em Ciências Agrárias | 29 | Atividade Acadêmica | 50 |
| 8 | MEASB | 20 | Museu | 50 |
| 9 | Projeto de Equoterapia | 23 | Atividade Acadêmica | 50 |
| 10 | NBIO | 20 | Laboratório | 100 |
| 11 | Casa Amarela | 20 | Laboratório | 100 |
| 12 | Clínica Fitossanitária | 6 | Laboratório | 100 |
| 13 | CESOL | 9 | Escritório | 50 |
| 14 | ASSEPE | 7 | Escritório | 50 |
| 15 | Sede da Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais e Ciência Animal | 21 | Atividade Acadêmica | 50 |
| 16 | Ginásio de Esportes | 26 | Ginásio de Esportes | 95 |
| 17 | Estufas | | Atendimento por solução alternativa | |
| 18 | PROEXT | 23 | Escritório | 50 |
| 19 | PROPAAE | 18 | Escritório | 50 |
| 20 | SURRAC | 16 | Escritório | 50 |
| 21 | PROGEP CAD | 23 | Escritório | 50 |
| 22 | PROGEP CDP | 20 | Escritório | 50 |

Fonte: Própria (2018)

Os consumos per capita para os locais de estudo foram assumidos de acordo com o Quadro 4, a seguir. Para os locais que possuem mais de um enquadramento de uso foi considerado o maior consumo per capita (Qpc) de acordo com a sua tipologia, visando garantir o atendimento aos usos possíveis e cobrir aumentos de demanda devido ao incremento de população ou expansão futura do número de locais abastecidos.

Quadro 4: Consumos per capita considerados no cálculo da vazão de projeto

| Tipologia | Qpc | Unidade | Referência |
|------------------------|------------|------------------------|--|
| Atividade Acadêmica | 50 | Litros/estudante/dia | SABESP (2012) |
| Público/Administrativo | 50 | Litros/funcionário/dia | Santana; Kiperstok (2010); Tomaz (2000); SABESP (2012) |
| Ginásio de Esportes | 95 | Litros/pessoa/dia | Tomaz (2000) |
| Oficina | 150* | Litros/lavagem/veículo | Tomaz (2000)*; |
| | 300** | Litros/funcionário/dia | SABESP (2012)** |

Fonte: Adaptado de Tomaz (2000), SABESP (2012) e Santana; Kiperstok (2010)

Foi considerado o consumo per capita de 50 l/estudante/dia para as edificações que têm salas de aula, enquadrados neste trabalho como atividade acadêmica, porque em tais locais ocorrem apenas aulas de cursos de idiomas ou aulas práticas de disciplinas específicas. Tal fato faz com que, nestas edificações, a ocupação por estudantes represente em média quatro horas por semana, uma vez que a grande maioria das aulas de componentes curriculares ocorre nos pavilhões de aula.

Devido à falta de informações sobre a ocupação futura e a fim de atender todos os locais, foi necessário estimar as ocupações para a Casa dos Diretórios Acadêmicos, Projeto de Equoterapia, Núcleo de Agricultura Familiar e Agroecologia (NAF), Centro Público de Economia Solidária (CESOL) e Casa Amarela. Quanto ao consumo per capita, foi considerado para os dois primeiros o consumo previsto de atividade acadêmica ou sala de aula, e para o NAF e o CESOL foi considerado consumo de escritório. Para a Casa Amarela foram admitidas a ocupação e o consumo per capita semelhante ao NBio, sendo desconsiderado o consumo singular, devido ao fato que tal edificação já foi utilizada para instalação dessa unidade.

O consumo diário da Sede da Pós-Graduação em Ciências Agrárias, da Sede da Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais e Ciência Animal e do Ginásio de Esportes (estando este último temporariamente sem uso dos vestiários, mas com previsão de retomada

de uso até o início do ano de 2019) foi adotado de acordo com as informações obtidas para o uso futuro dos locais.

Por não possuir demanda restritivamente potável e visando otimizar o uso de água tratada, foi decidido não incluir as Estufas no atendimento pela rede de distribuição, ficando este local a encargo de fonte alternativa de abastecimento, dentre elas uso de poço, de água de chuva ou do próprio caminhão-pipa.

Com base nas observações do estudo demográfico e das indicações teóricas, a demanda diária estimada para a área de estudo foi de 23.866,22 l/dia. Matematicamente esta demanda calculada equivale ao produto entre o consumo per capita e a população atendida pela rede de distribuição, deste modo a vazão de projeto é dada de acordo com as seguintes considerações:

$$Q_{diária} = 23.866,22 \text{ l/dia};$$

$$k_1: \text{coeficiente do dia de maior consumo} = 1,20;$$

$$k_2: \text{coeficiente da hora de maior consumo} = 1,50;$$

$$\begin{aligned} \text{Número de segundos em um dia} &= 60 \text{ (segundos/minuto)} \times 60 \text{ (minutos/hora)} \times 24 \text{ (horas/dia)} \\ &= 86.400 \text{ segundos/dia.} \end{aligned}$$

Então,

$$Q_{projeto} = \frac{23866,22 \times 1,20 \times 1,50}{86400} = 1,193 \text{ l/s}$$

A partir da vazão de projeto foi dimensionada a rede de distribuição de 5 trechos, contendo 991,85 m de comprimento total de tubulação. Foi calculada a vazão em marcha e a partir dela as vazões de montante e jusante de cada trecho, de acordo com as equações descritas no item 3.4.3 deste trabalho. O cálculo da vazão fictícia permitiu determinar o diâmetro indicado para as tubulações de cada trecho pelo Quadro 1 sendo todos eles, devido às baixas vazões dos trechos, compostos por condutos de 50 mm.

É presumido neste projeto que a rede seja executada com condutos e acessórios de P.V.C., deste modo foi adotado o coeficiente de rugosidade igual a 140 para os cálculos de perda de carga unitária e perda de carga total. Este é um valor intermediário entre os indicados por Netto (1998) que assume o valor de C entre 130 e 140, e Porto (2006) que indica valores entre 140 e 155.

Em posse de tais informações e das cotas de terreno nos nós da rede, foram determinadas as cotas piezométricas, assim como as pressões estática e dinâmica a montante e a jusante de cada trecho.

