



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE PAU DOS FERROS
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

HELOISA NASCIMENTO DE ANDRADE

**PANORAMA DE ATENDIMENTO E OTIMIZAÇÃO DO ABASTECIMENTO DE
ÁGUA EM *CAMPUS* UNIVERSITÁRIO**

PAU DOS FERROS/RN

2021

HELOISA NASCIMENTO DE ANDRADE

**PANORAMA DE ATENDIMENTO E OTIMIZAÇÃO DO ABASTECIMENTO DE
ÁGUA EM *CAMPUS* UNIVERSITÁRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Bacharelado em Engenharia Civil, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, Campus Pau dos Ferros, em cumprimento às exigências legais como requisito para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Alisson Gadelha de Medeiros.

PAU DOS FERROS/RN

2021

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

AA553 Andrade, Heloisa Nascimento de.
p PANORAMA DE ATENDIMENTO E OTIMIZAÇÃO DO
ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM CAMPUS UNIVERSITÁRIO /
Heloisa Nascimento de Andrade. - 2021.
92 f. : il.

Orientador: Alisson Gadelha de Medeiros.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2021.

1. Horizonte de projeto. 2. Estimativa
populacional. 3. Consumo de água. 4.
Dimensionamento de redes ramificadas. 5. Uso
racional da água. I. Gadelha de Medeiros,
Alisson, orient. II. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

HELOISA NASCIMENTO DE ANDRADE

**PANORAMA DE ATENDIMENTO E OTIMIZAÇÃO DO ABASTECIMENTO
DE ÁGUA EM *CAMPUS* UNIVERSITÁRIO**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharela em
Engenharia Civil.

Defendida em: 26/05/2021.

BANCA EXAMINADORA

ALISSON GADELHA DE
MEDEIROS:08445526405

Digitally signed by ALISSON GADELHA DE
MEDEIROS:08445526405
Date: 2021.05.28 01:38:52 -03'00'

Prof. Dr. Alisson Gadelha de Medeiros – UFERSA
Presidente

ALEX PINHEIRO
FEITOSA:01139802488

Assinado de forma digital por
ALEX PINHEIRO
FEITOSA:01139802488
Dados: 2021.05.28 08:18:24 -03'00'

Prof. Dr. Alex Pinheiro Feitosa – UFERSA
Membro Examinador

ANA CLAUDIA ARAUJO
FERNANDES:07104587462

Assinado de forma digital por ANA
CLAUDIA ARAUJO
FERNANDES:07104587462
Dados: 2021.05.28 08:23:05 -03'00'

Profª. Ma. Ana Cláudia Araújo Fernandes – UFERSA
Membro Examinadora

AGRADECIMENTOS

Primeiramente sou grata à Deus, pelo dom da vida e por estar comigo em todos os momentos dessa caminhada, por me fortalecer em momentos difíceis, principalmente nestes últimos meses com a pandemia, pelo ânimo e coragem de não desistir nunca com seu infinito amor dado a mim. Sem Ele não sou nada.

Agradeço à minha família, em especial aos meus pais, Cleide e Tadeu, meu tudo. Obrigada por todo caráter e educação, pois mesmo diante à todas as dificuldades enfrentadas nunca mediram esforços para me ver no topo. Amo vocês! Ao meu irmão, Bruno, que mesmo com a distância sempre se fez presente e esteve ao meu lado, e aos demais familiares por todo apoio prestado, todos tiveram sua contribuição para que este sonho se concretizasse.

A meu orientador Prof. Dr. Alisson Gadelha, que antes de professor orientador, se tornou um grande amigo. Só tenho a agradecer por toda parceria ao longo da minha jornada, por ter acreditado em mim e aceitado me orientar neste grande momento da minha vida. Agradeço também a todos os professores que foram essenciais para minha caminhada até aqui, que são fontes de inspiração como profissionais e ser humano.

Aos meus grandes amigos Analine, Denise, Raianny, Thallysmara, Vítor Barra, Wanessa e todos demais que não estão citados aqui, mas estão presentes no meu coração, com vocês aos poucos eu aprendi a construir laços sinceros de amizade e eu mal sabia que vocês meus amigos, seriam minha nova família. Amo vocês de todo coração. Agradeço por todo o estímulo, por todos os sorrisos, broncas, comemorações e por fazerem parte das minhas melhores lembranças que levo para a vida, tenho muita sorte de ter encontrado vocês e com vocês tudo valeu a pena, essa vitória é nossa.

RESUMO

A importância da análise de conformidades de projeto em qualquer sistema de abastecimento de água está na previsão de possíveis mudanças que são ocasionadas em sua totalidade ao longo dos anos. A necessidade de dimensionar as redes de distribuição e demais subunidades do sistema em faixas temporais parte do princípio do acompanhamento da evolução das condições ambientais, do contexto social e dos parâmetros hidráulicos, a fim garantir a operação adequada. Neste sentido, o presente trabalho objetivou verificar os melhores cenários de atendimento do consumo de água da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA *Campus* Pau dos Ferros/RN, com foco em otimizar a reserva de água do reservatório elevado. Para isso, foi realizada toda caracterização do sistema de abastecimento do ambiente universitário, assim como as previsões da população acadêmica por métodos matemáticos no balanço entradas e saídas de discentes do *Campus* anualmente. Além disso, foram verificados os padrões de consumo de água a partir de dados da micromedição apresentados ao longo dos anos e o desenvolvimento do dimensionamento hidráulico da rede ramificada ao decorrer da escala temporal definida, com a perspectiva de serem aferidas conformidades de projeto e das condições serviço. De forma geral, o atendimento da rede de distribuição do *Campus* apresentou-se satisfatório nas três escalas de tempo previstas. Constatou-se também o crescente consumo de água anual, seguido dos altos custos na tarifa total paga pelo *Campus* com o abastecimento básico da concessionária e emergencial, logo, as melhores práticas para otimizar o consumo foram sugeridas a partir da adoção de medidas da ação “Rende + UFERSA” que tem como base o uso racional da água, fundamentado nos estudos dos padrões de consumo de água do *Campus* dos últimos anos, onde foi proposto que se diminuísse cerca de 15% do consumo seria possível que apenas a concessionária abastecesse o *Campus*, não sendo necessária a compra de água dos carros pipa, pois a reservação e regularização do reservatório seriam atendidas com tranquilidade.

Palavras-Chave: Horizonte de projeto. Estimativa populacional. Consumo de água. Dimensionamento de redes ramificadas. Uso racional da água.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do layout de um SAA convencional	20
Figura 2 - SAA com captação em curso de água e reservatório apoiado	21
Figura 3 - Rede ramificada e suas subdivisões	23
Figura 4 - Fluxograma metodológico geral	28
Figura 5 - Mapa de localização de Pau dos Ferros/RN	29
Figura 6 - Mapa de localização UFERSA Campus Pau dos Ferros	31
Figura 7 - Principais vias de acesso à UFERSA Campus Pau dos Ferros/RN	31
Figura 8 - Projeto inicial do abastecimento de água da UFERSA Campus Pau dos Ferros/RN	39
Figura 9 - Imagem aérea atual do Campus universitário	40
Figura 10 - Projeto de ampliação do Campus universitário	41
Figura 11 - Rede ramificada atual do Campus	43
Figura 12 - Rede ramificada futura do Campus	44
Figura 13 - População acadêmica 2012.1 - 2019.2.....	46
Figura 14 - Crescimento aritmético da população ingressante com melhor ajuste	47
Figura 15 - Crescimento aritmético da população egressante	47
Figura 16 - Crescimento geométrico da população ingressante	48
Figura 17 - Crescimento geométrico da população egressante	48
Figura 18 - Curva logística da população ingressante	50
Figura 19 - Curva logística egressante	51
Figura 20 - Regressão da população ingressante	52
Figura 21 - Regressão da população egressante	54
Figura 22 - Dimensionamento inicial (vazão população acadêmica).....	60
Figura 23 - Dimensionamento inicial (vazão servidores públicos)	61
Figura 24 - Dimensionamento atual (vazão população acadêmica)	63
Figura 25 - Dimensionamento atual (vazão servidores públicos)	64
Figura 26 - Dimensionamento futuro (vazão população acadêmica)	66
Figura 27 - Dimensionamento futuro (vazão servidores públicos)	67
Figura 28 - Identidade visual da ação	68
Figura 29 - Fluxograma da ação “Rende + UFERSA”	69
Figura 30 - Modelo do quadro de ação “Rende + UFERSA”	71
Figura 31 - Modelo do super medidor	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Partes de um sistema de abastecimento de água	21
Quadro 2 - Métodos de crescimento da projeção populacional.....	32
Quadro 3 - Método da regressão da projeção populacional	33
Quadro 4 - Variáveis de projeto	35
Quadro 5 - Infraestrutura do Campus no início de projeto.....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Caracterização global do sistema de água brasileiro em 2019	20
Tabela 2 - População ingressante para o método da curva logística	49
Tabela 3 - População egressante para o método da curva logística.....	50
Tabela 4 - Regressão populacional ingressante	52
Tabela 5 - Erros da regressão populacional ingressante.....	53
Tabela 6 - Regressão populacional egressante	53
Tabela 7 - Erros da regressão populacional egressante	54
Tabela 8 - Crescimento populacional dos 4 métodos apresentados	56
Tabela 9 - Consumo x Custos do Campus com a CAERN	57
Tabela 10 - Consumo x Custos do <i>Campus</i> com o carro pipa.....	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
CAERN	Companhia de Águas e Esgotos Do Rio Grande do Norte
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CMPF	Centro Multidisciplinar de Pau dos Ferros
EPANET	<i>Software</i> de Simulação Hidráulica de redes de distribuição
ETA	Estação de Tratamento de Água
IC	Índice de Consumo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira
OMS	Organização Mundial da Saúde
PFSB	Política Federal de Saneamento Básico
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
PBA	Porta Bolsa Anel
PSR	Plano de Recursos Hídricos
PVC	Policloreto de Vinila
RDA	Rede de Distribuição de Água
RN	Rio Grande do Norte
SAA	Sistema de Abastecimento de Água
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SISU	Sistema de Seleção Unificada
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
UFBA	Universidade Federal da Bahia
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
UNB	Universidade Federal de Brasília
UNICEF	Fundo das Nações Unidas para a infância
USP	Universidade Federal de São Paulo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo geral.....	15
2.2	Objetivos específicos.....	15
3	REVISÃO TEÓRICA	16
3.1	Abastecimento de água e seus múltiplos usos.....	16
3.2	Concepções de projeto para abastecimento de água em pequenas comunidades.....	18
3.3	Padrões de consumo de água em universidades	24
4	METODOLOGIA	27
4.1	Procedimentos metodológicos.....	27
4.1.1	Localização da área de estudo	28
4.1.2	Área de estudo e principais vias de acesso	30
4.1.3	Levantamento do SAA do <i>Campus</i>	32
4.1.4	Registro das séries de consumos	33
4.1.5	Concepções de dimensionamento do SAA	34
4.1.6	Cenários de otimização	36
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1	Sistema de abastecimento de água da UFERSA <i>Campus</i> Pau dos Ferros/RN.....	37
5.1.1	Caracterização do sistema de abastecimento do <i>Campus</i>	37
5.1.2	Previsão populacional acadêmica.....	45
5.2	Consumo de água da UFERSA <i>Campus</i> Pau dos Ferros/RN.....	57
5.3	Conformidades de projeto no atendimento de água da UFERSA Campus Pau dos Ferros/RN	58
5.3.1	Atendimento inicial	59
5.3.2	Atendimento atual (2019).....	62
5.3.3	Atendimento futuro (2029).....	65
5.4	Cenários de otimização	68
6	Conclusões.....	73
	REFERÊNCIAS	75
	ANEXO A.....	80

APÊNDICE A83

- Atendimento inicial 83

APÊNDICE B.....85

- Atendimento atual (2019)..... 85

APÊNDICE C89

- Atendimento futuro (2029)..... 89

1 INTRODUÇÃO

A água é um elemento essencial para sobrevivência humana e o desenvolvimento das sociedades, onde a mesma está relacionada diretamente ao controle e eliminação de doenças, gerando consequentemente o aumento da qualidade de vida das populações. A maneira que a água potável é captada e distribuída é através do Sistema de Abastecimento de Água (SAA).

A Portaria GM/MS Nº 888, de 7 de maio de 2021 alterou a Portaria de Consolidação nº 5/2017 no Anexo XX Capítulo II explica que o sistema de abastecimento de água para consumo humano é constituído por um conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição (BRASIL, 2021).

A carência de instalações dos sistemas de abastecimento de água para as populações compõe uma das maiores dívidas sociais ainda existentes no mundo. E, hoje em dia, um número considerável da população mundial ainda não possui acesso a este bem. De acordo com a UNICEF e OMS (2019) 1 em cada 3 pessoas no mundo não tem acesso a água potável, e ainda segundo o SNIS (2019), cerca de 81,3% dos brasileiros são atendidos com abastecimento de água tratada, em outras palavras são quase 40 milhões de brasileiros que não possuem acesso a este serviço básico. Na região nordeste, em específico, o abastecimento de água acontece para apenas 73,9% da população.

A crise hídrica vem aumentando gradativamente em vários lugares do mundo, no Brasil não é diferente. Um exemplo é a cidade de Pau dos Ferros/RN, localizada no nordeste brasileiro e abastecida por uma concessionária estatal. Tal município enfrentou uma crise hídrica em março de 2015, onde o seu reservatório alcançou volume morto, sendo então necessária a utilização de uma adutora de engate rápido com origem na Barragem de Santa Cruz, município de Apodi-RN. Em maio de 2018, o Açude Dr. Pedro Diógenes Fernandes, localizado na cidade de Pau dos Ferros atingiu cerca de 11% de reserva de água e em setembro de 2019 entrou em colapso novamente, retomando-se assim a utilização da adutora de engate rápido da Barragem de Santa Cruz. Somente em março de 2020 o manancial local atingiu 37,35% de volume de água sendo reativado e mantido até os dias atuais com uma porcentagem de 21,26% e um volume atual de reservação de 11.657.546,00 m³ sendo sua capacidade máxima de 54.846.000 m³ (CAERN, 2021).

Visto à progressão da importância que um sistema de abastecimento de água possui, com relação à saúde pública e as diversas melhorias que impactam sob o saneamento ambiental,

o SAA quando bem dimensionado, executado e gerenciado proporciona contextos de higiene, conforto e bem-estar para todos, gerando um reflexo imediato na redução da demanda por serviços de saúde. Diante disso, o presente trabalho abordará um estudo sobre um panorama geral da situação do sistema de abastecimento de água da UFERSA *Campus* Pau dos Ferros/RN. Para tanto, tem-se a finalidade de cooperar para a discussão sobre o contexto do atendimento do abastecimento de água em edificações públicas administrativas e as condições de infraestrutura das unidades constituintes do objeto em estudo.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Verificar cenários de atendimento e possíveis soluções para redução do consumo de água da UFERSA *Campus* Pau dos Ferros/RN.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar o sistema de distribuição de água do *Campus* universitário.
- Verificar o padrão de consumo de água do *Campus* universitário.
- Analisar conformidades de projeto no atendimento do abastecimento de água do *Campus* universitário, bem como possíveis otimizações de consumo.

3 REVISÃO TEÓRICA

3.1 Abastecimento de água e seus múltiplos usos

O abastecimento de água se tornou um dos maiores desafios humanos deste século. Uma vez que a água é essencial para todas as formas de vida, a sua ausência ou escassez pode levar ao colapso de comunidades bióticas, e dois fatos preocupantes são a má distribuição na superfície terrestre e a maneira desigual que o recurso é demandado pelas sociedades humanas. O consumo hídrico no planeta vem aumentando e à medida que a demanda cresce, os corpos d'água se tornam cada vez mais inapropriados para o consumo devido à degradação ambiental (ANDRADE; NUNES, 2014).

Atualmente, o planeta apresenta cerca de 2,2 bilhões de pessoas em todo o mundo que não possuem acesso aos serviços de água tratada, 4,2 bilhões de pessoas não têm serviços de saneamento adequado e 3 bilhões não possuem instalações básicas para a higienização das mãos (UNICEF, 2019).

Uma realidade que possui um grande contraste quando se vê os dados de disposição do fluxo de água pelo planeta: mais de 1,4 bilhão de km³ de água (SPERLING, 2006), onde destes, aproximadamente 97,5% representam a água salgada, e 2,5%, a água doce, deste 99,6% estão indisponíveis para o consumo humano, isso quer dizer que a água doce disponível na superfície da Terra para o consumo representa apenas 0,4%, encontrada em lagos, zonas úmidas e rios.

Em relação aos seus usos, depende diretamente do contexto social e da importância que cada comunidade atribui a esse bem, fato este que é constantemente apurado ao longo da história, podendo-se perceber a relação entre a água e as várias civilizações e seu estágio de desenvolvimento social, econômico e tecnológico. No Brasil os múltiplos usos da água são diversificados e a sua intensidade está relacionada com a densidade populacional, grau de urbanização, desenvolvimento econômico, social, agrícola e industrial das 12 regiões hidrográficas. Presentemente a população urbana do Brasil representa 84% do total (IBGE, 2010), suscitando grandes pressões sobre as águas superficiais e subterrâneas.

Segundo Tundisi (2008) o Brasil mesmo concentrando cerca de 14% da água do planeta, possui tanto uma má distribuição do seu volume, quanto de disponibilidade de recursos hídricos, exemplo disso é o estado do Amazonas, onde um indivíduo possui 700.000 m³ de água por ano disponíveis, e em contrapartida um habitante da Região Metropolitana de São Paulo

possui apenas 280 m³ por ano, sem contar com o vasto semiárido que abrange boa parte da região Nordeste e também sofre com estes baixos indicadores.

A própria região do semiárido do nordeste brasileiro possui relatos de secas prolongadas desde o século XVI. Alguns fatores são preponderantes para a não ocorrência de chuvas na região, como o relevo local da região, que naturalmente impede que as massas de ar quente e úmida trabalhem, causando assim as precipitações, além dos fatores globais, como a variação da temperatura das águas dos oceanos que acaba por alterar os padrões de circulação dos ventos e dos deslocamentos de massas de ar, provocando fenômenos que podem intensificar a estiagem (RABELO; NETO, 2017).

A importância do abastecimento de água também deve ser analisada sob os aspectos sanitários e econômicos, onde estes andam lado a lado na história, pois o ser humano necessita de água de qualidade e em quantidade suficiente para sanar todas suas necessidades, gerando assim o desenvolvimento econômico social, pois o acesso a este bem reduz consideravelmente as doenças causadas pela sua falta ou negligência, diminuindo assim os gastos com o tratamento das mesmas, que gera então o aumento da renda *per capita* nacional (HELLER; PÁDUA, 2010).

Nesse sentido, existe uma ampla legislação ambiental no país, nos diversos níveis federativos, que possuem uma estreita aplicabilidade ao abastecimento de água para consumo humano como a Resolução CONAMA n° 357/2005, cuja reformulação foi aprovada em 15 de fevereiro de 2005, estabelecendo critérios para classificação das águas doces, salobras e salinas do território nacional. Esta legislação constitui-se como a principal referência para aferir a qualidade das águas dos mananciais (BRASIL, 2005).

O setor de abastecimento de água é regido pela Lei das Águas, Lei Federal n° 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Alguns pontos devem ser destacados nessa legislação que anunciam importantes elementos relacionados a problemática do uso dos recursos hídricos para abastecimento de água, que são os planos de recursos hídricos, o enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes (ponto muito relacionado à Resolução CONAMA), a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, dentre outros (HELLER; PÁDUA, 2010).

De acordo com a Lei n° 11.445/2007 são estabelecidas as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a Política Federal de Saneamento Básico (PFSB) (BRASIL, 2007). Os serviços de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e drenagem das águas pluviais, constituem os serviços de saneamento

básico, hodiernamente essa lei foi remodelada para Lei nº 14.026/2020, amodernando a legislação que rege o saneamento básico (BRASIL, 2020).

Um SAA deve conduzir água de boa qualidade ao seu consumidor, e uma das etapas do processo do abastecimento é tratar a água bruta para que se atinja os padrões de potabilidade que são descritos através da Portaria GM/MS Nº 888 do Ministério da Saúde, que dita quais são todos os procedimentos de controle da qualidade da água para o consumo humano, onde, em seu Art. 5º é exposto que “conjunto de atividades exercidas regularmente pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água, destinado a verificar se a água fornecida à população é potável, de forma a assegurar a manutenção desta condição” (BRASIL, 2021).

Do ponto de vista dos recursos hídricos existentes no planeta, tanto os superficiais quanto os subterrâneos, tem-se o uso consuntivo da água, que é aquele no qual há perdas de água de maneira parcial ou total, e já os usos não consuntivos são aqueles que usufruem da água do corpo hídrico sem alterar a sua quantidade ou qualidade (PSR, 2013).

Um uso é considerado consuntivo quando a água retirada é consumida, parcial ou totalmente, no processo a que se destina, não retornando diretamente ao corpo d'água, podendo ser por abastecimento humano (urbano e rural), abastecimento animal, irrigação, consumo por seres vivos, dentre outros em que para cada uso são caracterizadas as vazões de retirada (montante captado no corpo hídrico), de consumo (fração da retirada que não retorna ao corpo hídrico) e de retorno (fração da retirada que retorna ao corpo hídrico). Já os usos não consuntivos se detêm aos serviços de navegação, pesca, geração de energia hidroelétrica, turismo, lazer, dentre outros, que acabam por não afetar de maneira direta a quantidade de água local, não perfazendo o escopo desse corpo hídrico (ANA, 2019).

3.2 Concepções de projeto para abastecimento de água em pequenas comunidades

A concepção é a etapa inicial do projeto, por vezes ela é precedida de um diagnóstico técnico e ambiental da área em estudo, ou até mesmo do Plano Diretor do local. A concepção se identifica e quantifica todos os fatores intervenientes com o SAA, pois logo depois é feito o diagnóstico do sistema futuro, ou se já existir deverá ser considerada a situação atual e futura, para que posteriormente sejam estabelecidos todos os parâmetros básicos de projeto, e então estabelecer quais serão as diretrizes gerais de projeto e quais serão as estimativas das quantidades de serviços que devem ser executados na fase de projeto (TSUTIYA, 2006).

De maneira direta, o objetivo primordial do SAA é fornecer água de qualidade, com quantidade adequada e pressão suficiente aos seus usuários. Os benefícios que o SAA tem vão desde a geração de saúde pública reduzindo as doenças infecciosas, até a redução dos gastos com consultas e procedimentos médicos, tratamentos e exames laboratoriais.

A Portaria GM/MS Nº 888/2021 classifica as instalações para abastecimento de água em três categorias:

Sistema de abastecimento de água para consumo humano (SAA): instalação composta por conjunto de obras civis, materiais e equipamentos, desde a zona de captação até as ligações prediais, destinada à produção e ao fornecimento coletivo de água potável, por meio de rede de distribuição.

Solução alternativa coletiva de abastecimento de água para consumo humano (SAC): toda modalidade de abastecimento coletivo de água distinta do sistema de abastecimento de água, incluindo, entre outras, fonte, poço comunitário, distribuição por veículo transportador, instalações condominiais horizontal e vertical.

Solução alternativa individual de abastecimento de água para consumo humano (SAI): modalidade de abastecimento de água para consumo humano que atenda a domicílios residenciais com uma única família, incluindo seus agregados familiares (BRASIL, 2017).

De acordo com SNIS (2019) a situação do abastecimento de água no Brasil quando comparado os números de níveis globais de população atendida, pode ser compreendido como razoavelmente bom, onde 170.804.516 habitantes são atendidos com abastecimento de água o que representa 81,3% da população total do país, levando em consideração o ano de 2019 em que foi publicado o diagnóstico dos serviços de água e esgoto do país, a população da época era de 210.147.125 pessoas. A Tabela 1 caracteriza o sistema de abastecimento de água do Brasil no ano de 2019.

Tabela 1 - Caracterização global do sistema de água brasileiro em 2019

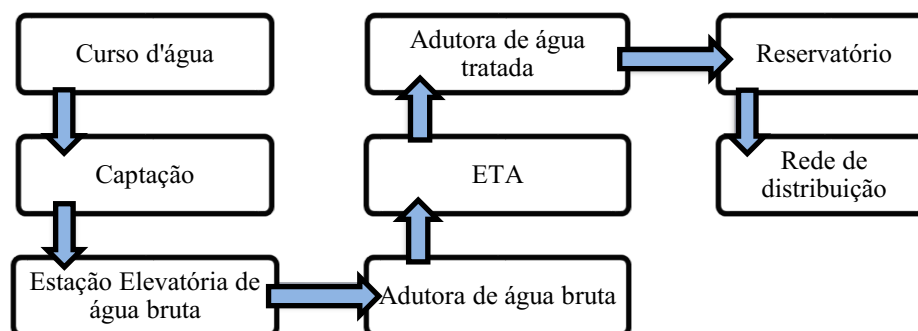
Descrição	Unidade	Valor
População total atendida com abastecimento de água	Habitantes	170.804.516
Quantidade de ligações totais de água	Ligações	59.132.877
Quantidade de economias residenciais ativas de água	Economias	60.018.464
Extensão da rede de água	km	680.362
Volume de água produzido	1.000 m³/ano	12.613.022
Volume de água consumido	1.000 m³/ano	9.761.352

Fonte: Adaptado do SNIS (2019).

A respeito do índice de perdas na distribuição nacional de 2019 obteve-se um valor superior 0,7 ponto percentual ao ano de 2018, de 22,6%, esse percentual refere-se ao volume de água disponibilizado que não foi contabilizado como volume utilizado pelos consumidores, seja por vazamentos, falhas nos sistemas de medição ou ligações clandestinas (SNIS, 2019). Este dado é preocupante, pois é como se a cada 100 litros de água 22,6 litros são perdidos gerando grandes prejuízos de saúde e financeiros na economia brasileira.

A concepção dos sistemas de abastecimento de água não segue um único padrão, pois depende do porte da cidade, topografia, sua posição em relação aos mananciais, dentre outros critérios. De maneira geral, o fluxograma da Figura 1 abaixo informa como é o esquema que os sistemas convencionais de abastecimento de água são formados.

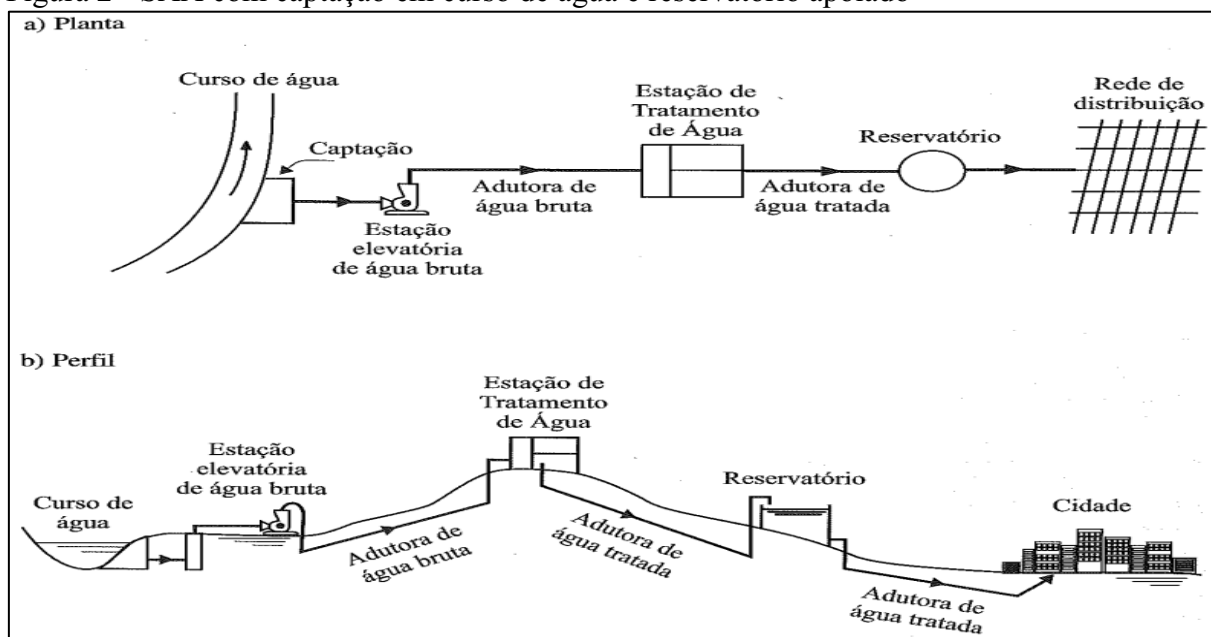
Figura 1 - Fluxograma do layout de um SAA convencional



Fonte: Autora (2021).

A Figura 2 ilustra um sistema simples de abastecimento de água, com captação em curso d'água e com reservatório apoiado a montante, apresentado em planta e longitudinalmente.

Figura 2 - SAA com captação em curso de água e reservatório apoiado



Fonte: Adaptado do Tsutiya (2006).

Vale lembrar que em sistemas de abastecimento de água não existe um único padrão a ser seguido, podendo alterar a origem de onde vai ser captada a água utilizada para o abastecimento, se vai ter estação elevatória ou não depende da topografia local, se será necessária a utilização de uma estação de tratamento de água (se a captação for de um aquífero por exemplo, provavelmente não necessita de tratamento devido a qualidade da água ter bons índices de potabilidade, diferente de um curso de água que possivelmente podem apresentar impurezas que devem ser tratadas), outra parte do SAA que pode sofrer alterações é o reservatório, dependendo da sua posição no terreno pode ser apoiado, elevado, semienterrado ou enterrado e também de sua posição em relação à rede de distribuição podendo ser de montante ou de jusante.

O Quadro 1 a seguir descreve de maneira mais esmiuçada quais são as unidades que compõe um sistema de abastecimento de água.

Quadro 1 - Partes de um sistema de abastecimento de água

Unidades do SAA	Descrição
Manancial	Fonte de água subterrânea ou superficial que disponibiliza vazão suficiente para abastecer o sistema de acordo com a demanda requerida.
Captação	Unidade responsável pela retirada da água do manancial para o sistema de abastecimento, e dependendo do tipo do corpo d'água ele pode ser de muitas e diferentes formas.

Unidades do SAA	Descrição
Estação Elevatória de água bruta	É necessário quando o escoamento não é por gravidade, considerado um conjunto de dispositivos destinados a recalcar a água bruta, porém dependendo do caso também é comum ter EE que recalque água tratada. São empregadas quando a água precisa vencer desníveis geométricos. É em função do relevo local.
Adutora de água bruta	Transportar a água bruta, interligando os dispositivos de estação elevatória e estação de tratamento de água. Dependendo de suas características hidráulicas, pode ser em conduto livre, conduto forçado por gravidade ou recalque.
Estação de Tratamento de Água	Unidade que concede qualidade para que a água bruta fique de acordo com os padrões de potabilidade e não ofereça riscos à saúde da população consumidora.
Adutora de água tratada	Canalização que tem a finalidade de conduzir a água tratada entre a estação de tratamento de água e o reservatório.
Reservatório	Componente que tem a finalidade de regularizar as variações de vazões de adução e de distribuição e adequa as pressões na rede de distribuição
Rede de distribuição	Conjunto de tubulações localizadas nos logradouros públicos, com o objetivo de atender à demanda de água segura para consumo humano de uma população, de forma contínua, em quantidade, qualidade e pressão adequadas.

Fonte: Adaptado do Tsutiya (2006).

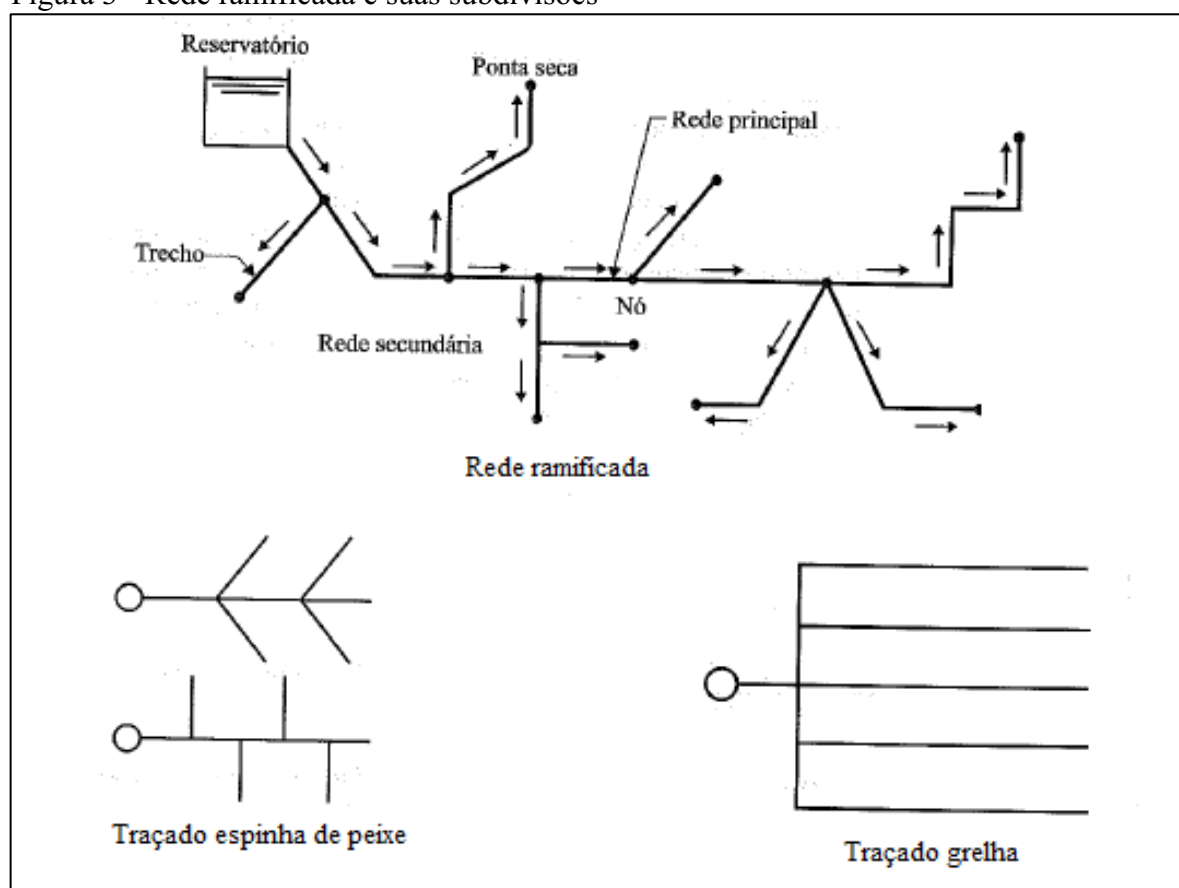
As redes de distribuição, conforme a ABNT NBR 12218/1994, compõem a parte do sistema desenvolvida por tubulações e acessórios, com o trabalho de distribuir água até as residências, estabelecimentos comerciais, indústrias e locais públicos, podendo assumir configurações bastante simples até extremamente complexas, dependendo do porte, da densidade demográfica, distribuição e topografia da área abastecida.

A Rede de Distribuição de Água (RDA) apesar de ser o componente de maior custo de implantação do sistema de abastecimento, normalmente contém menos de 2% do volume total de água do sistema, e possui dois tipos de canalização (principal e secundária), onde a principal são as tubulações de maior diâmetro que abastecem as canalizações secundárias, de menor diâmetro, e que também podem abastecer os pontos de consumo do SAA. Dito isto, uma outra classificação é feita de acordo com que as canalizações estão dispostas, sendo elas nomeadas de ramificadas, malhadas ou mistas (NOBRE; EVERTON; FABRICIO; JOSAFÁ, 2012).

Conforme Justino e Nogueira (2012) a rede classificada como ramificada é caracterizada por exigir menores custos de investimento, devido a menor quantidade de canalizações e órgãos acessórios, além de o cálculo para a determinação das condições de funcionamento hidráulico ser considerado simples, podendo-se dizer que se torna um problema trivial da hidráulica, pois para as redes ramificadas o escoamento é unidirecional.

A rede ramificada é recomendada somente em casos em que a topografia e os pontos a serem abastecidos não permitam o traçado como rede malhada que é uma rede comumente empregada em grandes centros urbanos, sendo a ramificada mais empregada em pequenas comunidades, e a depender de como a tubulação principal está distribuída, ela ainda pode apresentar a subdivisão em rede em espinha de peixe e rede em grelha, assim como ilustra a Figura 3 a seguir.

Figura 3 - Rede ramificada e suas subdivisões



Fonte: Adaptado do Tsutiya (2006).

Já as redes malhadas são aquelas cujas canalizações se fecham sobre si mesmas, constituindo verdadeiras malhas fechadas em ciclo, e sob o ponto de vista hidráulico, nas redes de distribuição de água malhadas, o escoamento é classificado como bidirecional, ora num

sentido, ora em outro, em função das solicitações de consumo, permitindo uma maior flexibilidade em satisfazer a demanda e manutenção da rede. Já o caso das redes mistas, o escoamento é, simultaneamente, bidirecional e unidirecional, em outras palavras consiste em agregar as redes ramificadas e redes malhadas em um único sistema de abastecimento de água (JUSTINO; NOGUEIRA, 2012).