Buscando atender a indicação de pressão dinâmica mínima exigida pela norma técnica NBR 12.218/1994, foi fixado o valor de 10,21 mca (ou aproximadamente 100,00 kPa) ao ponto mais distante da entrada da rede, sendo este o nó denominado de Estufas localizado à jusante do trecho 1. A partir dessa consideração foi determinado por meio da planilha de dimensionamento que o ponto de entrada da rede deve fornecer a pressão mínima de 16,35 mca ou aproximadamente 160,30 kPa. Sob as condições prescritas, a pressão estática máxima também é atendida, conforme exposto na Tabela 4, estando, portanto, de acordo com as indicações técnicas para este parâmetro físico.

Tabela 4: Determinação das pressões nos trechos

| Trecho | Nó a montante | Nó a jusante | Cota Piezométrica a montante (m) | Cota Piezométrica a jusante (m) | Pressão dinâmica a montante (m) | Pressão dinâmica a jusante (m) | Pressão estática a montante (m) | Pressão estática a jusante (m) |
|--------|---------------|--------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
| 1 | PET | Estufas | 220,82 | 220,75 | 16,06 | 10,21 | 17,59 | 11,81 |
| 2 | PET | Ginásio | 220,82 | 220,82 | 16,06 | 16,35 | 17,59 | 17,88 |
| 3 | SEAD | PET | 221,04 | 220,82 | 14,19 | 16,06 | 15,50 | 17,59 |
| 4 | SEAD | Casa Amarela | 221,04 | 220,82 | 14,19 | 11,65 | 15,50 | 13,18 |
| 5 | Reservatório | SEAD | 222,35 | 221,04 | 16,35 | 14,19 | 16,35 | 15,50 |

Fonte: Própria (2018)

A partir dos diâmetros e das vazões foi possível calcular a velocidade da água em cada um dos trechos partindo da Equação da Continuidade ($Q = v.A$, sendo v (m/s) a velocidade de fluxo da água nos trechos e A (m²) a área da seção transversal do conduto). A Tabela 5, a seguir, mostra que nenhum dos trechos satisfaz a indicação normativa de que a velocidade mínima de fluxo seja de 0,6 m/s (item 5.7.1 da norma técnica NBR 12.218/1994) (ABNT, 1994). O Apêndice B apresenta o dimensionamento completo da rede.

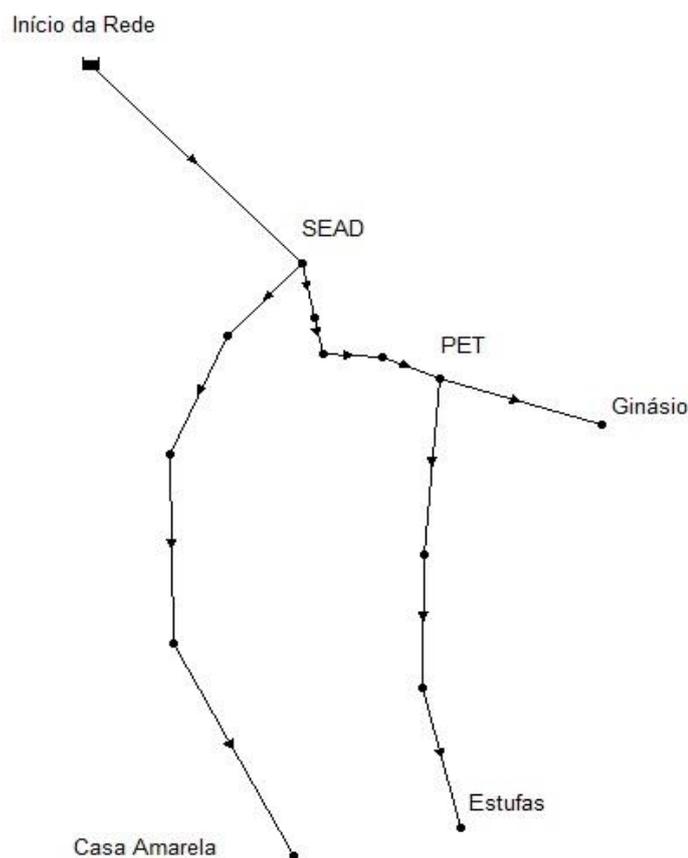
Tabela 5: Velocidades calculadas para os trechos da rede de distribuição

| Trecho | Vazão fictícia (Qm) (l/s) | Diâmetro dos trechos (mm) | Velocidade (m/s) |
|--------|---------------------------|---------------------------|------------------|
| 1 | 0,1771 | 50 | 0,0902 |
| 2 | 0,0622 | 50 | 0,0317 |
| 3 | 0,4848 | 50 | 0,2469 |
| 4 | 0,2583 | 50 | 0,1316 |
| 5 | 1,0979 | 50 | 0,5591 |

Fonte: Própria (2018)

A fim de ratificar os resultados obtidos a partir da planilha de dimensionamento foi feita a simulação da rede de distribuição no EPANET 2.0. Para uma representação mais precisa do projeto considerado na planilha de cálculo, foram inseridos todos os pontos relevantes à demarcação da rede, sendo obtido como resultado o esquema mostrado na Figura 10, a seguir. Nessa conformação foi necessário subdividir os trechos de acordo com os intervalos entre os pontos obtidos.

Figura 10: Representação da rede de distribuição no EPANET 2.0



Fonte: Própria (2018)

De acordo com a simulação realizada pelo software, para a pressão inicial determinada pela planilha de cálculo utilizando a carga hidráulica de 16,35 mca no início da rede, obteve-se uma pressão dinâmica de 9,84 mca no nó das estufas, que é o ponto mais desfavorável para este fator em toda a extensão do projeto. Com este resultado, mesmo por pouca diferença, não seria atendida a determinação da norma técnica NBR 12.218/1994 a qual determina que a pressão dinâmica deva ser sempre superior a 10 mca em todos os nós da rede de distribuição.

Com base nesse quesito foi refeita a simulação para o projeto, sendo determinado que a pressão no início da rede deve ser de, no mínimo, 16,55 mca. A Tabela 6, a seguir, apresenta os resultados da simulação para os nós da rede de distribuição.