A respeito das regulamentações/critérios normativas que envolvem os projetos de cada unidade constituinte do sistema de abastecimento de água, são utilizadas as 8 normas descritas a seguir:

- NBR 12211 – Estudos de Concepção de Sistemas Públicos de Abastecimento de Água, de 1992.
- NBR 12212 – Projeto de Poço para Captação de Água Subterrânea, de 2017.
- NBR 12213 – Projeto de Captação de Água de Superfície para Abastecimento Público, de 1992.
- NBR 12214 – Projeto de Sistema de Bombeamento de Água para Abastecimento Público, de 2020.
- NBR 12215 – Projeto de Adutora de Água para Abastecimento Público, de 2017.
- NBR 12216 – Projeto de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público, de 1992.
- NBR 12217 – Projeto de Reservatório de Distribuição de Água para Abastecimento Público, de 1994.
- NBR 12218 – Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público, de 2017.

3.3 Padrões de consumo de água em universidades

De acordo com a revisão sistemática de quatro estudos sobre o consumo de água em pequenas universidades brasileiras, foi analisado o que eles fizeram, como eles realizaram a pesquisa e quais os resultados obtidos.

O primeiro exemplo é da Universidade de Brasília – UNB Planaltina, onde o levantamento do consumo geral de água nos prédios da faculdade foi realizado identificando os consumos mensais nos anos de 2006 a 2016, e essa assimilação de padrões e médias de consumo no *Campus* foi obtida através da sistematização da análise das séries históricas de consumo de água registradas em dois hidrômetros, desta maneira também foi feito o levantamento dos

pontos de consumo de água, realizado através da documentação existente, plantas baixas e checagem *in loco*, constatando-se correspondência entre projeto e execução, e com a obtenção dos consumos mensais de água e da população frequentadora, foi possível o estabelecimento de um índice de consumo (IC) por usuário, constatando que do ano de 2006 houve um crescente aumento do consumo de água no *Campus*, com exceção para os anos de 2012 e 2015, por conta de acontecimentos específicos da universidade e a média geral, que compreende o período entre 2006 e 2016 foi de 15,4 L/hab.dia (CARNEIRO, 2016).

O segundo exemplo é da Universidade de São Paulo – USP *Campus* São Carlos o consumo de água é medido através de dez hidrômetros instalados no *Campus*, sendo um deles utilizado para medir o volume de água captado no poço profundo e os outros utilizados para medir a água utilizada da rede pública do SAA, o estudo do consumo mensal de água foi feito nos anos de 2012, 2013 e 2014, averiguando com base no ano de 2012 um consumo médio mensal *per capita* de água no *Campus* I da USP São Carlos de 57,2 L/hab.dia (BOTASSO; LOUREIRO; DIAS, 2014).

O terceiro exemplo é na Universidade Federal de Alagoas – UFAL *Campus* A. C. Simões, onde o consumo de água para os fins da pesquisa foi nos meses de setembro 2016 a abril 2017, gerando um resultado de consumo *per capita* médio de 33,14 L/hab.dia. Fazendo uma comparação com os consumos *per capita* dos usuários do *Campus* A. C. Simões da UFAL com os da Universidade Federal da Bahia – UFBA, que segundo Marinho, Freire e Kiperstok (2018) o consumo per capita foi de aproximadamente 30 L/hab.dia ao longo dos anos 1999 à 2011, diferindo um pouco do resultado da Universidade Estadual de Maringá, que segundo Pereira *et al.*(2014) o consumo per capita foi de aproximadamente 50 L/hab.dia (JÚNIOR; FERREIRA; BARBOZA, 2018).

O consumo de água da UFBA no período de 1998 a 2000 foi cerca de 26.000 m³, e com os programas de racionalização aplicados à universidade, foi reduzido 15.000 m³ nos anos de 2006 e 2007 (NAKAGAWA, 2009). Mendes (2006) reportou uma despesa anual da universidade com o gasto de água de R\$ 3.526.153,00, por 465.850 m³, em outras palavras, estes valores representavam um consumo médio per capita de 70 litros/hab.dia, uma média de R\$ 16,00 pessoa/mês.

O quarto exemplo é da Escola Politécnica da Universidade do Pernambuco, que obteve os dados referentes ao consumo de água dos meses compreendidos entre março de 2012 e abril de 2015, e para o período estudado o consumo médio *per capita* anual foi de 6,42 L/hab.dia, onde o menor e o maior valor mensal encontrados foram de 3,67 L/hab.dia e 10,06 L/hab.dia,

respectivamente. Comparando com trabalhos semelhantes, segundo Souza; Almeida; Sousa (2015), na Universidade Federal da Paraíba – UFPB, reportaram indicadores variando de 3,34 a 6,21 L/hab.dia.

4 METODOLOGIA

No sentido de construir um panorama geral de atendimento do abastecimento de água do *Campus* universitário da UFERSA Pau dos Ferros/RN, para a realização deste trabalho, foram consideradas a quantidade e os tipos de uso e ocupação de edificações de início de projeto, as atuais e as propostas futuras para o crescimento da infraestrutura da Universidade. Com isso, tal levantamento permitiu compreender as variações de consumo de água dos ambientes, para que se possa traçar as diretrizes de otimização e os cenários temporais do sistema de abastecimento de água do *Campus*.

Além disso, foi realizada a esquematização do sistema de distribuição de água do *Campus* universitário via *software* EPANET. Para tanto, sendo desenvolvida uma análise retroativa na caracterização da tipologia da rede, no reservatório de montante e na estimativa populacional da Universidade com ênfase no balanço de ingresso e egresso dos alunos ao longo dos semestres. Desta forma, através do uso de planilhas foi verificado o padrão de consumo de água das edificações com a finalidade de otimizar a reserva de água da universidade. Por fim, análises de conformidade de projeto foram aferidas, mediante os parâmetros de início, atual (2019, pois foi o último ano documentado de ingresso da população acadêmica) e cerca de 10 anos de funcionamento do *Campus* (2029, o que daria 20 anos do início de projeto).

4.1 Procedimentos metodológicos

As atividades desenvolvidas durante a pesquisa foram propostas a partir de revisões bibliográficas e artigos/trabalhos desenvolvidos com o mesmo eixo de temática, bem como os dados do projeto original de abastecimento do *Campus* para análise temporal do atendimento do sistema de abastecimento de água. Sugestões de cenários de otimização são propostas a fim de diminuir significativamente o consumo de água local, com a possibilidade de atenuar os gastos do *Campus* com as formas de abastecimento de água, na perspectiva de investimentos em outros setores sejam da infraestrutura ou administrativa, além da promoção da sustentabilidade.

A Figura 4 apresenta o fluxograma do desenvolvimento das etapas metodológicas da pesquisa para obtenção dos cenários de atendimento e otimização do abastecimento de água na UFERSA, campus Pau dos Ferros.

Figura 4 - Fluxograma metodológico geral



Fonte: Autora (2021).

4.1.1 Localização da área de estudo

O município de Pau dos Ferros/RN está localizado no semiárido brasileiro, mais especificadamente na mesorregião do oeste potiguar, distante aproximadamente 400 km da capital Natal/RN, com área de quase 260 km² e estimativa populacional de 30.600 habitantes para o ano de 2020 (IBGE, 2021).

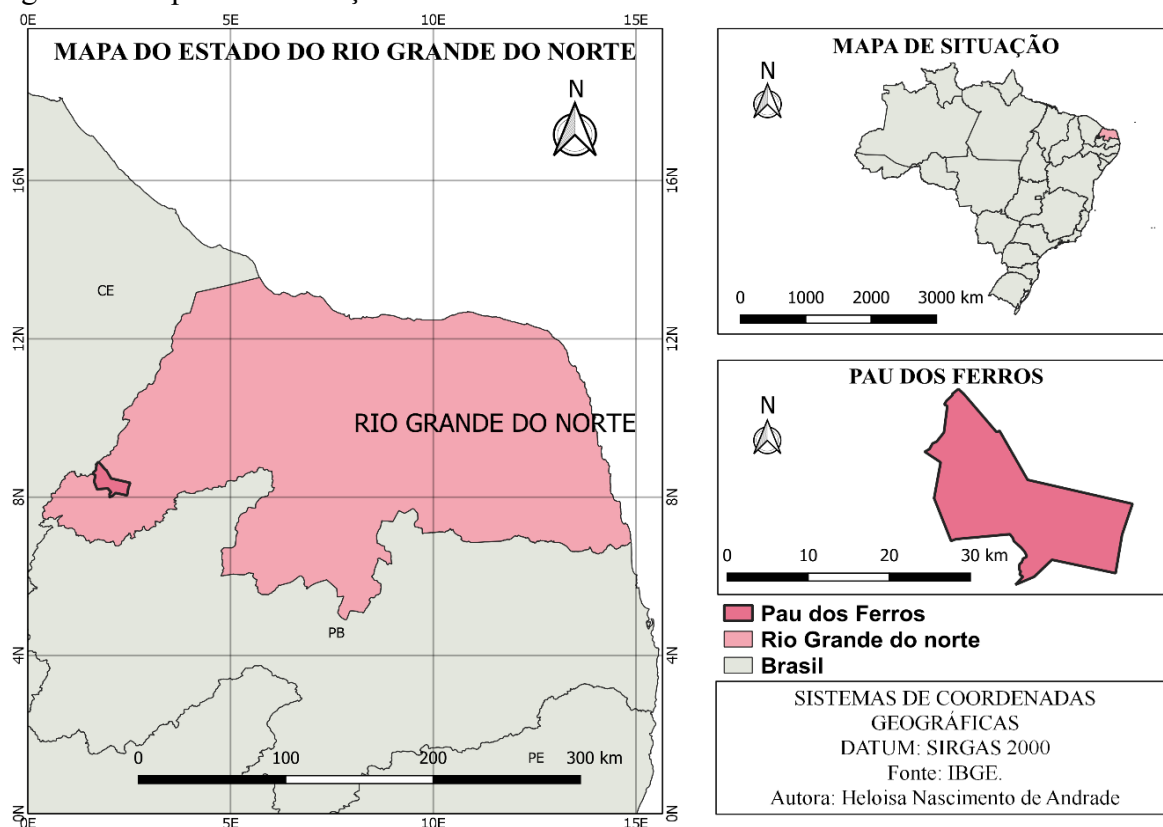
Possui temperaturas médias entre 32 e 35° Celsius, tem sua vegetação formada pela caatinga hiperxerófila, específica das áreas de clima seco que conseguem suportar grandes períodos de estiagem e típica do nordeste brasileiro, onde a região apresenta uma média pluviométrica que varia entre 200 a 800 mm ano (AB'SABER, 2003).

A geomorfologia do município é caracterizada através da depressão sertaneja e do planalto da Borborema. A depressão sertaneja é distinguida por uma superfície que predomina um relevo suave a ondulado, já o planalto da Borborema tem como características principais elevações residuais, cristas alongadas, serras e picos mais altos, formados por litologias mais resistentes a erosão (CPRM, 2017).

Segundo o Relatório anual de gestão (2019), o *Campus* teve sua implantação no ano 2012, com o objetivo de formar bacharéis em Ciência e Tecnologia e, posteriormente, em cursos de segundo ciclo de quatro engenharias. Após a entrada dos primeiros discentes em Ciência e Tecnologia, foi realizada uma repactuação sobre os cursos que a universidade ofertava, e foram abertas vagas para os novos cursos também de primeiro ciclo, tais como o Bacharelado em Tecnologia da Informação e Arquitetura e Urbanismo.

O município (Figura 5) encontra-se inserido na Bacia Hidrográfica do Rio Apodi-Mossoró, mais precisamente entre a latitude 6° 06' 33" Sul e longitude 38° 12' 6" Oeste. Boa parte da microrregião de Pau dos Ferros possui baixa densidade populacional, sendo que aproximadamente 82% desses municípios possui menos de 10 mil habitantes. Destaca-se Pau dos Ferros com a maior população, cerca de 27.745 habitantes e, a cidade de menor população o município de Viçosa, com aproximadamente 1.618 habitantes (IBGE, 2021).

Figura 5 - Mapa de localização de Pau dos Ferros/RN



Fonte: Autora (2021).

Vale salientar que em Pau dos Ferros o responsável pelo abastecimento de água da cidade é a Companhia de Águas, e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). Em meados até a metade do ano de 2015, a captação de água era realizada no Açude Dr. Pedro Diógenes; que

possui capacidade de 54 milhões de m³, porém, devido ao longo período de estiagem enfrentada nos últimos anos, no ano de 2015 ela atingiu-se o seu volume morto, ou seja, o nível de água não era mais suficiente para abastecer a cidade e a qualidade não atendia os parâmetros do Ministério da Saúde. Então, a cidade passou a ser abastecida pela barragem de Santa Cruz, localizada em Apodi/RN, por meio da adutora de engate rápido, onde a exploração é feita nos mananciais de superfície (CAERN, 2021).

4.1.2 Área de estudo e principais vias de acesso

O *Campus* Pau dos Ferros/RN conta atualmente com uma área de aproximadamente 0,100544 km² ou 100.544 m², além da estrutura física composta pelo bloco administrativo, bloco de salas de aula 1 e 2, dois blocos de laboratórios, dois blocos de professores, um bloco de tecnologia da informação, centro de convivência, biblioteca, almoxarifado, duas residências universitárias, restaurante universitário, guarita e garagem, além da quadra poliesportiva, usina solar, abrigo dos resíduos sólidos e estação de tratamento de esgotos que foram as ampliações mais recentes.

A Figura 6 construída pelo grupo de pesquisa e extensão da UFERSA, Acesso à Terra Urbanizada, ilustra como o *Campus* estava em 2019, onde o bloco de tecnologia da informação e a usina solar estavam em construção.

Continuando relação às principais vias e estradas de acesso ao *Campus* da UFERSA de Pau dos Ferros/RN, tem-se RN-177 e BR-405 vindo do próprio município. Outro acesso é por meio da BR-226 que ao leste interliga o município de Antônio Martins ao *Campus* e à oeste interliga as cidades de São Francisco do Oeste e Ererê (Figura 7). Com isso, verifica-se que o ramal do abastecimento de água do *Campus* é externo ao centro urbano do município.

Figura 6 - Mapa de localização UFERSA *Campus* Pau dos Ferros



Fonte: Acervo do projeto de pesquisa e extensão da UFERSA - Acesso à terra urbanizada (2019).

Figura 7 - Principais vias de acesso à UFERSA Campus Pau dos Ferros/RN



Fonte: Adaptado do Google Earth (2021).

4.1.3 Levantamento do SAA do *Campus*

A etapa do levantamento do sistema de abastecimento de água do *Campus* consiste em, primeiramente caracterizar a área de estudo a partir da coleta de dados do projeto original fornecidos pelo setor administrativo do *Campus*, assim como todos os dados documentados semestralmente da população acadêmica e de uso e ocupação do solo identificando todas as edificações, para que fosse possível realizar a caracterização completa do sistema em sua totalidade e atendendo as ampliações futuras.

A caracterização também se estende a utilização dos mapas de localização das instalações da infraestrutura do *Campus*, diagnosticando o sistema existente e as possíveis modificações prediais, seguida dos estudos demográficos de estimativas populacionais acadêmicas futuras em um horizonte de 10 anos.

As formas de abastecimento de água também são analisadas, sendo elas a concessionária estatal CAERN e emergencial, a solução complementar com a contratação dos carros pipa, tendo em vista os problemas de disponibilidade hídrica no contexto dos últimos anos.

4.1.3.1 Estudo populacional

Para prever a população futura optou-se por estimativas que utilizam modelos matemáticos, cujos parâmetros são obtidos a partir de dados conhecidos. O Quadro 2 relaciona os métodos matemáticos aritmético, geométrico e curva logística conforme informa (HELLER; PÁDUA, 2010).

Quadro 2 - Métodos de crescimento da projeção populacional

Métodos	Descrição	Taxa de crescimento	Equações
Aritmético	Crescimento populacional segundo uma taxa constante, utilizado para estimativas de menor prazo.	$K_a = \frac{dP}{dt}$	$P_{fut} = P_2 + K_a(t - t_2)$
Geométrico	Crescimento em função da população existente a cada instante, utilizado para estimativas de menor prazo.	$\frac{dP}{dt} = K_g P$	$P_{fut} = P_2 e^{K_g(t-t_2)}$

Métodos	Descrição	Taxa de crescimento	Equações
Curva Logística	O crescimento estabelece uma curva em forma de S, com a população tendendo assintoticamente a um valor de saturação.	$\frac{dP}{dt} = K_g P \left(1 - \frac{P}{K}\right)$	$P_{fut} = \frac{K}{1 + e^{a-b(t-t_0)}}$

Fonte: Adaptado do Heller e Pádua (2010).

Já o Quadro 3 representa a regressão matemática com a aplicação do método dos mínimos quadrados, referente a ABNT NBR 12211/1992, onde deve ser escolhida como curva representativa de crescimento futuro, a que melhor se ajustar aos dados censitários documentados. Para este trabalho em específico foi calculado o crescimento populacional através da regressão matemática em três linhas de tendência, sendo elas linear, exponencial e logarítmica.

Quadro 3 - Método da regressão da projeção populacional

Regressão Matemática	Variáveis básicas	Equações
Linear	$b = \frac{\sum(t - \bar{t})(P - \bar{P})}{\sum(t - \bar{t})^2}$ $a = \bar{P} - b\bar{t}$	$P_{fut} = a + bx$
Exponencial		$P_{fut} = ae^{bx}$
Logarítmica		$P_{fut} = b \ln(x) + a$

Fonte: Adaptado da NBR 12211/1992 (2010).

$\bar{P}$ e $\bar{t}$ representam a média da amostra da população e do tempo, respectivamente. As variáveis a e b irão identificar qual valor previsto da população futura (P_{fut}) para um determinado valor de tempo (t).

4.1.4 Registro das séries de consumos

Esta etapa metodológica utiliza todo o acervo de registro do *Campus* dos dados disponíveis nas planilhas eletrônicas do consumo mensal de água da CAERN, desde janeiro de 2015 até junho de 2020 (de acordo com a série histórica dos dados documentados do consumo) bem como dados referentes ao consumo e custos faturados com o abastecimento emergencial

de carros pipa entre 2019 e 2020, para que fosse possível verificar o padrão de consumo de água do *Campus*.

Com os dados referentes do consumo de água em m³ e dos respectivos custos anuais, pôde-se balancear ao longo dos anos o consumo médio de água que o *Campus* possui e, viabilizar a previsão de um horizonte de projeto pré-definido, de acordo com as possíveis ampliações, as quais podem interferir no projeto de acordo com o sistema em sua totalidade.