Tabela 6: Resultados da simulação realizada pelo EPANET para atendimento à pressão dinâmica mínima

| Identificador do Nó | Cota (m) | Carga Hidráulica (m) | Pressão (m) |
|----------------------------|-----------------|-----------------------------|--------------------|
| SEAD | 206.85 | 221.05 | 14.20 |
| Casa Amarela | 209.17 | 220.47 | 11.30 |
| PET | 204.76 | 220.78 | 16.02 |
| Ginásio | 204.47 | 220.77 | 16.30 |
| Estufas | 210.54 | 220.58 | 10.04 |
| PROPAAE | 203.51 | 220.96 | 17.45 |
| Diretórios Acadêmicos | 202.65 | 220.85 | 18.20 |
| MEASB | 203.35 | 220.68 | 17.33 |
| CESOL | 205.80 | 220.64 | 14.84 |
| NEAS | 207.76 | 220.70 | 12.94 |
| Depósito do NUMAM | 204.98 | 220.97 | 15.99 |
| Fundo do Depósito | 204.27 | 220.93 | 16.66 |
| Entre PPGCI e PET | 205.30 | 220.85 | 15.55 |
| Início da rede | 222.55 | 222.55 | 16.55 |

Fonte: Própria (2018)

Com relação aos trechos da rede de distribuição, as simulações determinaram que a velocidade mínima será atendida apenas no trecho 5, conforme pode ser observado na Tabela 7, a seguir.

Tabela 7: Resultados da simulação do EPANET 2.0 para os trechos da rede de distribuição

| Identificador do Trecho | Comprimento (m) | Diâmetro (mm) | Vazão (L/s) | Velocidade (m/s) | Perda de Carga (m/km) |
|--------------------------------|------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|------------------------------|
| Tubulação 1.1 | 81.49 | 50 | 0.31 | 0.16 | 0.77 |
| Tubulação 1.2 | 74.83 | 50 | 0.31 | 0.16 | 0.77 |
| Tubulação 1.3 | 99.21 | 50 | 0.31 | 0.16 | 0.77 |
| Tubulação 2 | 89.55 | 50 | -0.11 | 0.05 | 0.11 |
| Tubulação 3.1 | 33.01 | 50 | -0.55 | 0.28 | 2.30 |
| Tubulação 3.2 | 31.86 | 50 | -0.55 | 0.28 | 2.30 |

Continua

Tabela 7: Resultados da simulação do EPANET 2.0 para os trechos da rede de distribuição*Continuação*

| Identificador do Trecho | Comprimento (m) | Diâmetro (mm) | Vazão (L/s) | Velocidade (m/s) | Perda de Carga (m/km) |
|--------------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| Tubulação 3.3 | 20.75 | 50 | -0.55 | 0.28 | 2.30 |
| Tubulação 3.4 | 31.10 | 50 | -0.55 | 0.28 | 2.30 |
| Tubulação 4.1 | 57.10 | 50 | 0.45 | 0.23 | 1.54 |
| Tubulação 4.2 | 73.07 | 50 | 0.45 | 0.23 | 1.54 |
| Tubulação 4.3 | 106.92 | 50 | 0.45 | 0.23 | 1.54 |
| Tubulação 4.4 | 134.80 | 50 | 0.45 | 0.23 | 1.54 |
| Tubulação 5 | 158.64 | 50 | -1.19 | 0.61 | 9.48 |

Fonte: Própria (2018)

De acordo com Gomes (2004), em se tratando de pequenas redes de distribuição, a recomendação da norma NBR 12.218/1994 para a velocidade mínima nem sempre será atendida. Isso se deve por que esse parâmetro depende do diâmetro do conduto e da vazão que passa por ele. Observando a restrição de diâmetro mínimo determinado pela mesma norma, para que tal critério fosse atendido, a vazão fictícia no trecho deverá ser de, no mínimo, 1,18 l/s (GOMES, 2004), valor que é atingido apenas no trecho 5 deste projeto.

6. CONCLUSÃO

O uso de veículos transportadores para abastecimento humano, apesar de ser indicado como uma solução temporária a ser adotado apenas nas situações de desabastecimento, ainda é o único modo de atendimento às demandas de água potável em algumas localidades, principalmente em pequenas cidades e zonas rurais mais afastadas dos centros urbanos. Na Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB), apesar do serviço por rede de distribuição atender ao campus Cruz das Almas, e ter determinadas edificações abastecidas por poços, também tem locais que contam exclusivamente com o carro-pipa para o provimento de água potável.

Diante desta realidade o presente trabalho visou apresentar um panorama da execução deste serviço, computando algumas despesas na sua consecução. Também houve a intenção de promover uma discussão sobre a adequabilidade legal e sanitária deste tipo de alternativa, como também foi elaborado um projeto de rede de distribuição como uma medida mais adequada de provimento de água potável para as edificações inseridas no contexto.

Foi observado que vinte e dois locais dependem do uso do veículo para provimento de água potável, sendo que o consumo mensal, de acordo com os dados históricos obtidos, varia entre 85 e 272 m³ tendo como consequência despesas de compra de água entre R\$ 201,45 e R\$ 644,40, respectivamente para tais valores de consumo. O gasto médio relacionado à compra de combustível é de R\$ 703,68 ao mês, tendo tal valor superado R\$ 1.000,00, em alguns períodos. É importante salientar que, durante o período de realização da pesquisa, oito dos locais em estudo estavam em processo de reforma ou temporariamente sem uso, sendo previsto até o final do ano de 2018 a reativação de três destes locais, o que causará aumentos na demanda de água e maior uso do veículo.

Entretanto, também foi notado que existem deficiências relacionadas ao modo como o serviço é executado, podendo ser indicados principalmente as inadequações do veículo às determinações do anexo XX da PRC nº 5 (BRASIL, 2017), bem como a não realização de análises de qualidade da água transportada, pondo em dúvida a segurança e a potabilidade da água fornecida. Ainda foi observada a ausência de um sistema público de informações quanto às despesas de combustível e dos volumes de água transportados, além da falta de uma rotina de capacitação dos profissionais que realizam o abastecimento.

Não obstante, é muito importante relatar que, as despesas com o suprimento de água devem aumentar com a implantação da rede de distribuição. Foi observado que poderá haver

um aumento de 1,56 vezes dos valores pagos, adquirindo proporções maiores a depender do volume consumido (com base no histórico de consumo estudado neste trabalho).