4.1.5 Concepções de dimensionamento do SAA

Etapa de estudo que engloba todas as diretrizes, critérios e parâmetros que caracterizam o projeto de SAA do *Campus* obtidos através dos documentos fornecidos pelo setor administrativo da universidade. Desta forma, a partir da identificação de todos os componentes do sistema, além dos estudos de concepção que englobam todos os fatores que podem interferir no projeto, para poder analisar a conformidade de dimensionamento em uma escala temporal e entender até que ponto ele atende as necessidades presentes e futuras.

4.1.5.1 Software EPANET

Para simulação do sistema de abastecimento de água foi utilizado o *software* EPANET 2.0 Brasil. Em uma primeira análise, a simulação efetuada foi direcionada para a avaliação do sistema de abastecimento previsto no projeto original, em um segundo momento para avaliação do sistema existente na área de estudo. Diante dessas análises e das informações coletadas referentes à totalidade do sistema com as previsões de ampliações, foram propostas simulações para cenários futuros de abastecimento de água do *Campus*.

O uso da ferramenta EPANET baseou-se na execução de simulações estáticas e dinâmicas relacionadas ao comportamento hidráulico de um sistema de abastecimento de água, onde são inseridos os dados de entrada de cada nó, indicando qual a cota e o consumo base (vazão) de cada ponto, também são inseridos os dados de entrada de cada trecho da tubulação entre os nós, indicando qual o seu comprimento, diâmetro e coeficiente de rugosidade e por fim deve-se inserir o dado do nível de água do reservatório. Para este estudo, tem-se uma rede ramificada de jusante com tubulações, conexões e acessórios. À montante, verifica-se em projeto reservatório de concreto armado de nível fixo com quatro câmaras. Dentre as multitarefas que o EPANET realiza, ele permite obter os valores da vazão em cada tubulação,

pressão em cada nó, altura da lâmina d'água no reservatório de nível fixo ou variável, subdivididos em múltiplos intervalos de cálculo.

4.1.5.2 Dimensionamento da rede ramificada de distribuição

Para dimensionar as redes ramificadas sendo conhecido o valor das vazões e o sentido do fluxo é estabelecido os diâmetros das tubulações. A partir dos dados de vazões, diâmetros, comprimentos dos trechos e os coeficientes de rugosidade, pode-se então calcular as perdas de carga nos variados trechos analisados. As cotas de pressão também podem ser obtidas em cada nó, partindo de um ponto de pressão conhecido que, normalmente, é o nível de água do reservatório que alimenta a rede.

Uma vez que as pressões obtidas são satisfatórias, o dimensionamento da rede está concluído. Mas caso seja possível, pode-se mudar a cota do nível de água do reservatório ou deve-se adotar novos diâmetros para a rede até que se atinjam os níveis de pressão satisfatórios.

Para a realização dos cálculos de dimensionamento da rede distribuição ramificada do *Campus*, é necessário atender as seguintes variáveis: vazões, perdas de carga, cotas do terreno, extensão dos trechos de tubulação entre os nós da rede e seus respectivos diâmetros, cotas piezométricas e de pressão, velocidade máxima e velocidade real. A seguir, o Quadro 4 resume todas as variáveis necessárias para se obter o dimensionamento completo da rede, indicando também quais as equações necessárias para cada grandeza encontrada (TSUTIYA, 2006).

Quadro 4 - Variáveis de projeto

Variáveis	Descrição	Equações
Vazão	Projeto*	$Q_3 = \frac{K_1 K_2 P q}{3600 h} + \sum_{i=1}^n Q_s$
	Marcha	$q_m = \frac{Q_3}{\sum_{i=1}^n L_{tubulações}}$
	Jusante	$Q_{jusante} = \sum_{i=1}^n Q_{montante}$
	Montante	$Q_{montante} = q_m + Q_{jusante}$
	Fictícia	$Q_f = \frac{q_m}{\sqrt{3}}$
		$Q_f = \frac{Q_{montante} + Q_{jusante}}{2}$

Variáveis	Descrição	Equações
Perda de carga unitária	Hazen-Williams	$J = 10,65 \frac{Q_f^{1,85}}{C^{1,85} D^{4,87}}$
Cota do terreno	Montante	De acordo como é observado o projeto topográfico do ambiente em estudo.
	Jusante	
Perda de carga	m.c.a	$DH = J L_{tubulações}$
Cota piezométrica	Montante	$CP_{montante} = \sum CP_{jusante}$
	Jusante	$CP_{jusante} = CP_{montante} - DH$
Cota de pressão	Montante	$P_{montante} = CP_{montante} - Cota_{terreno_montante}$
	Jusante	$P_{jusante} = CP_{jusante} - Cota_{terreno_jusante}$
Velocidade	Máxima**	$V_{máx} = 0,6 + 1,5D \leq 2,0 \text{ m/s}$
	Real	$V = \frac{4Q_f}{\pi D^2}$

Fonte: Adaptado do Tsutiya (2006).

*Parâmetros adotados de K₁ Coeficiente do dia de maior consumo (1,20) e K₂ Coeficiente da hora de maior consumo (1,50), pois esses parâmetros estão de acordo com as informações levantadas em projeto (Memorial descritivo da rede de esgotos do *Campus*, 2011).

** Porto (1998) define a velocidade máxima de acordo com a fórmula cima, mas vale salientar que a NBR 12218/1992 sugere que a velocidade mínima seja de 0,6 m/s e a máxima de 3,5 m/s, todavia, verificou-se que esses critérios levam a velocidades excessivas, de modo que dificultasse realizar a distribuição das vazões ao longo dos trechos.

4.1.6 Cenários de otimização

Na última etapa deste trabalho verificaram-se as formas de abastecimento do consumo de água do *Campus*, com a finalidade de sugerir possibilidades de otimização do consumo de água. Diante dos cenários, o melhor é o que visa diminuir a taxa de consumo, onde o objetivo principal é conseguir manter uma lâmina d'água constante no reservatório de modo que apenas ela seja suficiente para manter a demanda do abastecimento do *Campus*, não sendo necessária a compra de abastecimento emergencial por meio dos carros pipa, para que então possa reduzir custos com abastecimento de água diante da promoção do uso racional e da regularização de vazões a partir do reservatório de água, dessa forma, gerando retornos financeiros para investimentos em outros setores.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Sistema de abastecimento de água da UFRSA *Campus* Pau dos Ferros/RN

5.1.1 Caracterização do sistema de abastecimento do *Campus*

O sistema de abastecimento de água do *Campus* de acordo com o projeto original é composto por uma rede ramificada de 600,5 m em material de PVC divididos em diâmetros de 50 mm e 100mm, e foi previsto para uma população de projeto de 10.160 pessoas, sendo 9.700 alunos e 460 servidores em geral. Com relação aos acessórios foi utilizado curva 45° PVC PBA Ø 100mm, curva 90° PVC PBA Ø 100mm, cruzeta com redução PVC PBA Ø 100x50mm, CAP PVC PBA Ø 50mm, tê PVC PBA Ø 50mm, tê PVC PBA Ø 100x50mm e tê PVC PBA Ø 100x50mm mais redução Ø 100x50mm.

Além disso, os coeficientes de variação de consumo utilizados foram, $K1 = 1,20$ (dia de maior consumo) e $K2 = 1,50$ (hora de maior consumo), e o consumo *per capita* foi de 10 L/hab.dia para os alunos e 80 L/hab.dia para os servidores, gerando uma vazão de projeto (Q3) de 2,02 L/s para os alunos e 0,76 L/s para os servidores.

A infraestrutura do projeto piloto está descrita na Tabela 2, apresentando os pontos que foram previstos para as edificações iniciais da UFRSA *Campus* Pau dos Ferros/RN, sendo verificadas a existência de 13 edificações em uso.

Quadro 5 - Infraestrutura do Campus no início de projeto

Pontos	Edificações
1	Guarita
2	Biblioteca
3	Administração
4	Central de Aulas A
5	Central de Aulas B
6	Central de Aulas TI e Computação
7	Sala de professores I
8	Salas de professores II
9	Centro de Convivência
10	Laboratório I
11	Laboratório II
12	Almoxarifado
13	Garagem

Fonte: Autora (2021).

O fornecimento de água ocorre através de um reservatório com capacidade de 100 m³ operado pela Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte – CAERN. Para contabilização da água a CAERN opera um macromedidor, logo após a saída da água do reservatório existente.

Entretanto, no ano de 2019 a CAERN mostrou-se insuficiente para atender a demanda do *Campus*, e foi necessário a partir de então contratar os serviços dos carros pipa para suprir a necessidade. Até o último registro documentado do setor de finanças do *Campus*, até março de 2020 foi contratado serviço emergencial de água através dos caminhões pipa da cidade, fato que gerou custos onerosos.

A Figura 8 ilustra o projeto inicial para o abastecimento de água da universidade, desenvolvido pela empresa Emprotec no ano de 2011, sendo utilizada a rede ramificada, onde a cota mais elevada está a 220,5 m da superfície terrestre e a mais baixa está a 213 m. Além disso, foi projetado 1 hidrômetro (macromedidor) disposto para as aferições da CAERN e 1 reservatório com 4 câmaras de 25.000 litros para atender o abastecimento, com localização ao lado da guarita. Porém, atualmente, existe outro hidrômetro instalado no restaurante universitário, pois a fatura de água do RU é paga através da empresa terceirizada responsável pelo consumo de água da edificação.

Figura 8 - Projeto inicial do abastecimento de água da UFRSA Campus Pau dos Ferros/RN



Fonte: Emprotec (2011).

A estrutura administrativa do *Campus* é composta pelos seguintes setores: Secretaria da Direção, Gestão de Pessoas, Contabilidade e Finanças, Compras e Contratos, Almoxarifado e Patrimônio, Arquivo e Protocolo, Infraestrutura, Setor de Atendimento Multidisciplinar (composto pelos serviços de Pedagogia, Psicologia, Nutricional, Social e Esportivo), Biblioteca, Secretaria Acadêmica e Laboratórios Multidisciplinares. O total de vagas para docentes do CMPF é de 79, porém devido a redistribuição, vacância e remoção, somente 75 estão ocupados e 42 servidores técnicos-administrativos (RELATÓRIO ANUAL DE GESTÃO – 2019).

A edificação mais recente que foi construída no ano passado foi a quadra poliesportiva que teve a ordem de serviço assinada no dia 14 de janeiro de 2020 (Figura 9).

Figura 9 - Imagem aérea atual do *Campus* universitário



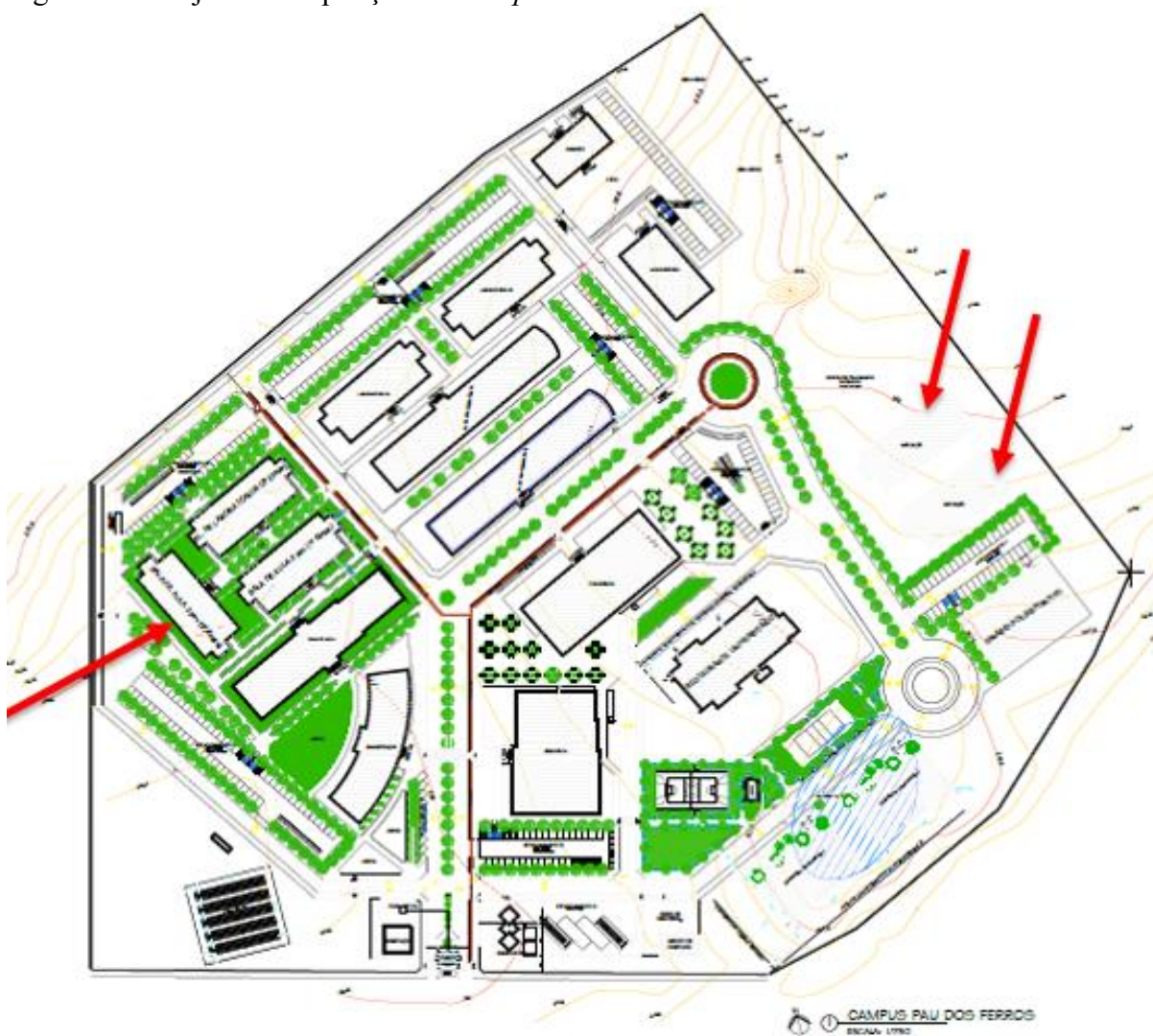
Fonte: Google Earth (2021).

Ao realizar um balanço geral da infraestrutura do projeto inicial e atual, pode-se afirmar que o *Campus* teve um aumento de aproximadamente 30% com a construção das quatro novas edificações. Tal fato pode interferir diretamente no abastecimento de água do *Campus* em evidência, onde foram construídas as duas residências universitárias, um restaurante universitário e uma quadra poliesportiva. Essas edificações demandam quantidades de água para suas condições de serviços, as quais refletem no consumo em diferentes tipos de uso e

ocupação, sobretudo, no caráter residencial da vila acadêmica e comercial do restaurante universitário, com consumos *per capita*s superiores.

Nos últimos meses tem-se a construção do abrigo dos resíduos sólidos, e a projeção futura para o crescimento da infraestrutura do *Campus*, é o planejamento da instalação de usinas solares nos tetos de algumas edificações. O acesso e a pavimentação à quadra poliesportiva, contemplando a moradia e restaurante universitário, além das demais ampliações de novas edificações que estão dispostas na Figura 10 a seguir.

Figura 10 - Projeto de ampliação do *Campus* universitário



Fonte: Adaptado da UFERSA (2021).

O sistema de abastecimento de água deve acompanhar a evolução do crescimento das instalações. Após quatro ampliações da infraestrutura do *Campus*, será necessário que a rede ramificada seja atualizada para atender as novas demandas dos novos prédios.

A Figura 11 a seguir ilustra esta realidade, indicando quais os possíveis novos traçados na rede de abastecimento de água, onde foi contabilizado mais 377 m de tubulações variando o diâmetro em 50 e 100mm, de material PVC PBA, além de CAP PVC PBA Ø 50mm, tê PVC PBA Ø 100mm, tê PVC PBA Ø 100x50mm.

Com isso, será importante redimensionar a rede de distribuição para o futuro (horizonte de 10 anos, pois seria justamente o horizonte de projeto das ampliações do *Campus*), acompanhando o avanço do *Campus*, de acordo com a construção das novas edificações que já estão previstas em três ampliações, para que a rede ramificada possa atender as novas demandas. A Figura 12 a seguir mostra esta rede futura, indicando quais os novos caminhos que a rede de abastecimento de água da universidade irá percorrer, sendo identificados a partir do contexto atual do *Campus* mais 146 m de tubulação PVC PBA distribuída nos diâmetros de 50 e 100mm, com os acessórios de curva 90° PVC PBA Ø 100mm, CAP PVC PBA Ø 50mm, tê PVC PBA Ø 100mm, tê PVC PBA Ø 100x50mm.

Figura 11 - Rede ramificada atual do *Campus*



Fonte: Adaptado da Emprotec (2021).

Figura 12 - Rede ramificada futura do *Campus*



Fonte: Adaptado da Emprotec (2021)

5.1.2 Previsão populacional acadêmica

É muito importante que as obras de sistema de abastecimento de água atendam a população atual e aquela acrescida a partir do desenvolvimento demográfico. O tempo deste processo de crescimento é denominado de alcance de projeto ou horizonte de projeto.

O *Campus* foi inaugurado em 2012 e contava apenas com o curso de Ciência e Tecnologia e inicialmente com um total de 142 alunos matriculados pelo SiSU. Hoje, a forma de ingresso no *Campus* Pau dos Ferros é através do SiSU, que a cada semestre ele possibilita a entrada de 200 alunos, sendo divididos em três cursos no CMPF: Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia (80 vagas), interdisciplinar em Tecnologia da Informação (80 vagas) e Arquitetura e Urbanismo (40 vagas). Além destes, encontram-se os cursos de segundo ciclo: Engenharia Civil (30 vagas), Engenharia de Computação (30 vagas), Engenharia Ambiental e Sanitária (30 vagas) e Engenharia de *software* (30 vagas).