Todavia, a discussão dos aspectos sanitários permitiu concluir que, apesar de ser uma solução mais onerosa economicamente, a rede de distribuição é a melhor solução de abastecimento humano se comparado ao veículo transportador devido à segurança na manutenção da qualidade da água, devendo, portanto, ser implantada na área de estudo.

O projeto da rede de distribuição proposta é constituído de um total de 991,85 m de condutos de P.V.C., divididos em 5 trechos, sendo a vazão de projeto da ordem de 1,193 l/s. O dimensionamento feito tanto pela planilha de cálculo, executada no programa Microsoft Excel®, quanto pelo software EPANET 2.0, apresentaram valores semelhantes, no entanto as simulações realizadas pelo software resultaram em números mais restritivos se comparados aos da planilha. Ou seja, para que sejam atendidas as exigências de pressões na rede, o cálculo pelo EPANET 2.0 indica que é necessário que no ponto de abastecimento da rede sejam disponibilizadas pressões acima de 16,55 mca (ou aproximadamente 162,30 kPa), valor superior aos 16,35 mca calculados pela planilha.

Foi observado ainda que devido à baixa vazão nos trechos, e já sendo admitidos os diâmetros mínimos para as tubulações, a velocidade mínima de 0,6 m/s será atendida apenas no trecho 5, não sendo possível ser atingida nos demais trechos da rede de distribuição.

7. RECOMENDAÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos demandam que sejam sugeridas ações, estudos e trabalhos futuros para melhor conhecer o abastecimento por veículo transportador, bem como para a promoção do consumo racional e seguro da água nos locais estudados.

Com relação ao uso do veículo transportador é apontada a necessidade de capacitação técnica dos funcionários dedicados exclusivamente ao abastecimento. E, na eminência de serem mantidas as funções de abastecimento atuais, sugere-se como obrigatórias a implementação de medidas que visem a adequação do veículo e do serviço às determinações do anexo XX da PRC nº 5, e a adoção de uma rotina de limpeza do reservatório do veículo, o que favorece melhores condições de armazenamento da água a ser distribuída.

É proposta a realização do monitoramento constante da água do caminhão, sendo factível o desenvolvimento de um estudo para analisar a qualidade da água no momento do reabastecimento do veículo, após um determinado tempo de reservação, nos reservatórios das edificações abastecidas e nos pontos de consumo, de modo a observar se há variações que

provoquem redução na qualidade da água distribuída pelo veículo e, se for o caso, em qual fase, dentre as mencionadas, ocorre tal variação.

A estruturação de um banco de informações sobre o serviço de abastecimento executado com o uso do caminhão-pipa, assim como o estudo de rotas, frequências e locais de abastecimento adequados são medidas fundamentais para tornar este serviço mais eficiente.

Destaca-se também a importância da realização de estudos sobre o consumo de água nos locais atendidos, a fim de observar quais as demandas em que a água tratada pode ser substituída por água de chuva. É indicado que sejam elaborados projetos de captação destas águas, visando a promoção do uso racional da água tratada nestes locais e o melhor aproveitamento do potencial pluviométrico da região.

É sugerido ainda que seja efetuado o estudo das perdas de água nos locais de estudo do presente trabalho, visando agora um diagnóstico das instalações prediais, uma vez que são edificações antigas e que por isso podem apresentar falhas que favoreçam o desperdício de água por vazamentos.

Por fim, visando uma maior segurança com relação à potabilidade, indica-se que o caminhão forneça apenas a água para atendimento a fins não potáveis da universidade, dentre eles o uso em projetos, combate a incêndio e irrigação, ficando as demandas potáveis a encargo da rede de distribuição de água.

Além do mais, mesmo com as restrições e adequações necessárias, entende-se ser a implantação da rede de distribuição a solução definitiva para proporcionar segurança ao consumo de água para fins potáveis nas unidades estudadas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARREGUÍN-MORENO, R. H. *et al.* Factores psicosociales relacionados con el consumo doméstico de agua en una región semidesértica. **Salud Pública de México**, Cuernavaca, v. 51, n. 4, p. 321–326, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 12218**: Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público. Rio de Janeiro, 1994. 4 p.

BAHIA. Agência Reguladora de Saneamento Básico do Estado da Bahia – AGERSA. **Resolução nº 001/2017**. Dispõe sobre a revisão tarifária extraordinária da Empresa Baiana de Saneamento S.A. – EMBASA, homologa a reestruturação da tabela tarifária e a majoração das tarifas e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.agersa.ba.gov.br/wp-content/uploads/2017/05/Resolucao001.2017Revisaotarifaria2017.pdf>>. Acesso em 7 ago. 2018.

BRASIL. **Lei nº. 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/11445.htm>. Acesso em 12 fev. 2018.

BRASIL. **Lei nº. 11.151, de 29 de julho de 2005**. Dispõe sobre a criação da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – UFRB, por desmembramento da Universidade Federal da Bahia – UFBA, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/L11151.htm>. Acesso em 17 fev. 2018.

BRASIL. Ministério da Saúde: Portaria de Consolidação nº 5, de 3 de outubro de 2017. **Consolidação das normas sobre as ações e os serviços de saúde do Sistema Único de Saúde**: Anexo XX. Brasília, 3 out. 2017, n. 190, Seção 1, p. 360. Disponível em: <ftp://ftp.saude.sp.gov.br/ftpsessp/bibliote/informe_eletronico/2017/iels.out.17/Iels194/U_PRC-MS-GM-5_280917.pdf>. Acesso em 4 mar. 2018.

BRASIL. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – Funceme. **Narrativa do Monitor de Secas do mês de abril de 2017**. Disponível em: <http://msne.funceme.br/uploads/mapas/NARRATIVA_MONITOR_DE_SECAS_abril2017.pdf>. Acesso em 17 jun. 2018.

CAMPOS, J. N. B. *et al.* O Custo do Fornecimento da Distribuição de Água Através de Carro Pipa: Um Estudo de Caso. **XI Simpósio de Recursos Hídricos**, v. 1, Novembro 1997, p. 61-67, 1997. Disponível em:<https://www.researchgate.net/profile/Jose_Nilson_Campos/publication/278667479_O_CUSTO_DO_FORNECIMENTO_DA_DISTRIBUICAO_DE_AGUA_ATRAVES_DE_CARRO_PIPA_UM_ESTUDO_DE_CASO/links/5581bbfb08aeab1e4666db88/O-CUSTO-DO-FORNECIMENTO-DA-DISTRIBUICAO-DE-AGUA-ATRAVES-DE-CARRO-PIPA-UM-ESTUDO-DE-CASO.pdf>. Acesso em 9 jun. 2018.