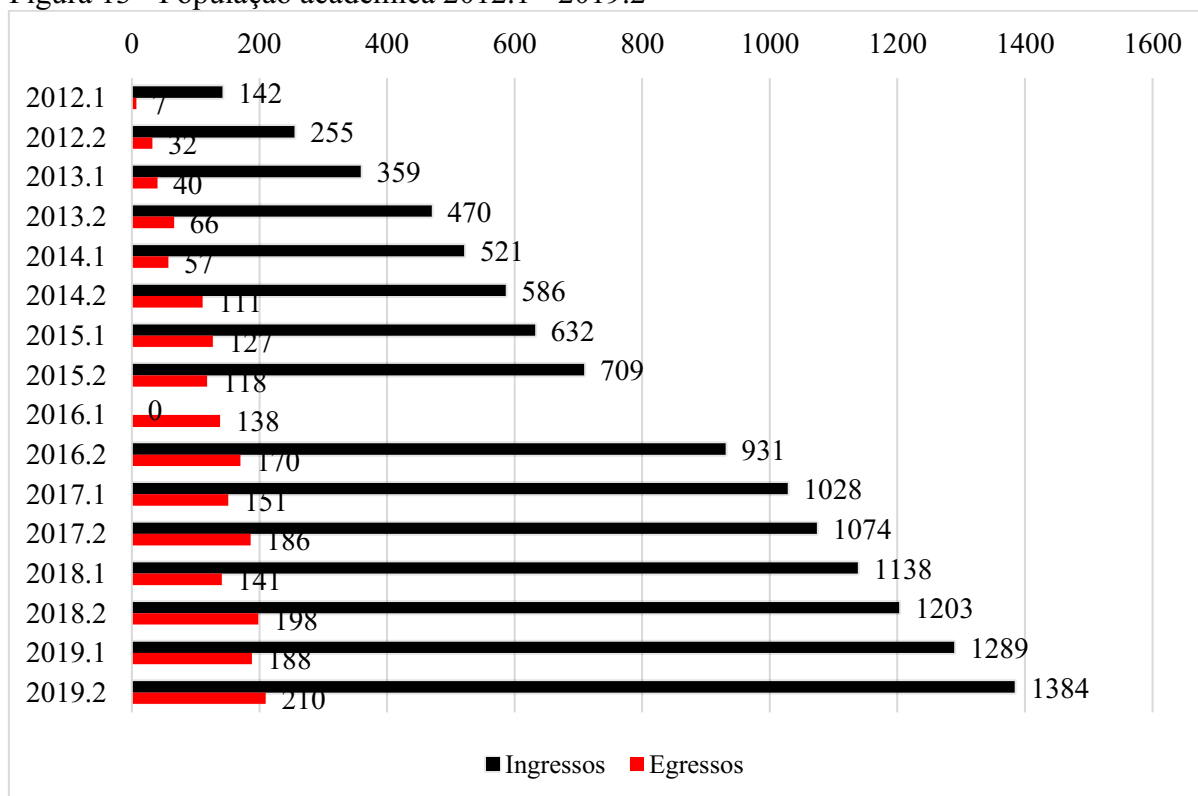
Para a pesquisa foram realizadas as projeções para população dos discentes, muito embora, tem-se outras populações pertencentes, que é a dos servidores públicos (professores, técnicos, terceirizados), pois, torna-se irrelevante para os cálculos de dimensionamento da rede, tendo em vista que o número de servidores é muito menor do que o de alunos, sendo assim a solução foi estimar um valor arbitrário para estes no futuro.

A Figura 13 mostra como se desencadeou o crescimento acadêmico de discentes ao longo dos anos de 2012.1 a 2019.1, tanto dos alunos que se matricularam em cada semestre como também da parcela dos egressos. Outrossim, ressalta-se que o número de docentes, técnicos administrativos e servidores terceirizados tem aumentado neste período.

Vale salientar que, especialmente no semestre 2016.1, o número de matriculados não foi contabilizado devido o tempo de paralização decorrido de uma greve pela universidade que teve duração de 6 meses, sendo então notificados apenas os casos de egressos.

Ao realizar uma análise a partir dos dados referentes dos alunos que, semestralmente se matricularam na universidade e os egressos por diversos motivos, seja por abandono, cancelamento espontâneo ou judicial, concludente, falecimento, novo vestibular, transferência, dentre outros, a Figura 8 retrata graficamente o crescimento populacional linear do *Campus* ao longo dos anos, em comparação às variações com os alunos que deixaram a universidade.

Figura 13 - População acadêmica 2012.1 - 2019.2



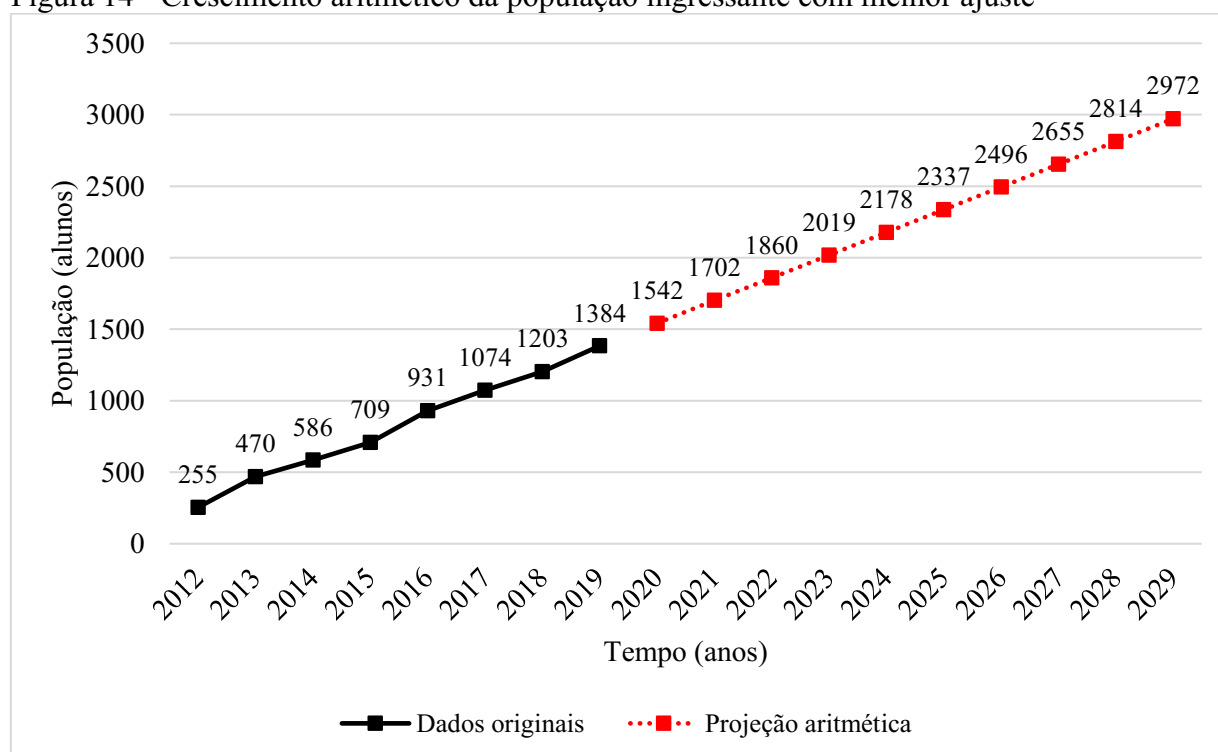
Fonte: DRE – Divisão do Registro Escolar (2019).

Neste trabalho a estimativa do estudo populacional foi desenvolvida para o horizonte de projeto de 10 anos, quase 20 anos após a sua implementação. O estudo realizado foi baseado em quatro formas de projeções populacionais, o método aritmético, geométrico, da curva logística e da regressão envolvendo algumas das suas classificações (linear, logarítmica e exponencial). Uma vez possuindo os dados da população acadêmica que se matricula e saída dos alunos ao decorrer dos anos de funcionamento, pôde-se projetar o crescimento da população até o ano de 2029, bem como escolher o melhor método de ajuste.

O método aritmético baseia-se na suposição de que a população aumentará sob a forma de uma progressão linear constante. A Figura 14 indica os resultados que se obteve para o cálculo das populações futuras utilizando os dados populacionais dos dois últimos anos registrados (2018 e 2019), a partir da sequência de dados históricos de 2012.

Para a realização deste método também foi utilizado o método dos mínimos quadrados, de maneira a encontrar a melhor reta de acordo com o conjunto de dados disponíveis, minimizando a soma quadrática das diferenças entre o valor estimado e os dados observados, com o auxílio do suplemento do MS EXCEL chamado Solver. Os resultados desta estimativa indicaram população para o horizonte de projeto de 2972 alunos, com melhor coeficiente angular de 158,83.

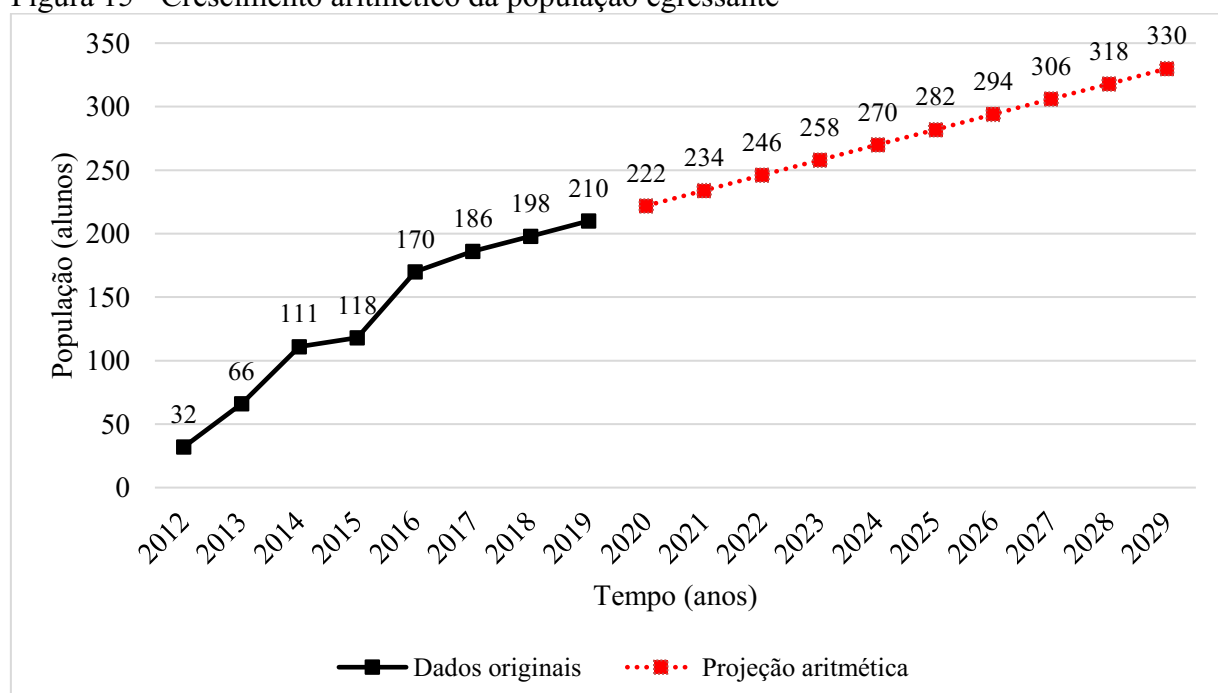
Figura 14 - Crescimento aritmético da população ingressante com melhor ajuste



Fonte: Autora (2021).

De maneira análoga, o mesmo procedimento de cálculo foi aplicado para análise da população que deixa o *Campus* ao longo dos anos, pode-se obter os resultados apresentados na Figura 15. Para o caso dos egressos, a população para o alcance de projeto foi de 330 alunos.

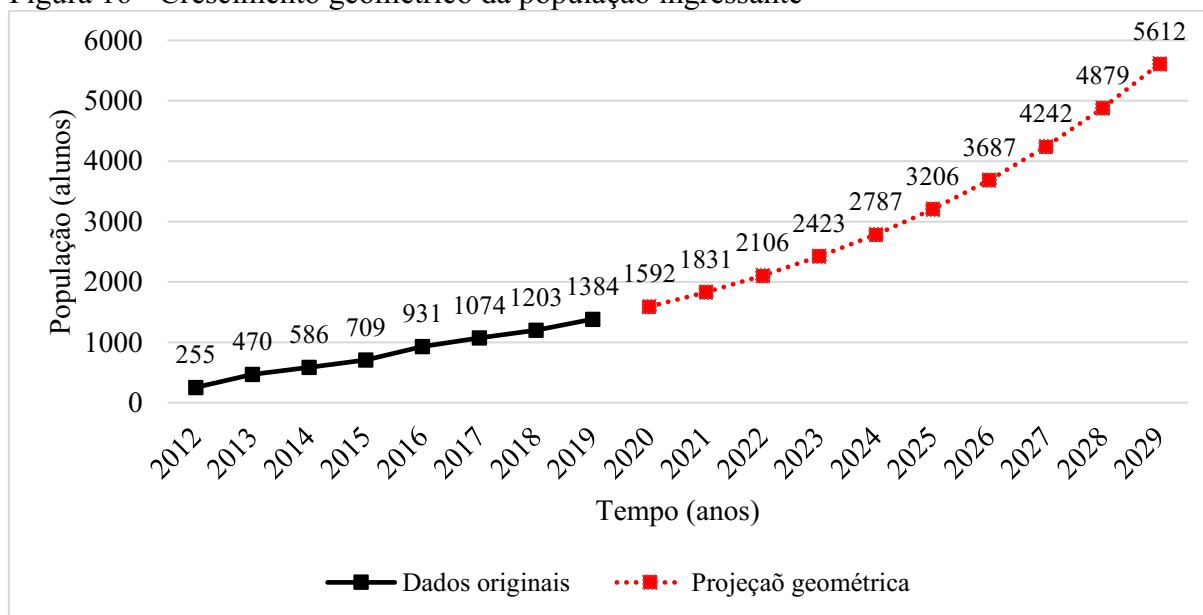
Figura 15 - Crescimento aritmético da população egressante



Fonte: Autora (2021).

O método geométrico considera para iguais períodos de tempo, a mesma taxa de aumento da população. Para a realização dos cálculos serão utilizados os dados da população dos dois últimos anos registrados (2018 e 2019) da série histórica disponível, conforme ilustra a Figura 16. Para este caso, a população para o alcance de projeto foi de 5612 alunos.

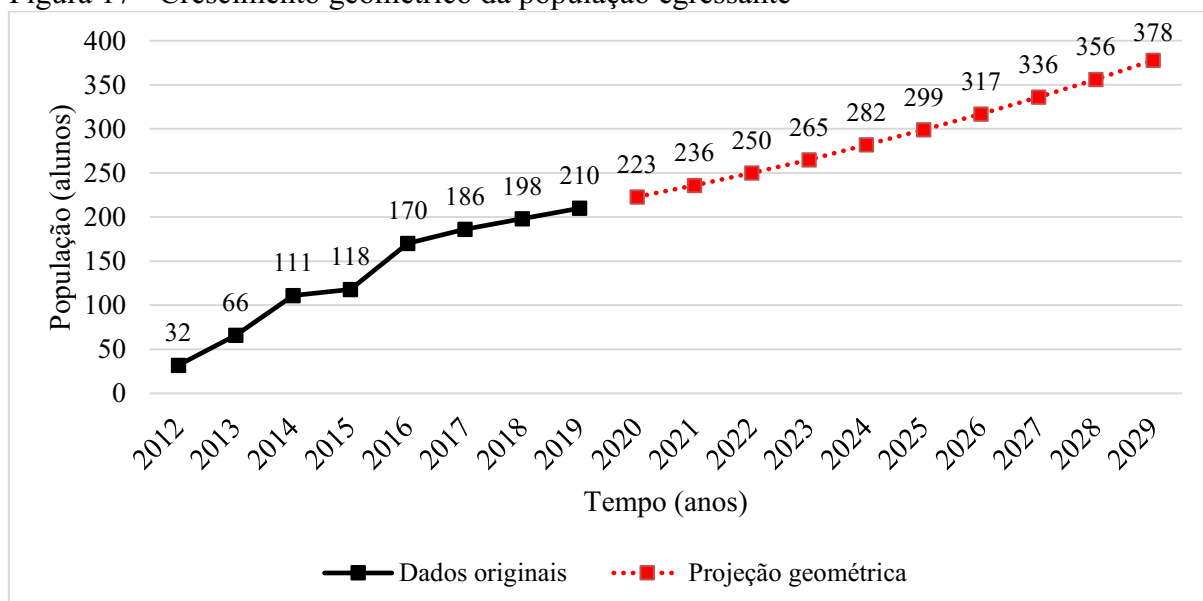
Figura 16 - Crescimento geométrico da população ingressante



Fonte: Autora (2021).

O crescimento dos alunos que saem do *Campus* para o método geométrico, resultou na Figura 17. A população para o alcance de projeto foi de 378 alunos egressos.

Figura 17 - Crescimento geométrico da população egressante



Fonte: Autora (2021).

A curva logística leva em consideração que, a população cresce assintoticamente em função do tempo para um valor limite de saturação, possuindo uma tendência de desaceleração.

Inicialmente foi estimada a projeção necessariamente dos alunos que ingressam no *Campus*. Logo, precisa-se de três pontos da curva igualmente espaçados, e os escolhidos são a população dos anos de 2015, 2017 e 2019, como descreve a Tabela 2 a seguir.

Tabela 2 - População ingressante para o método da curva logística

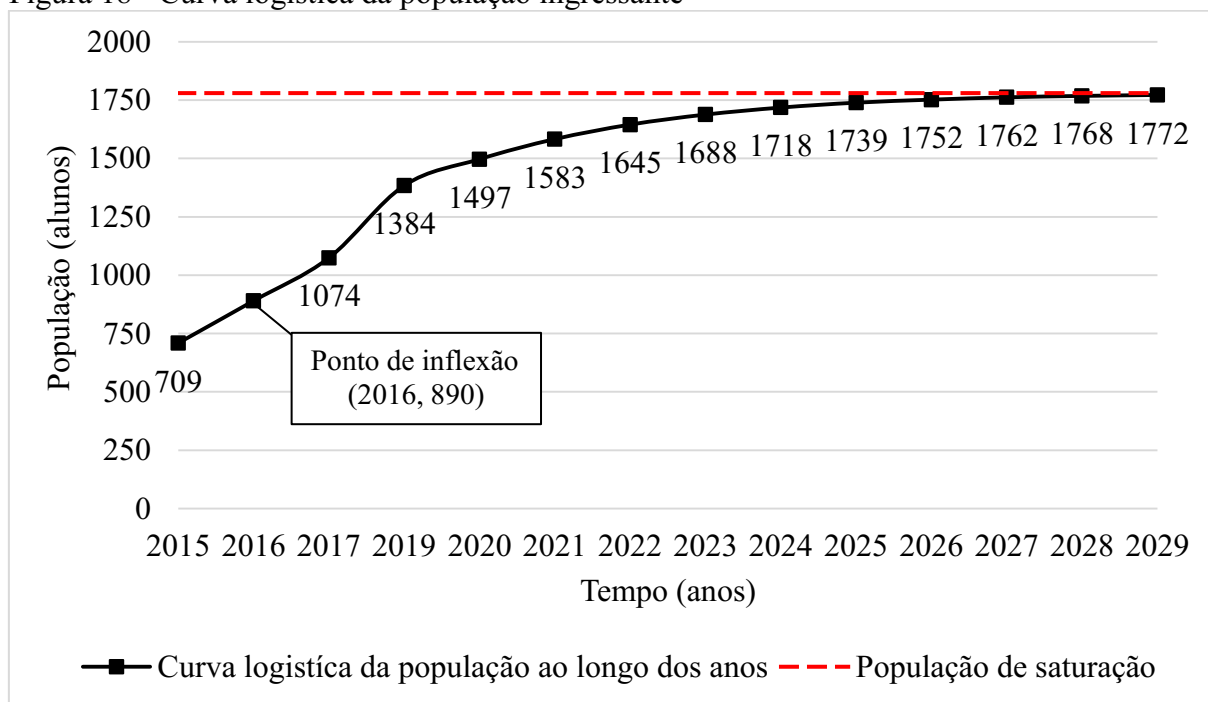
Ano referência	População
P0 (ano de 2015)	709 habitantes
P1 (ano de 2017)	1074 habitantes
P2 (ano de 2019)	1384 habitantes

Fonte: Autora (2021).