CARVALHO, A. M. de. Qualidade da água distribuída pelos caminhões-pipa para consumo humano. In: **XIX EXPOSIÇÃO DE EXPERIÊNCIAS MUNICIPAIS EM SANEAMENTO**, Poços de Caldas – Minas Gerais, 2015. Disponível em:<<http://www.trabalhosasemae.com.br/sistema/repositorio/2015/1/trabalhos/297/418/t418t1e1a2015.pdf>>. Acesso em 9 jun. 2018.

CAVALCANTE, R. **Apostila de Introdução ao SIG**. Pró-Reitoria de Planejamento e Desenvolvimento, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, 38 p., Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <<https://www.ufmg.br/proplan/wp-content/uploads/Apostila-de-Introdu%C3%A7%C3%A3o-ao-SIG-Proplan-2015.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2018.

COHIM, E. et al. Consumo de água em residências de baixa renda - estudo de caso. **XXV Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**, Salvador, n. 2006, p. 1–9, 2008.

CÔRTEZ, P. L. et al. Crise de abastecimento de água em São Paulo e falta de planejamento estratégico. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 7–26, 2015.

DIAS, N. T. **Sistema Cantareira e a crise da água em São Paulo: falta de transparência, um problema que persiste**. Artigo 19 Brasil, São Paulo, 2016. Disponível em: <<https://artigo19.org/wp-content/blogs.dir/24/files/2016/06/Sistema-Cantareira-e-a-Crise-da-%C3%81gua-em-S%C3%A3o-Paulo-2.pdf>>. Acesso em 9 jun. 2018.

DIUANA, F. A.; OGAWA, S. C. C. P. **Análise Comparativa dos Modelos Hidráulicos EPANET, Watercad e Sistema UFC para Sistemas de Abastecimento de Água – Rede de Distribuição**. Trabalho de Conclusão de Curso - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 134 p., 2015. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10013745.pdf>>. Acesso em 2 jun. 2018.

FERREIRA, L. Do acesso à água e do seu reconhecimento como direito humano. **Revista de Direito Público**, Londrina, v. 6, n. 1, p. 55-69, jan/abr. 2011. Disponível em:<<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/direitopub/article/view/8141>>. Acesso em 9 jun. 2018.

GOMES, H. P. **Sistemas de Abastecimento de Água: Dimensionamento Econômico e Operação de Redes Elevatórias**. Editora Universitária - UFPB. João Pessoa, 2ª ed., 242 p., 2004.

GOMES, V. L. **Uso Eficiente de Água em Campus Universitário: O Caso da Universidade Federal de Campina Grande**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental) – Unidade Acadêmica de Engenharia Civil. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 114 p., 2013.

GONÇALVES, O. M. et al. Indicadores de uso racional da água para escolas de ensino fundamental e médio. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 5, n. 3, p. 35-48, jul/set, 2005. Disponível em:<https://www.researchgate.net/profile/Orestes_Goncalves/publication/277202066_Indicadores_de_uso_racional_da_agua_para_escolas_de_ensino_fundamental_e_medio/links/55f19fd408ae199d47c39f51/Indicadores-de-uso-racional-da-agua-para-escolas-de-ensino-fundamental-e-medio.pdf>. Acesso em 21 jul. 2018.

GTAGUAS - UFRB. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. **Diagnóstico do consumo de água na UFRB: Estudo no Campus Cruz das Almas**. Cruz das Almas: Não Publicado, 2018. 1 v.

KIPERSTOK, A. ; KIPERSTOK, A. C. . Technology Improvements or Influencing User Behaviour for Water Savings in Administrative and University Buildings: Which One Should Come First?. In: EneDir Ghisi. (Org.). **Frontiers in Civil Engineering: Water Savings in Buildings**. 1 ed. Sharjah: Bentham Science, v. 2, p. 153-201, 2017.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E HIDRÁULICA EM SANEAMENTO – LENHS; UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA - UFPB. **Manual do usuário EPANET 2.0 Brasil: Programa de Simulação Hidráulica, Energética e de Qualidade de Água**. João Pessoa, UFPB, 201 p., 2009.

MARENGO, J. A. et al. A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. **Revista USP**, São Paulo, n. 106, p. 31-44, jul/set. 2015.

MARINHO, M.; GONÇALVES, M. D. S.; KIPERSTOK, A. Water Conservation as a Tool to Support Sustainable Practices in a Brazilian Public University. **Journal of Cleaner Production**, v. 62, p. 98-106, 2014.

MARINHO, L. de S.; SANTOS, C. A. G. Diagnóstico do Setor de Abastecimento de Água em Áreas Rurais no Estado da Paraíba. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 42, n. 4, p. 861-872, out/dez. 2011. Disponível em:<https://www.bnb.gov.br/projwebren/Exec/artigoRenPDF.aspx?cd_artigo_ren=1266>. Acesso em 03 ago. 2018.

MATOS, C. R.; LOPES, T. de P. R. M. **Consumo de água no campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília – Estudo de medidas para redução de perdas**. 2016, 214 p., Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental), Universidade de Brasília, Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Brasília, DF, dez. 2016. Disponível em:<<http://bdm.unb.br/handle/10483/16942>>. Acesso em 10 jul. 2018.

MAYS, L. (Ed.). **Water distribution systems handbook**. New York: McGraw-hill, 2000 apud TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006, p. 2.

MENDONÇA, M. H. M. et al. Análise bacteriológica da água de consumo comercializada por caminhões-pipa. **Revista Ambiente & Água – Na Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, vol. 12, n. 3, p. 468 – 475, mai./jun. 2017. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v12n3/1980-993X-ambiagua-12-03-00468.pdf>>. Acesso em 1 jun. 2018.

MORAES, L. R. S.; BORJA, P. C. Revisitando o conceito de Saneamento Básico no Brasil e em Portugal. **Revista do Instituto Politécnico da Bahia**, n. 20, p. 5-11, Salvador, jun. 2014. Disponível em:<http://www.asemae.org.br/artigos/item/download/34_3d8ecb25931ffaf8c65f2f2a3031e6d>. Acesso em: 26 jan. 2018.