A Figura 18 informa os resultados das estimativas populacionais para a curva logística. Verificou-se que o ponto de inflexão da curva aconteceu no ano de 2016 referente a população de 890 alunos. Este ponto sobre a curva representa o momento em que a curvatura troca de sinal, ou seja, a curvatura muda a concavidade para cima (positiva) para concavidade para baixo (negativa).

O crescimento logístico embora racional para o cálculo de muitas populações, expõe um valor limite de população; ou seja, a população de saturação (K), que não se ajusta ao comportamento de ingressantes neste caso. Apesar de ser uma estimativa de melhor ajuste quando comparada ao crescimento geométrico, o qual superestima os ingressos, a curva logística, reflete resultados em que o comportamento do crescimento populacional é quase estacionário, desacelerando seguido por um desenvolvimento constante. Essa projeção estende-se até à faixa da população de saturação ($K=1780$ alunos), onde a população tende a se estabilizar, assumindo uma curva em forma de S.

Figura 18 - Curva logística da população ingressante



Fonte: Autora (2021).

Pode-se afirmar que através do método da curva logística, a população de alunos do *Campus* estimada para o ano de 2029 (horizonte de 10 anos) será de 1772 habitantes.

Na perspectiva da previsão logística é interessante realizar os cálculos para a projeção dos alunos egressantes do *Campus*. De maneira análoga, a estimativa ingressante, também foi escolhido os três pontos da curva igualmente espaçados, dos alunos de 2015, 2017 e 2019, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - População egressante para o método da curva logística

Ano referência	População
P0 (ano de 2015)	118 habitantes
P1 (ano de 2017)	186 habitantes
P2 (ano de 2019)	210 habitantes

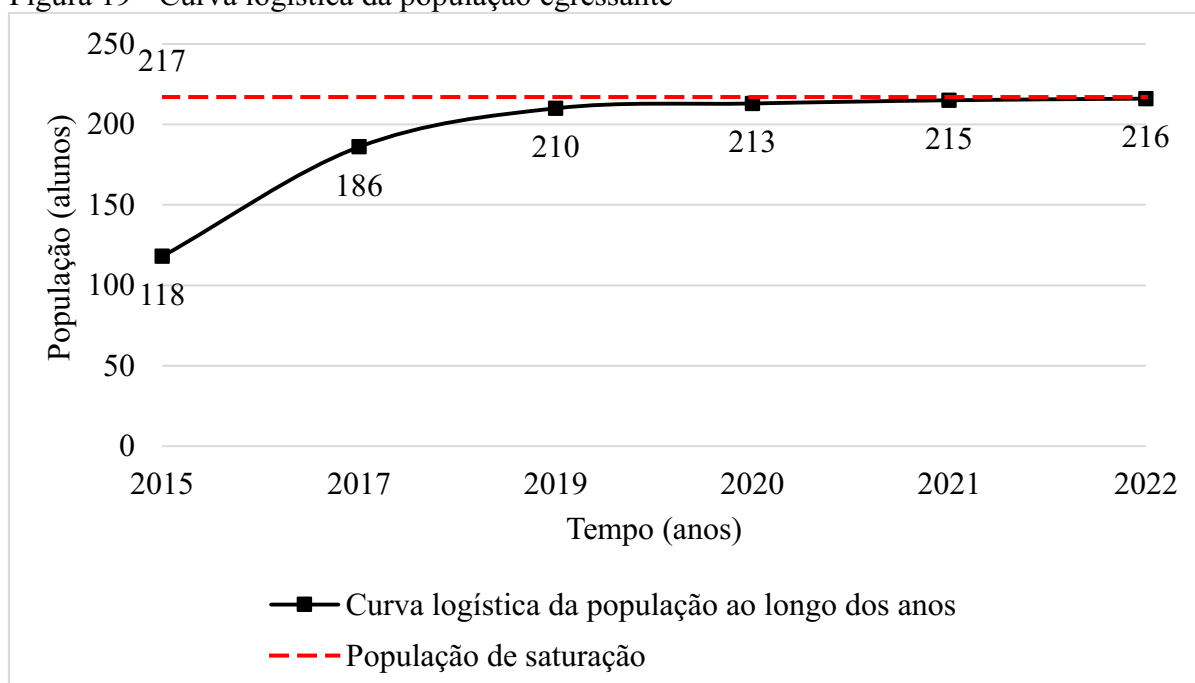
Fonte: Autora (2021).

Vale ressaltar que, por apresentar intervalo de dados curto com pequena escala de variação populacional, o ponto de inflexão mostrou-se irrelevante para a construção da curva S. A curva tende a se estabilizar quando o desenvolvimento da população se aproxima da faixa da população de saturação ($K=217$ alunos).

Outro resultado importante refere-se ao indicativo de, em menos de 10 anos (horizonte de projeto proposto nesta pesquisa), a população tem tendência próxima ao ponto de saturação, sendo necessários apenas 3 anos para que isto acontecesse.

De acordo com a maneira que funciona o crescimento logístico (Figura 19), o ponto de inflexão aconteceu no ano de 2014 com a população de aproximadamente 108 alunos, e ao decorrer do desenvolvimento dos cálculos, praticamente toda população até chegar no ano de 2029 assumiu um valor constante de 216 alunos, e é por este motivo que especialmente para este caso foi adotado apenas os três anos de alcance de projeto, que foi o primeiro ano que começou a aferir este valor.

Figura 19 - Curva logística da população egressante



Fonte: Autora (2021).

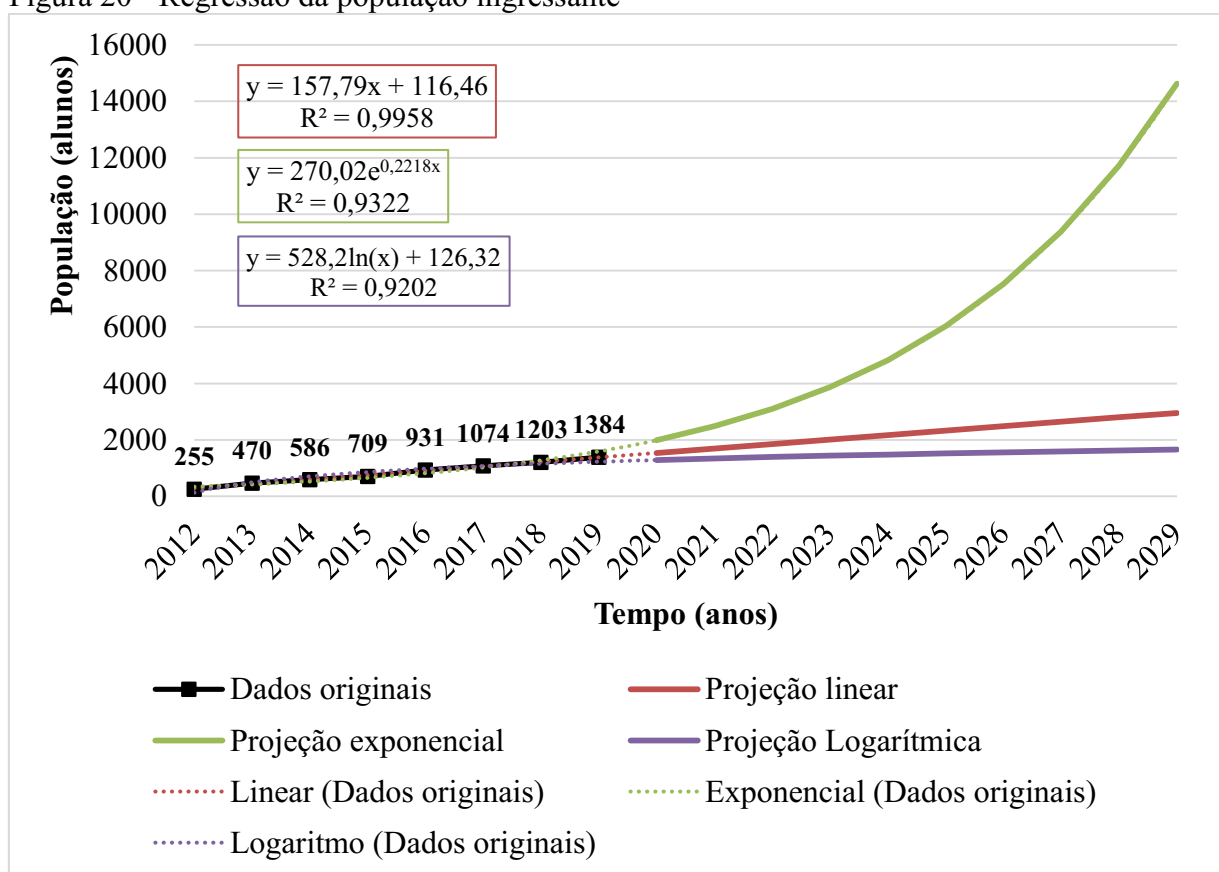
Quanto as estimativas populacionais pelas variações do método de regressão, também foi calculado o banco de dados dos alunos ingressantes e egressantes. Este método visualiza as maiores tendências que as variáveis analisadas apresentam de acordo com os dados originais e, para esta pesquisa, foram divididas nas tendências: linear, exponencial e logarítmica. O cálculo é desenvolvido a partir de uma relação linear existente entre as variáveis X e Y, ou seja, o tempo e população. A Tabela 4 e a Figura 20 apresentam todos os resultados das regressões para o horizonte de projeto analisado da população ingressante.

Tabela 4 - Regressão populacional ingressante

Tempo (anos)	Original	Linear	Exponencial	Logaritmo
2012	255	274	337	126
2013	470	432	420	492
2014	586	590	525	706
2015	709	747	656	858
2016	931	905	818	976
2017	1074	1063	1022	1073
2018	1203	1221	1275	1154
2019	1384	1379	1592	1225

Fonte: Autora (2021).

Figura 20 - Regressão da população ingressante



Fonte: Autora (2021).

Ao analisar todas as formas de regressão representadas, nota-se que a regressão exponencial destoia significativamente do crescimento natural que se pode observar com os dados originais entre 2012 à 2019, tal qual a progressão geométrica apresentada. A regressão logarítmica também não é a que melhor representa o crescimento, pois ela começa a declinar

com o passar dos anos, em outras palavras, significa dizer que o número de egresso seria superior àqueles que ingressam regularmente.

Já a regressão linear é a que mais se ajusta ao crescimento populacional dos dados reais descritos. Tal fato pode ser evidenciado devido ao seu coeficiente de correlação linear de população e tempo, o qual foi o maior calculado, de $R^2 = 0,9958$, indicando que o crescimento das variáveis possui forte correlação positiva.

Outro fator que indica a tendência linear ser o melhor ajuste representativo do crescimento populacional, é a partir da análise dos erros de cada projeção quando comparados com os dados originais dos alunos cadastrados ao longo dos anos. A Tabela 5 apresenta a esquematização das estimativas de erros, realizados a partir do somatório das diferenças dos valores de cada regressão (linear, exponencial e logaritmo) com valores reais da população de cada ano.

Tabela 5 - Erros da regressão populacional ingressante

Regressão	Linear	Exponencial	Logaritmo
Erro	159	691	674

Fonte: Autora (2021).

O menor erro encontrado foi o da regressão linear, portanto, pode-se afirmar que a projeção que melhor representa o crescimento da população acadêmica dos alunos ingressantes da UFRSA *Campus* Pau dos Ferros é o ajuste linear. Este resultado está em concordância com os métodos antes citados e desenvolvidos, pois a melhor projeção da evolução populacional dos alunos da universidade é o método aritmético.

Este dado quando comparado com as estimativas populacionais descritas no item anterior, comprova que para a população atingir o alcance de 9700 alunos, de acordo com o método que se mostrou mais adequado para o crescimento da população acadêmica (método aritmético), vai demorar cerca de aproximadamente 50 anos.

Os cálculos da regressão para os egressos do *Campus* de acordo com os dados originais, indicam os valores descritos na Tabela 6 e as curvas ajustadas Figura 16.

Tabela 6 - Regressão populacional egressante

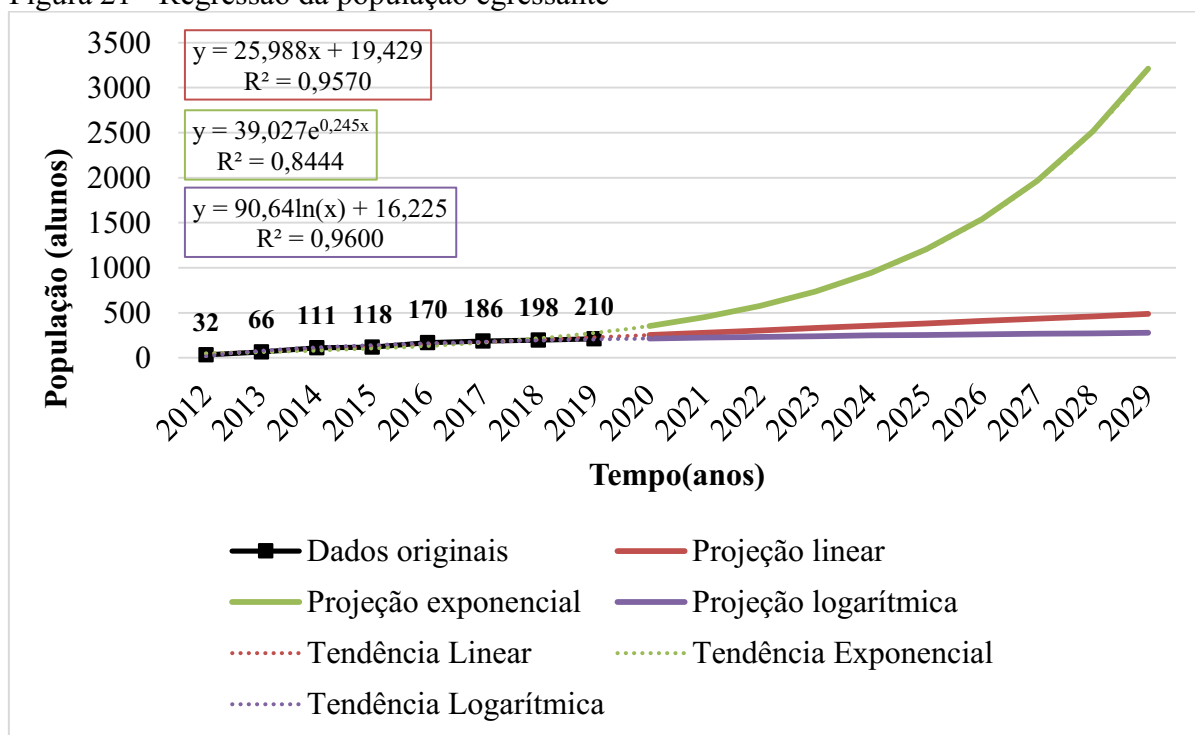
Tempo (anos)	Original	Linear	Exponencial	Logaritmo
2012	32	45	50	16
2013	66	71	64	79
2014	111	97	81	116

Tempo (anos)	Original	Linear	Exponencial	Logaritmo
2015	118	123	104	142
2016	170	149	133	162
2017	186	175	170	178
2018	198	201	217	192
2019	210	227	277	205

Fonte: Autora (2021).

De acordo com o coeficiente R^2 , a regressão que melhor representa o crescimento populacional dos egressos é a logarítmica, com o valor de 0,96 (Figura 21). Porém, também serão analisados os seus erros de cada regressão quando comparados com os dados originais dos alunos. A Tabela 7 indica as estimativas de erros, realizados a partir da subtração dos valores de cada regressão (linear, exponencial e logaritmo) com valores reais da população de cada ano.

Figura 21 - Regressão da população egressante



Fonte: Autora (2021).

Tabela 7 - Erros da regressão populacional egressante

Regressão	Linear	Exponencial	Logaritmo
Erro (pontos)	89	203	85

Fonte: Autora (2021).

O menor erro calculado foi o da regressão logarítmica. Portanto, pode-se afirmar que a projeção que melhor representa o crescimento da população acadêmica dos egressos da UFERSA *Campus* Pau dos Ferros é a curva logística, com tendência a desaceleração e de alcançar patamar de discentes que não terão mais atividade a serem desenvolvidas no *campus*, sobretudo, os formandos. Tal indicação está diretamente relacionada com o crescimento constante dos egressos, das desistências, dos trancamentos, das mudanças de universidade, dentre outros motivos.

De acordo com toda explanação das previsões futuras do balanço dos alunos que entram e saem dos cursos de graduação do *Campus*, pode-se notar que o método aritmético é o que melhor se ajusta a reta de crescimento da população acadêmica ingressante e o método da curva logística é o que melhor define os egressos do *Campus*.

A partir das projeções tem-se a Tabela 8, mostrando que de acordo com a indicação dos melhores métodos de ajustes para a população do *Campus*, pode-se afirmar que a população no ano de 2029 será de 2972 discentes, com a taxa de egressos em 216 alunos que deixam o *Campus*, o que trará um impacto significativo no atendimento do consumo de água.

Tabela 8 - Crescimento populacional dos 4 métodos apresentados

Tempo (Anos)	Aritmético		Geométrico		C. Logística		Regressão ingressos.			Regressão egressos.		
	Ing.	Egr.	Ing.	Egr.	Ing.	Egr.	Lin.	Exp.	Log.	Lin.	Exp.	Log.
2020	1542	222	1592	223	1497	213	1536	1987	1287	253	354	215
2021	1702	234	1831	236	1583	215	1694	2481	1342	279	452	225
2022	1860	246	2106	250	1645	216	1852	3097	1392	305	578	233
2023	2019	258	2423	265	1688	216	2010	3866	1439	331	738	241
2024	2178	270	2787	282	1718	216	2168	4826	1481	357	943	249
2025	2337	282	3206	299	1739	216	2325	6025	1520	383	1205	255
2026	2496	294	3687	317	1752	216	2483	7521	1557	409	1539	262
2027	2655	306	4242	336	1762	216	2641	9389	1590	435	1967	267
2028	2814	318	4879	356	1768	216	2799	11720	1623	461	2513	273
2029	2972	330	5612	378	1772	216	2956	14631	1653	487	3211	278

Fonte: Autora (2021).