MORAIS, J. B. S. de. **SOLUÇÕES ALTERNATIVAS COLETIVAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA: um desafio para a vigilância e o controle da qualidade da água no município de Matelândia/Pr**. 2014. 47 p. Monografia de Especialização em Gestão Ambiental em Municípios. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira,

2014. Disponível em:<
http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6553/1/MD_GAMUNI_VI_2014_45.pdf
>. Acesso em 27 jun. 2018.

MORETTI, R. S.; VARALLO, L. S.; COMARU, F. O direito à água potável e os riscos de desabastecimento: Um estudo do ABC paulista. **Revista UFMG**, Belo Horizonte, v. 20, n. 2, p. 290-305, dez. 2013. Disponível em:<
<https://www.ufmg.br/revistaufmg/downloads/20-2/14-o-direito-a-agua-potavel-e-os-riscos-de-desabastecimento-ricardo-moretti-leonardo-varallo-francisco-comaru.pdf>>. Acesso em 03 ago. 2018.

NAKAGAWA, A. K. **CACTERIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM PRÉDIOS UNIVERSITÁRIOS: O CASO DA UFBA**. 2008. 183 p. Dissertação (Mestrado) - Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo - MEPLIM - Ênfase a Produção Limpa, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2009. Disponível em:<
http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/dissertacoes/dis_keiko_nakagawa.pdf>. Acesso em 26 jul. 2018.

NETTO, J. M. de Azevedo et al. **Manual de Hidráulica**. Edgard Blücher Ltda., São Paulo, 8ª ed., 1998.

OKUMURA, D. B.; RAMÍREZ, L. R. L. **Estudo de Concepção da Rede de Abastecimento de Água para Vila Joaniza/Ilha do Governador**. 2012. 73 p., Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012. Disponível em:<
<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10005002.pdf>>. Acesso em 03 ago. 2018.

PITOMBO, J. P. Com secas, capitais do Nordeste têm ameaça de racionamento de água. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 2 mai. 2017. Cotidiano. Disponível em:<
<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2017/05/1880265-com-seca-capitais-do-nordeste-tem-ameaca-de-acionamento-de-agua.shtml>>. Acesso em 13 jan. 2018.

PORTAL BRASIL. Lei do Saneamento Básico garante direitos aos usuários de serviços de água e esgoto. **Governo do Brasil**, Brasília, DF, 28 jun. 2014. Cidadania e Justiça. Disponível em:<
<http://www.brasil.gov.br/cidadania-e-justica/2012/04/lei-do-saneamento-basico-garante-direitos-aos-usuarios-de-servicos-de-agua-e-esgoto>>. Acesso em 12 fev. 2018.

PORTO, R. de M. **Hidráulica Básica**. 4ª ed. São Carlos: Departamento de Hidráulica e Saneamento da Escola de Engenharia de São Carlos, EESC-USP, 2006.

REZENDE, S.; MARQUES, D. H. F. **Evolução e Perspectivas do Abastecimento de Água e do Esgotamento Sanitário no Brasil**. Textos para discussão CEPAL - IPEA. Brasília, DF, 2012, 50 p. Disponível em:<<https://www.cepal.org/pt-br/publicaciones/37744-evolucao-perspectivas-abastecimento-agua-esgotamento-sanitario-brasil>>. Acesso em: 12 jan. 2018.

SABESP - COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Norma Técnica SABESP NTS 181: Dimensionamento do ramal predial de água, cavalete e hidrômetro – Primeira ligação**. São Paulo, nov. 2012, rev. 3. Disponível em:<<http://www2.sabesp.com.br/normas/nts/NTS181.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2018.

SALLES, M. J. **Política nacional de saneamento: percorrendo caminhos em busca da universalização**. Tese de Doutorado - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2008. Disponível em:<https://www.arca.fiocruz.br/bitstream/icict/2605/1/ENSP_Tese_Salles_Maria_José.pdf>. Acesso em 03 ago. 2018.

SANTANA, L. M. de C.; KIPERSTOK, A. **Caracterização preliminar de consumo de água em prédios públicos administrativos**. I Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental – COBESA, 5 p., Salvador, BA, 2010. Disponível em:<http://www.teclim.ufba.br/site/material_online/publicacoes/pub_art120.pdf>. Acesso em 21 jul. 2018.

SILVA, S. R. dos S. **Avaliação do sistema de medição individualizada de água em prédios populares situados na cidade do Salvador – Bahia**, 2010, 168 p. Dissertação (Mestrado), Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2010. Disponível em:<<https://repositorio.ufba.br/ri/bitstream/ri/9585/1/Dissert%20Sergio%20Ricardo.pdf>>. Acesso em 03 ago. 2018.

SINIMBU, F.; JADE, L. Mais de 850 municípios brasileiros enfrentam problemas por falta de água em 2017. **Agência Brasil**, Brasília, 22 mar. 2017. Geral. Disponível em:<<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2017-03/mais-de-850-municipios-brasileiros-enfrentam-problemas-por-falta-de-agua-em>>. Acesso em 13 jan. 2018.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água**: Interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos. São Paulo, Navegar Editora, 2000. Disponível em: <

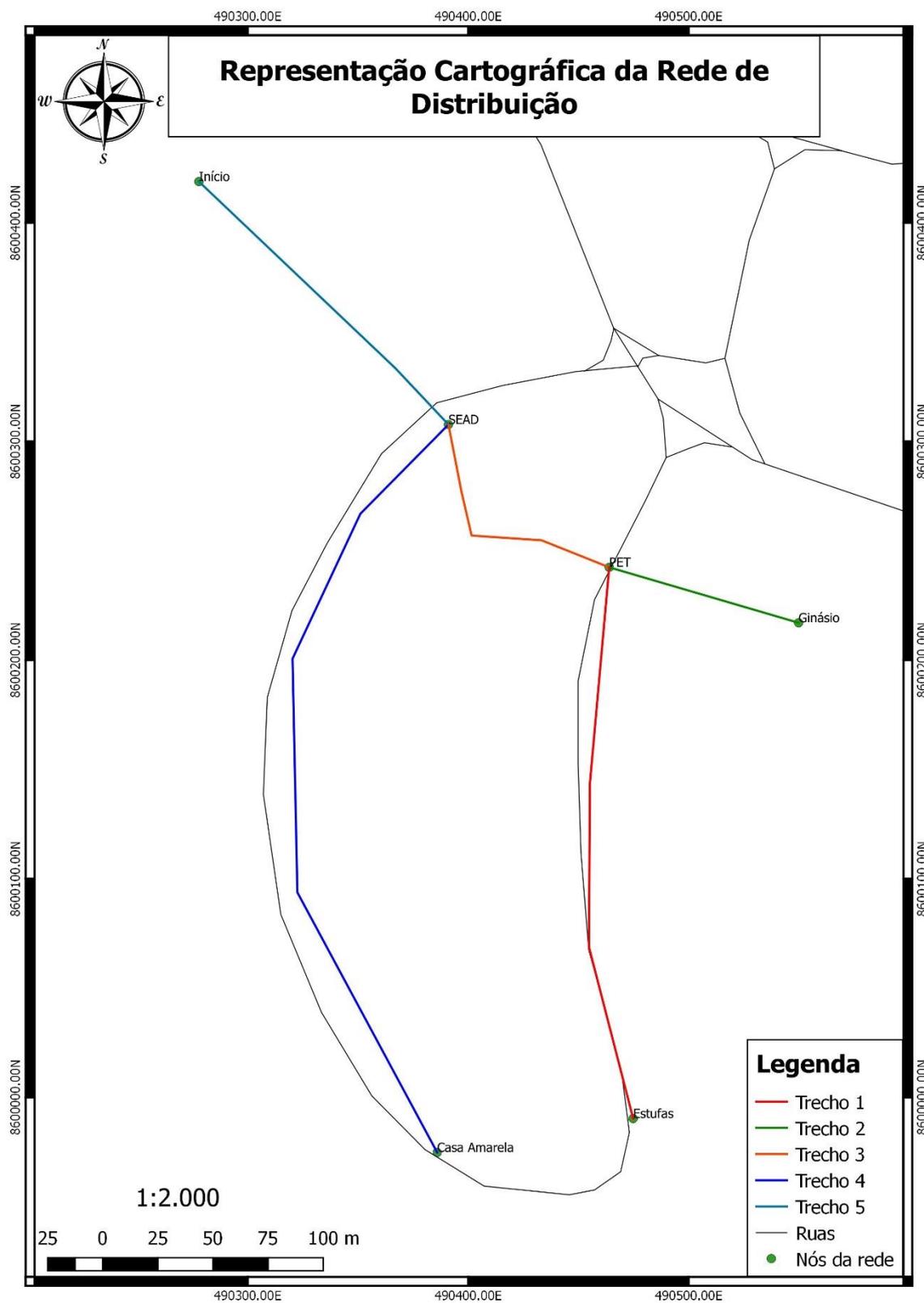
http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/Novos_livros/livro_previsao_%20de_%20consumo_agua_170114/previsao_de_consumo_de_agua.pdf>. Acesso em 21 jul. 2018.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de Água**. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, p. 390-455, 2006.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estudos Avançados**, São Paulo, v.22, n.63, p. 7-16, 2008. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/ea/v22n63/v22n63a02.pdf>>. Acesso em 03 ago. 2018.

UN – UNITED NATIONS. **General Assembly Resolution adopted by the General Assembly on 28 July 2010: 64/292. The human right to water and sanitation.** A/RES/64/292. New York, USA: United Nations, 3 ago. 2010. Disponível em:<http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292>. Acesso em 11 fev. 2018.

APÊNDICE A: Representação cartográfica da rede de distribuição



Fonte: Própria (2018)

APÊNDICE B: Tabelas de dimensionamento da rede de distribuição

| Vazão de projeto ($Q_{projeto}$) (l/s) | | Vazão Unitária (qm) (l/s.m) | | Coeficiente C do material | | | Coeficientes de Consumo | | | | |
|---|---------------|--------------------------------|------------------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------|
| 1,193 | | 0,001203 | | 140 | | | K1 | | K2 | | |
| | | | | | | | 1,20 | | 1,50 | | |
| Comprimentos dos trechos (m) | | Vazão dos trechos (l/s) | Vazão de jusante (l/s) | Vazão de montante (l/s) | Vazão fictícia (Qm) (l/s) | Diâmetro dos trechos (mm) | Perda de carga (J) (m/m) | | Perda de carga total (m) | Velocidade (m/s) | |
| Trechos | 1 | 255,03 | 0,3068 | 0,0000 | 0,3068 | 0,1771 | 50 | $2,834 \cdot 10^{-04}$ | | 0,0723 | 0,0902 |
| | 2 | 89,55 | 0,1077 | 0,0000 | 0,1077 | 0,0622 | 50 | $4,089 \cdot 10^{-05}$ | | 0,0037 | 0,0317 |
| | 3 | 116,71 | 0,1404 | 0,4146 | 0,5550 | 0,4848 | 50 | $1,825 \cdot 10^{-03}$ | | 0,2130 | 0,2469 |
| | 4 | 371,89 | 0,4474 | 0,0000 | 0,4474 | 0,2583 | 50 | $5,695 \cdot 10^{-04}$ | | 0,2118 | 0,1316 |
| | 5 | 158,67 | 0,1909 | 1,0024 | 1,1933 | 1,0979 | 50 | $8,280 \cdot 10^{-03}$ | | 1,3138 | 0,5591 |
| Total | | 991,85 | | | | | | | | | |
| Trecho | Nó a montante | Nó a jusante | Cota a montante (m) | Cota a jusante (m) | Cota Piezométrica a montante (m) | Cota Piezométrica a jusante (m) | Pressão dinâmica a montante (m) | Pressão dinâmica a jusante (m) | Pressão estática a montante (m) | Pressão estática a jusante (m) | |
| 1 | PET | Estufas | 204,76 | 210,54 | 220,82 | 220,75 | 16,06 | 10,21 | 17,59 | 11,81 | |
| 2 | PET | Ginásio | 204,76 | 204,47 | 220,82 | 220,82 | 16,06 | 16,35 | 17,59 | 17,88 | |
| 3 | SEAD | PET | 206,85 | 204,76 | 221,04 | 220,82 | 14,19 | 16,06 | 15,50 | 17,59 | |
| 4 | SEAD | Casa Amarela | 206,85 | 209,17 | 221,04 | 220,82 | 14,19 | 11,65 | 15,50 | 13,18 | |
| 5 | Início | SEAD | 206,00 | 206,85 | 222,35 | 221,04 | 16,35 | 14,19 | 16,35 | 15,50 | |