5.2 Consumo de água da UFERSA *Campus* Pau dos Ferros/RN

Com relação ao consumo de água da UFERSA *Campus* Pau dos Ferros/RN, seguem os dados registrados desde 2015 do abastecimento proveniente da concessionária estadual, conforme a Tabela 9:

Tabela 9 - Consumo x Custos do Campus com a CAERN

Tempo (Anos)	Consumo (m³)	Total da fatura (R\$)
2015	1837	12.091,76
2016	1049	6.812,37
2017	928	6.155,11
2018	2100	18.111,27
2019	2307	20.893,93
Jul/2020	983	8.978,44
TOTAL	9204	R\$ 73.042,88

Fonte: UFERSA (2020).

O ano que se destacou foi 2019, com um consumo de 2.307 m³ (2.307.000 litros) gerando uma fatura equivalente a R\$ 20.893,93. Quando se analisa a população acadêmica deste período, de 1384 alunos e, relaciona o consumo *per capita* da concepção do projeto original que foi de 10 L/hab.dia, o consumo seria de aproximadamente 2770 m³, apenas para os discentes, fora os 1872 m³ referentes aos servidores públicos, ou seja, a CAERN neste ano não teve como atender toda demanda de água do *Campus*.

Outro fator que gerou estes resultados foi que, em setembro de 2019, o açude da cidade de Pau dos Ferros entrou em colapso. Desta forma, retomando-se a utilização por meio de rodízios da adutora de engate rápido da Barragem de Santa Cruz, comprometendo por alguns dias na semana o abastecimento local do *Campus* (CAERN, 2021).

Por estes motivos, ainda no ano de 2019, foi necessário um abastecimento emergencial de água do *Campus*, e para tanto, contratou-se os serviços dos carros pipa para suprir as necessidades. De acordo com a Tabela 10, tem-se o consumo referente ao ano de 2019 e os três primeiros meses de 2020.

Tabela 10 - Consumo x Custos do *Campus* com o carro pipa

Tempo (Anos)	Consumo (m ³)	Total da fatura (R\$)
2019	334,947	99.088,40
Mar/2020	115,000	29.179,80
TOTAL	530,947	R\$ 128.268,20

Fonte: UFERSA (2020).

É interessante realizar uma breve comparação do abastecimento emergencial com a CAERN. Pois, pode-se verificar que o consumo de água via a contratação de carros pipa no ano de 2019, foi de aproximadamente 335 m³ com custo de R\$ 99.088,40, e o menor consumo registrado no banco de dados informados da CAERN foi de 928 m³ equivalente a R\$ 6.155,11. Comparando os custos referentes aos menores consumos de cada forma de abastecimento, pode-se afirmar que a CAERN é quase 94% econômica que os carros pipa, mesmo consumindo aproximadamente 65% a mais em consumo de água em m³.

Alguns fatores que podem interferir no consumo de água são as condições climáticas do município de Pau dos Ferros/RN, pois devido ao local de estudo possuir temperaturas médias entre 32 e 35 °C, estes tipos de regiões por serem mais quentes e secas naturalmente consomem mais água e as precipitações pluviométricas anuais estão na faixa de 200 e 800mm (AB'SABER, 2003).

Outro fator são os hábitos da população, em outras palavras, a educação ambiental de cada indivíduo, que é perfeitamente analisada quando se eleva o nível de conhecimento de uma pessoa, eleva-se também os hábitos de higiene, e conseqüentemente aumenta-se o consumo *per capita* de água. Além do crescimento do *Campus* influenciar diretamente no aumento do consumo, pois com a construção do restaurante universitário e residências universitárias o consumo de água cresceu significativamente entre os anos de 2017 a 2019.

5.3 Conformidades de projeto no atendimento de água da UFERSA Campus Pau dos Ferros/RN

Segundo a ABNT NBR 12211/1992 em relação as partes de um sistema, o pré-dimensionamento dessas partes e o relacionamento entre elas devem garantir o abastecimento contínuo, sanitariamente seguro e sob condições de operação aceitáveis, em qualquer etapa prevista de implantação do sistema. Neste sentido, o redimensionamento para os cenários de atendimento foi realizado em três etapas, analisando o atendimento da rede de distribuição do

Campus para o projeto inicial, para os dias atuais (2019) e 17 anos após implementação (2029), para atender as futuras ampliações de infraestrutura.

Cada etapa foi dividida em dois dimensionamentos separados, de acordo como foi realizado o dimensionamento inicial da rede ramificada do *Campus* descrita pela empresa que fez o projeto, sendo um referente à vazão dos alunos e o outro a vazão dos servidores públicos.

5.3.1 Atendimento inicial

O projeto inicial da rede de abastecimento de água do *Campus* foi realizado por intermédio da empresa Emprotec no ano de 2011, e para fins de comparação dos resultados reais obtidos com esta pesquisa, foi dimensionada toda rede ramificada com os dados do projeto inicial.

Inicialmente, o atendimento verificado foi baseado na vazão de projeto da população acadêmica, descrita pela Emprotec em 9700 alunos futuros, com vazão de projeto de 2,02 L/s. Para tanto, foram utilizadas planilhas eletrônicas quanto ao desenvolvimento de todos os cálculos que estão detalhados no APÊNDICE A, e para efeito comparativo dos resultados da planilha, simulações foram aplicadas no *software* EPANET 2.0 (Figura 22).

De acordo com o dimensionamento realizado para toda a rede, pode-se comprovar que as pressões foram atendidas em todos os pontos, sendo o mais favorável com pressão de 13,82 m.c.a com cota de 217 m. O ponto mais desfavorável com pressão dinâmica de 11,27 m.c.a e cota de 220 m. Todos os diâmetros foram dimensionados com 50 e 100 mm, e a extensão total da rede foi de 600,5 m.

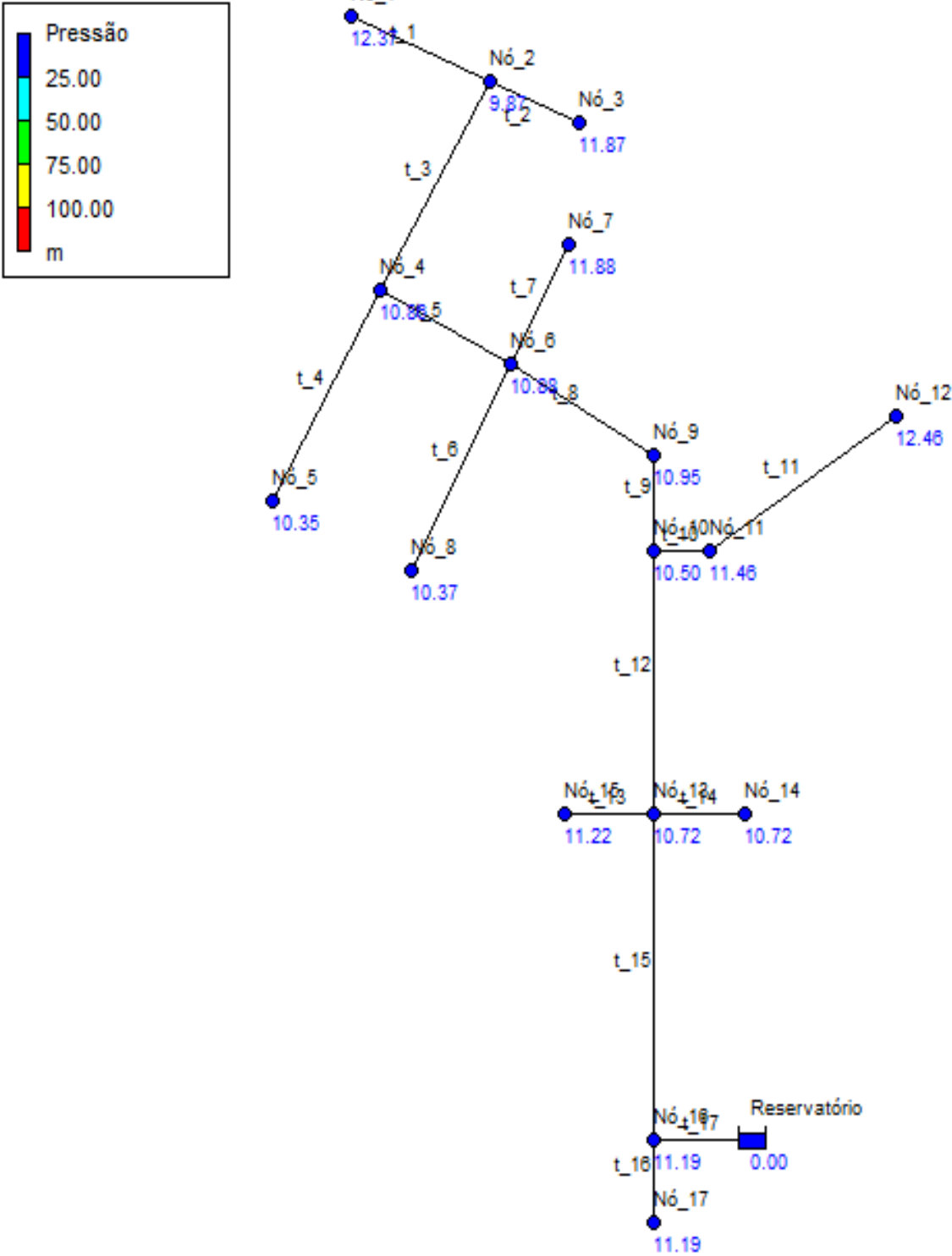
Para todos os cálculos, baseou-se na condição mais desfavorável em termos de pressão estática, adotando para o sistema elevatório do *Campus* uma lâmina mínima d'água de 1 m.c.a, pois o reservatório está localizado em uma cota de 220 m, e foi projetado para ser construído com uma estrutura de 10,3 m de altura, respeitando as condições sugeridas na NBR 12218/1994 onde a pressão estática máxima nas tubulações deve ser de 50 m.c.a (sem escoamento), e a pressão dinâmica mínima, de 10 m.c.a (com escoamento).

De maneira similar, outra simulação foi desenvolvida para o dimensionamento utilizando a vazão referente aos 460 servidores públicos previstos, com vazão de projeto de 0,76 L/s, elucidados na Figura 23.

O detalhamento de todos os cálculos está descrito no APÊNDICE A. O dimensionamento para a vazão de projeto referente aos servidores públicos também se mostrou

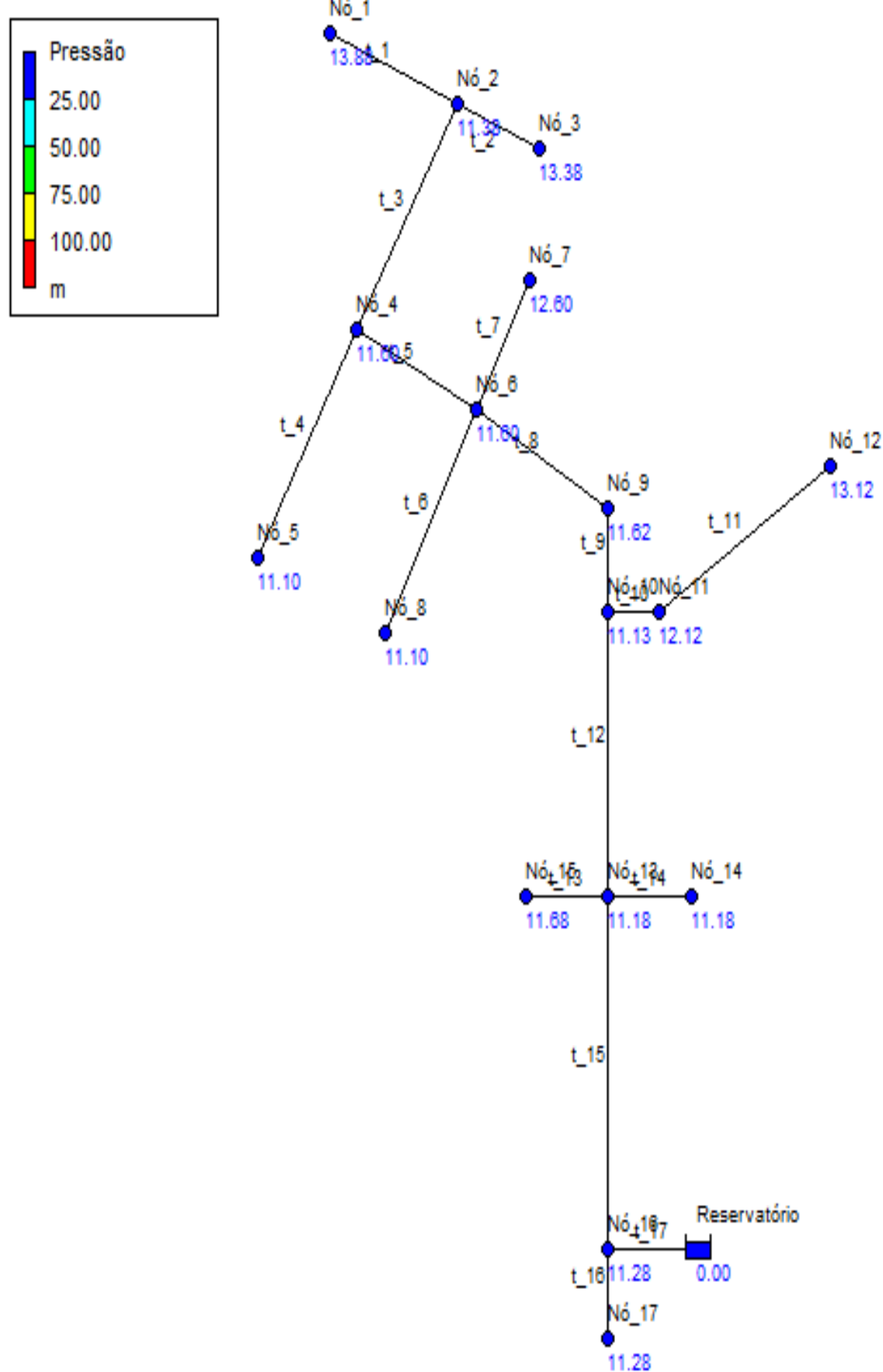
satisfatório quanto as velocidades nas tubulações, aos níveis de pressões encontrados em cada nó da rede, sendo a pressão dinâmica no ponto mais favorável de 14,20 m.c.a e o ponto mais desfavorável de 11,29 m.c.a.

Figura 22 - Dimensionamento inicial (vazão população acadêmica)



Fonte: Autora (2021).

Figura 23 - Dimensionamento inicial (vazão servidores públicos)



Fonte: Autora (2021).

5.3.2 Atendimento atual (2019)

Para o cenário atual, foi realizado o dimensionamento da rede de distribuição de água do *Campus*, analisando como está o desempenho do sistema mesmo depois de seu crescimento em termos populacionais e de infraestrutura ao longo de sete anos. Entretanto, o sistema de abastecimento de água do *Campus* nos dias de hoje não possui informações documentadas das efetuações das novas ligações em edificações recentes, logo, a questão da extensão da rede está passível a ajustes além dos traçados sugeridos nesta pesquisa.

De acordo com o traçado proposto, a rede ramificada obteve extensão de aproximadamente 975 m divididos em diâmetros de 50 e 100 mm. Todos os cálculos foram desenvolvidos para o ano de 2019, que é o último ano que possui dados documentados do número de alunos e servidores públicos, sendo respectivamente, 1384 alunos e vazão de 0,28 L/s. A Figura 24 ilustra a esquematização da rede ramificada atual do *Campus*.

Todo detalhamento dos cálculos desenvolvidos está descrito no APÊNDICE B. A respeito dos parâmetros de pressão, todos os pontos foram atendidos, onde o ponto mais favorável de cota 217m obteve uma pressão dinâmica de 14,30 m.c.a e o ponto mais desfavorável de cota 220m aferiu a pressão de 11,29 m.c.a.

O reservatório para este dimensionamento também foi operado para uma lâmina d'água de 1 m.c.a, lembrando que a lâmina d'água dentro de 1 célula de 25.000 L pode chegar a uma altura de até 5,2 m, como ilustra o ANEXO A.

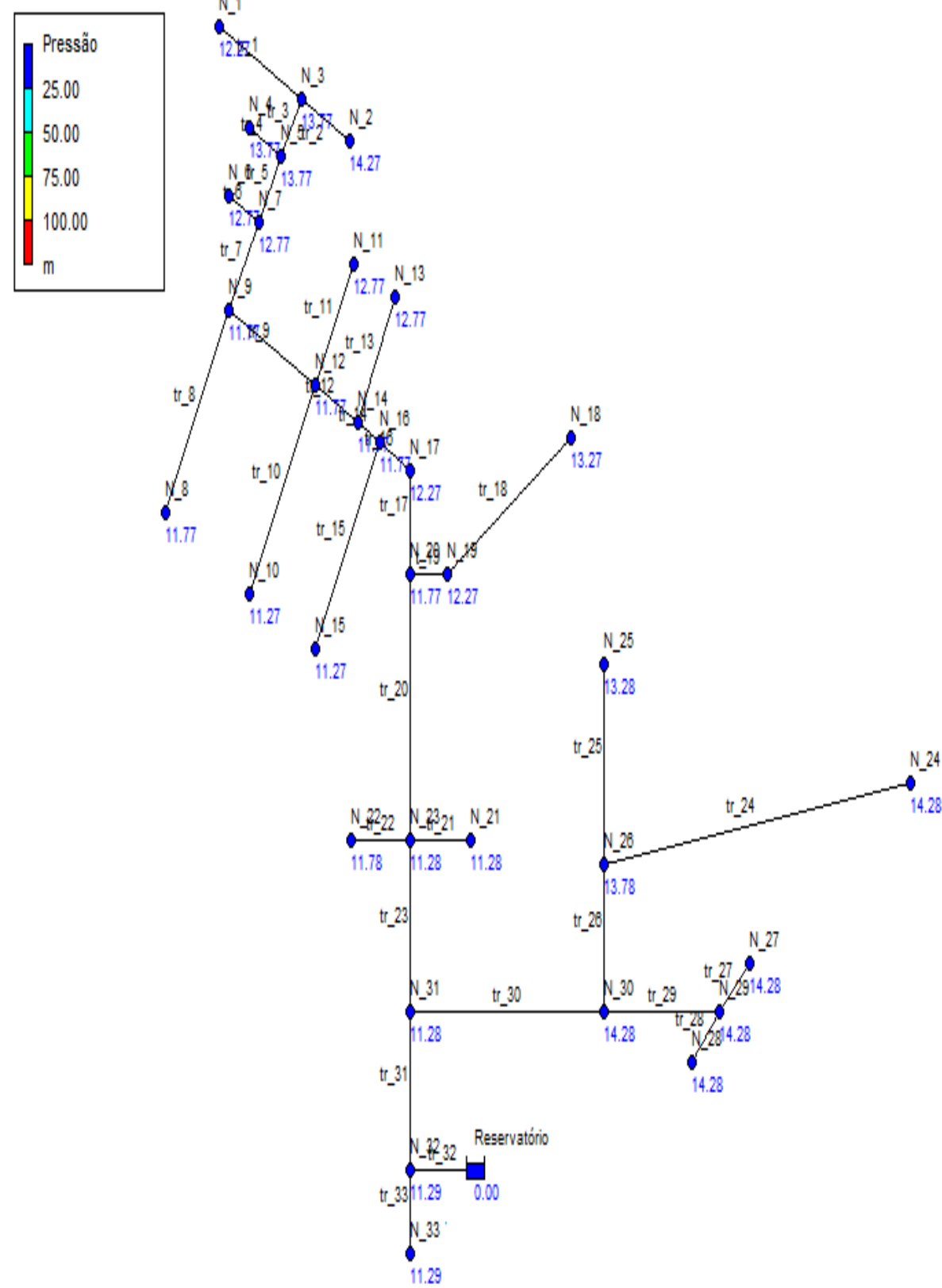
Analogamente, foi dimensionada a rede atual para a vazão de protejo referente dos 117 servidores públicos (75 docentes e 42 servidores técnicos-administrativos), de 0,19 L/s, como ilustra a Figura 25 a seguir.