Fonte: Própria (2018)

APÊNDICE C: Estudo demográfico para determinação da vazão de projeto

| Estudo Demográfico | | | | | | | | Consumo diário |
|---|--|---------------------|---|-----------------|---------------------------------------|----------------|-----|----------------|
| Local | Funcionamento | Nº de ocupantes/dia | Tipo de atividade | Uso previsto | Enquadramento | Vazão Singular | Qpc | |
| SURRAC | 7:00 às 17:00 | 16 | Administrativo | Banheiro e copa | Escritório | 0 | 50 | 800,00 |
| PROEXT | 7:00 às 17:00 | 23 | Administrativo/ Ensaio de coral | Banheiro e copa | Escritório | 0 | 50 | 1150,00 |
| PROPAAE | 7:00 às 17:00 | 18 | Administrativo/ Atendimento ao Público | Banheiro e copa | Escritório | 0 | 50 | 900,00 |
| PROGEP CAD | 7:00 às 17:00 | 23 | Administrativo | Banheiro e copa | Escritório | 0 | 50 | 1150,00 |
| PROGEP CDP | 7:00 às 17:00 | 20 | Administrativo | Banheiro e copa | Escritório | 0 | 50 | 1000,00 |
| SUPAI | 8:00 às 17:00 | 37 | Administrativo/ Curso de idiomas | Banheiro e copa | Escritório/ Sala de aula | 0 | 50 | 1850,00 |
| Casa dos Diretórios Acadêmicos | 8:00 às 17:00 | 20 | Sem uso atualmente/ Possibilidade de reforma | Banheiro | Atividade acadêmica | 0 | 50 | 1000,00 |
| Casa das Empresas Juniores do CETEC | 8:00 às 17:00 | 18 | Atividade acadêmica/ Escritório | Banheiro | Escritório | 0 | 50 | 324,00 |
| Sede da Pós-Graduação em Ciências Agrárias | 8:00 às 18:00 - Probabilidade de aulas noturnas | 29 | Sem uso atualmente/ Possibilidade de reforma/ Futura sede da Revista Magistra | Banheiro e copa | Atividade acadêmica/ Salas de aula | 0 | 50 | 1450,00 |
| Memorial do Ensino Agrícola Superior da Bahia | 8:00 às 17:00 | 20 | Acervo/ Exposições | Banheiro e copa | Museu/Exposição | 0 | 50 | 1000,00 |

Continua

APÊNDICE C: Estudo demográfico para determinação da vazão de projeto

Continuação

| Estudo Demográfico | | | | | | | | Consumo diário |
|---|--|---------------------|--|---|--------------------------------------|----------------|-----|----------------|
| Local | Funcionamento | Nº de ocupantes/dia | Tipo de atividade | Uso previsto | Enquadramento | Vazão Singular | Qpc | |
| Projeto de Equoterapia | 8:00 às 17:00 | 23 | Em Reforma/ Atividade acadêmica | Banheiro e copa | Atividade acadêmica | 0 | 50 | 1150,00 |
| Núcleo de Melhoramento Genético e Biotecnológico | 8:00 às 17:00 | 20 | Pesquisa/ Laboratório/ Atividade acadêmica | Banheiro e copa/ Determinador de gordura/ Osmose Reversa/ Hidroponia | Atividade acadêmica/ Laboratório | 43,22 | 50 | 1043,22 |
| Casa Amarela | 8:00 às 17:00 | 20 | Sem uso atualmente/ Possibilidade de reforma | Banheiro e Copa | Atividade acadêmica/ Laboratório | 0 | 50 | 1000,00 |
| Clínica Fitossanitária | 8:00 às 17:00 | 6 | Laboratório/ Pesquisa | Banheiro/Pia/ Autoclave/ Destilador (50 L) | Laboratório | 29,00 | 50 | 329,00 |
| ASSEPE | 7:00 às 18:00 | 7 | Administrativa | Banheiro e Copa | Escritório | 0 | 50 | 350,00 |
| Sede da Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais e Ciência Animal | 8:00 às 18:00 - Probabilidade de aulas noturnas | 21 | Em Reforma/ Atividade acadêmica | Banheiro e Copa | Atividade acadêmica/ Sala de aula | 0 | 50 | 1050,00 |

Continua

APÊNDICE C: Estudo demográfico para determinação da vazão de projeto

Continuação

| Estudo Demográfico | | | | | | | | Consumo diário |
|---|----------------------|----------------------------|--------------------------------|--|--|---------------------------------------|------------|-----------------------|
| Local | Funcionamento | Nº de ocupantes/dia | Tipo de atividade | Uso previsto | Enquadramento | Vazão Singular | Qpc | |
| Laboratório de Anatomia e Fisiologia Animal | 08:00 às 17:00 | 20 | Aulas práticas/ Laboratório | Banheiros/ 2 Tanques (1500 L cada) | Laboratório/ Atividade acadêmica/ Sala de aula | 200,00 | 50 | 1200,00 |
| Ginásio de Esportes | 18:00 às 23:59 | 26 | Prática esportiva | Banheiro | Academia/ Ginásio de Esportes | 0 | 95 | 2470,00 |
| Estufas | 08:00 às 17:00 | x | Projeto de pesquisa | Irrigação | Laboratório | Abastecimento por solução alternativa | | |
| Depósito do NUMAM | 07:00 às 17:00 | 12 | Serviço de manutenção | Banheiro/ Lavagem de veículos | Oficina | 150,00 | 300 | 3750,00 |
| CESOL - Centro de Economia Solidária | 08:00 às 17:00 | 9 | Atendimento ao público | Banheiro e copa | Escritório | 0 | 50 | 450,00 |
| NAF - Núcleo Familiar de Agroecologia | 08:00 às 17:00 | 9 | Atendimento ao público | Banheiro e copa | Escritório | 0 | 50 | 450,00 |
| Total (L/dia) | | | | | | | | 23.866,22 |
| Total (L/mês) | | | | | | | | 715.986,66 |
| Qprojeto (L/s) | | | | | | | | 1,193 |

Fonte: Própria (2018)