Para os servidores públicos atualmente, a rede ramificada do *Campus* também atende os parâmetros e condições de projeto hoje em dia encontradas. De modo geral, pode-se afirmar que a rede ramificada do *Campus* atualmente atende as conformidades de projeto, independente da vazão que for utilizada em projeto, são atendidos os níveis de velocidade, pressão, e de maneira análoga a pressão dinâmica no ponto mais favorável foi também de 14,30 m.c.a e o ponto mais desfavorável foi de 11,29 m.c.a.

Diagrama de rede hidráulica com 33 nós (N_1 a N_33) e 31 trechos (tr_1 a tr_31). A rede é alimentada por um reservatório no nó N_32 com pressão de 0.00 m. Um gradiente de pressão é mostrado no canto superior esquerdo, variando de 25.00 m (azul) a 100.00 m (vermelho). Os valores de pressão em cada nó são exibidos em azul.

63

Figura 25 - Dimensionamento atual (vazão servidores públicos)



Fonte: Autora (2021).

5.3.3 Atendimento futuro (2029)

O último dimensionamento foi realizado para a rede de distribuição de água futura do *Campus*, com a finalidade de analisar como se cumprirá o funcionamento da rede ramificada mesmo depois do crescimento do *Campus* em um horizonte de 10 anos do atendimento atual, ou seja, para o ano de 2029. Para o prosseguimento dos resultados, a melhor estimativa populacional acadêmica escolhida foi o método aritmético, com cerca de 2972 alunos e vazão de projeto de 0,61 L/s.

De acordo com o traçado proposto (passível a mudanças das extensões e posições das tubulações), a rede ramificada obteve uma extensão de aproximadamente 1118 m divididos em diâmetros de 50 e 100mm.

A Figura 26 ilustra a esquematização da rede ramificada futura do Campus para a vazão da população acadêmica.

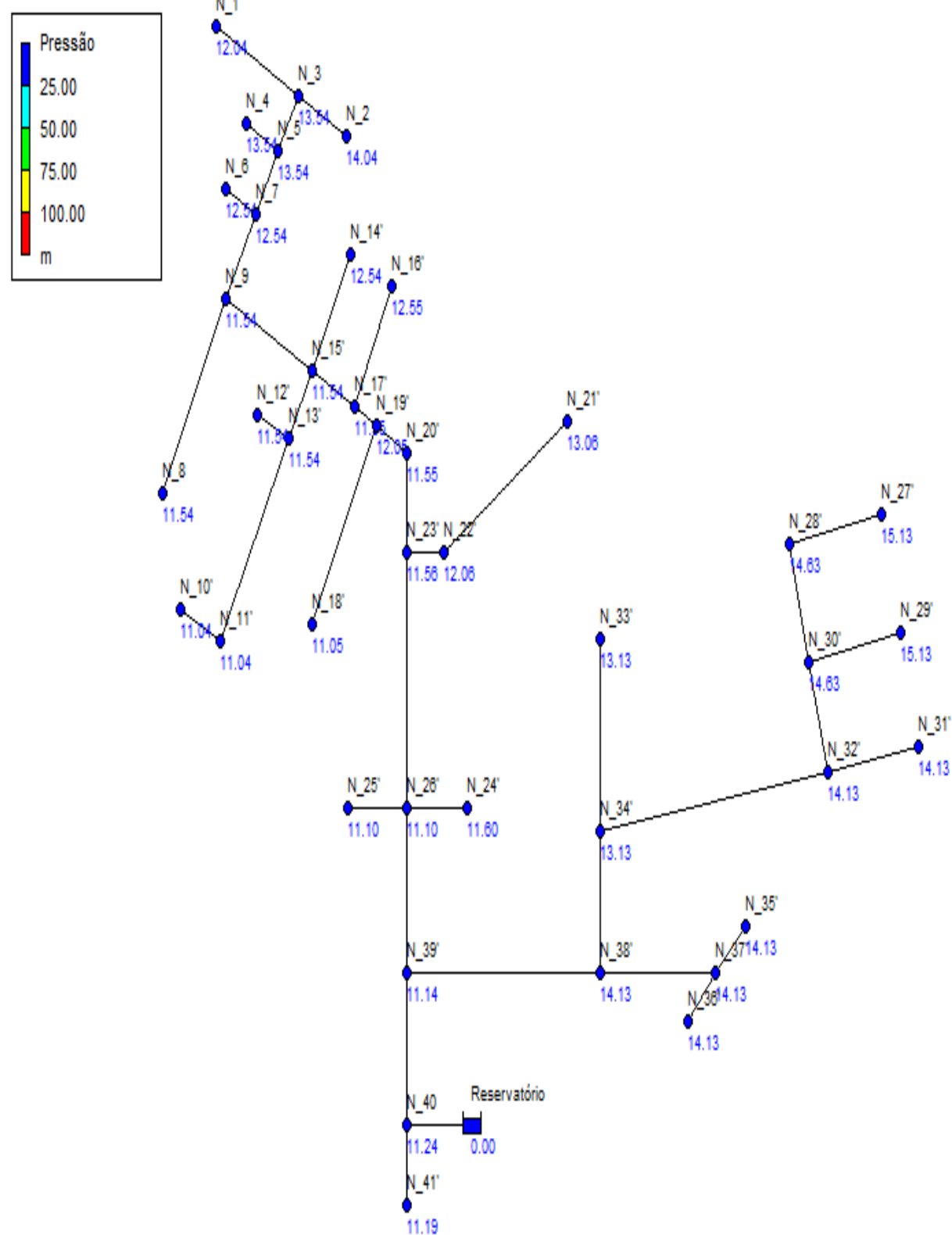
Segundo o dimensionamento realizado para toda a rede futura, com análise da vazão dos alunos do *Campus*, pode-se comprovar que as pressões foram atendidas em todos os pontos, sendo eles o mais favorável com pressão dinâmica de 15,29 m.c.a, o maior valor encontrado nas três projeções, pois é justamente a cota mais favorável de todas, de 216 m, e o ponto mais desfavorável com pressão de 11,25 m.c.a e cota de 220 m. Todo detalhamento dos cálculos desenvolvidos está descrito no APÊNDICE C.

Analogamente, foi dimensionada a rede para a vazão de protejo referente ao valor arbitrário de 200 servidores públicos, com 0,33 L/s, como ilustra a Figura 27 abaixo.

Os resultados gerais para a rede dimensionada com a vazão alusiva aos servidores públicos também se demonstraram satisfatórios quanto as cotas de pressão encontradas, sendo o nó mais favorável de cota 216 m e pressão dinâmica de 15,30 m.c.a e o mais desfavorável de cota 220 m com pressão de 11,28 m.c.a.

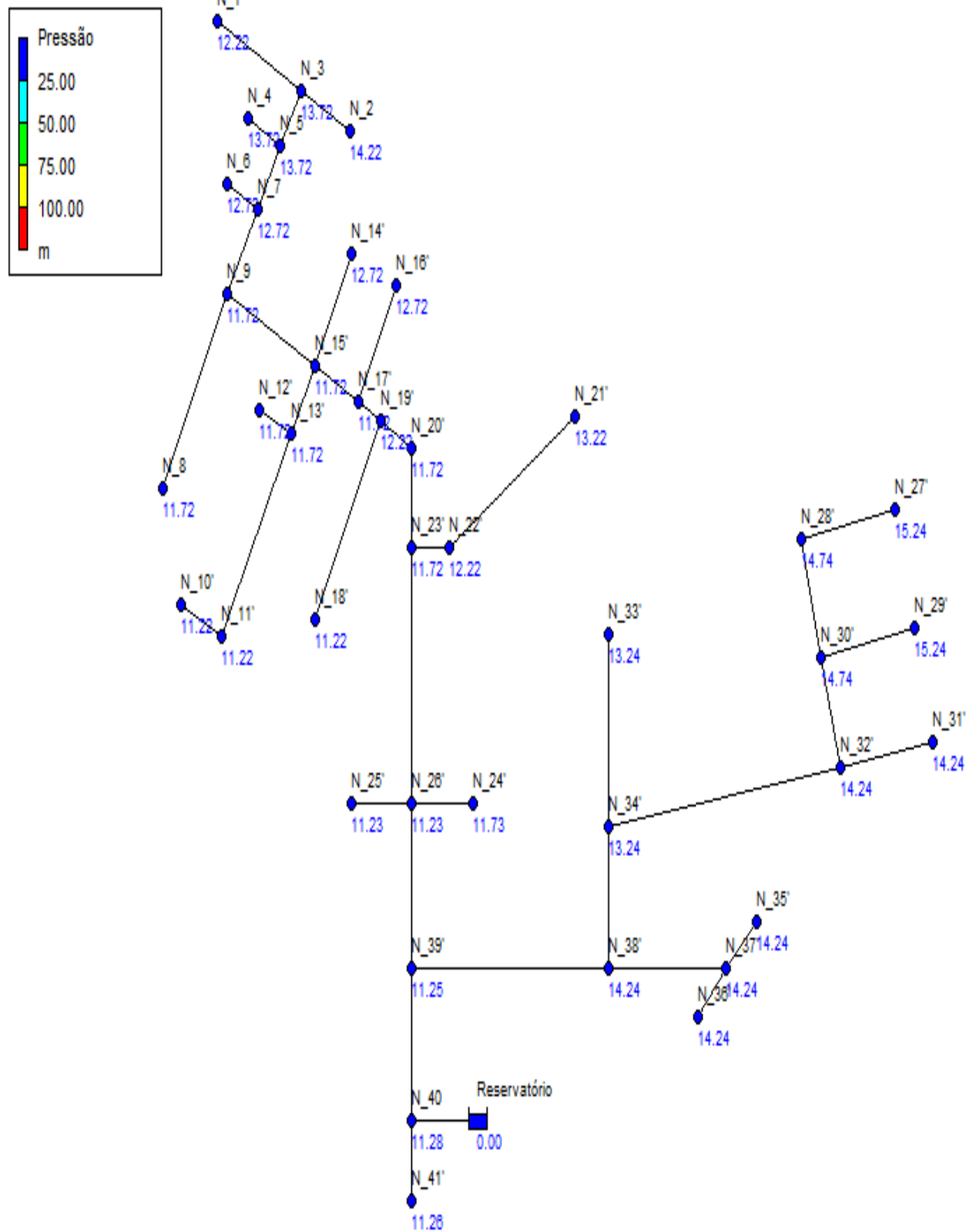
De modo geral, todos os resultados se mostraram satisfatórios quanto ao atendimento dos parâmetros de projetos elencados nas tabelas de cálculos de cada rede simuladas em análises temporais, seja no projeto inicial, nas condições atuais e no alcance de projeto de 10 anos. Vale salientar que todos os dimensionamentos foram feitos para uma lâmina mínima d'água de 1 m.c.a no reservatório que o *campus* possui, para efeito de condição mais desfavorável.

Figura 26 - Dimensionamento futuro (vazão população acadêmica)



Fonte: Autora (2021).

Figura 27 - Dimensionamento futuro (vazão servidores públicos)



Fonte: Autora (2021).

5.4 Cenários de otimização

Quando a água disponível para o usuário é consumida sem um propósito específico ou de maneira exacerbada, considera-se um desperdício, e nos sistemas prediais, ele pode ocorrer de diferentes maneiras. Além dos maus hábitos dos usuários, outras formas são as perdas de água ocorridas nos sistemas prediais hidráulicos das edificações, pois assim, não há prejuízos para a concessionária, que receberá suas tarifas normalmente, prejudicando o meio ambiente e aumentando as despesas com as tarifas referentes ao abastecimento de água.

Para otimizar o consumo de água do *Campus* o ideal é que se resolva o problema das intermitências do abastecimento em consonância com a economia do consumo, a fim de que não seja preciso contratar os serviços do abastecimento emergencial de altos custos com os carros pipa. Pensando nisso, de acordo com os dados do último ano do consumo de água do *Campus* (2019), ao todo foi consumido 2642 m³ (2307 m³ CAERN e 335 m³ carros pipa), ou seja, se tivesse conseguido economizar cerca de aproximadamente 15% do consumo de água teria conseguido evitar o gasto de R\$ 99.088,40.

Na busca em minimizar o consumo a fim de apenas a CAERN suprir as demandas de abastecimento do *Campus*, e propor sugestões para que se otimize este e as medidas baseadas no uso racional e de educação ambiental, visando a não necessidade de adquirir água de carros pipa, pois é um significativo custo para as despesas administrativas, foram desenvolvidas sugestões para um plano de ação. Como alternativa para concretizar o plano emergencial, foi elaborada a ação “Rende + UFERSA” (Figura 28) para auxiliar no gerenciamento da demanda de água.

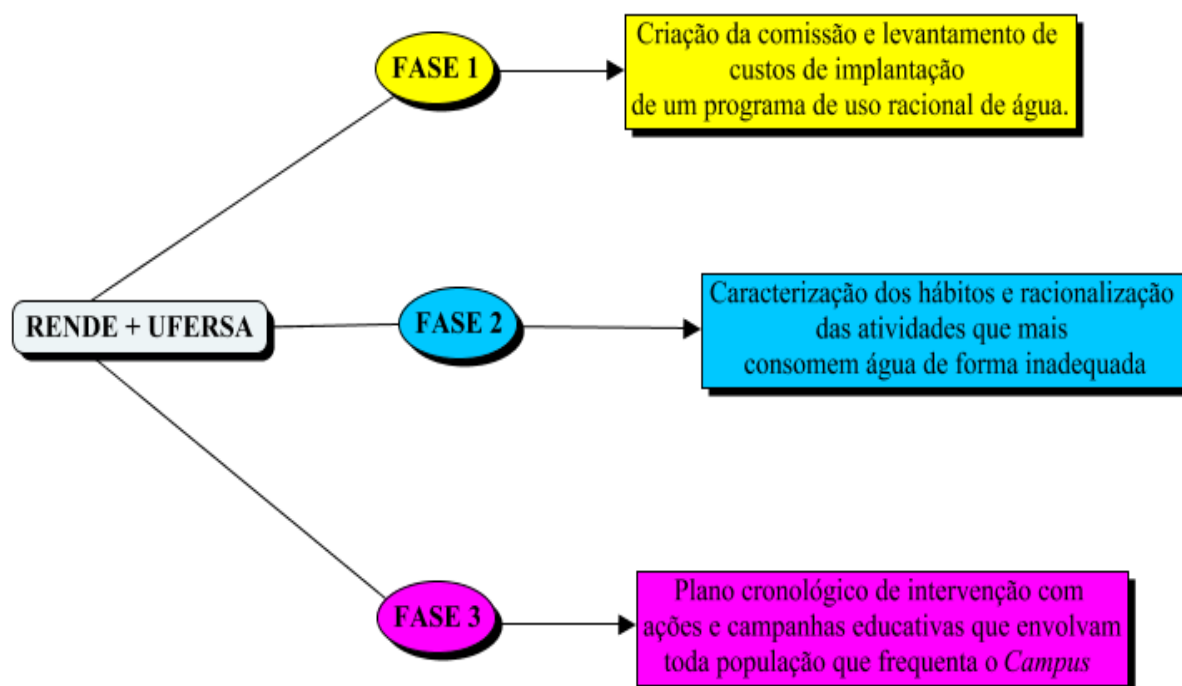
Figura 28 - Identidade visual da ação



Fonte: Fonseca (2021).

Na Figura 29 a seguir está disposto o fluxograma de como funcionará o Rende + UFERSA.

Figura 29 - Fluxograma da ação “Rende + UFERSA”



Fonte: Autora (2021).

Para tanto, o desenvolvimento do plano de ação “Rende + UFERSA”, inicialmente as diretrizes gerais do programa possuirão três fases:

- **Fase 1:** Etapa inicial onde deverá ser criada uma comissão com a função de preparar regras básicas para o plano e, posteriormente, realizar um levantamento de custos de implantação de um programa de uso racional de água. Este programa segue as medidas que envolvem ações tecnológicas e mudanças de hábitos para a conscientização da população quanto ao desperdício de água, objetivando aumentar a vida útil do manancial existente de modo a garantir a curto e médio prazo o fornecimento da água necessária à população, além de incentivar o desenvolvimento de novas tecnologias voltadas à redução do consumo de água.

As principais regras podem ser definidas em três etapas:

- Levantamento do custo de instalação de hidrômetros em todas as edificações do *Campus*, sendo primordial sempre manter a logística de manutenção dos aparelhos sanitários existentes,

e com o possível retorno financeiro da economia gerada do consumo, poder instalar torneiras com temporizador, trocar bacia, dentre outros;

- Criar um sistema online automatizado com aplicação em *web* e *mobile*, envolvendo o pessoal da área de TI (Tecnologia da Informação e as engenharias de segundo ciclo referentes a ela) com a finalidade de atualizar diariamente a medição do consumo em tempo real de cada edificação do *Campus*. Dessa forma, todos poderão ter acessos as informações, sendo extremamente importante desenvolver um comprometimento das pessoas que frequentam o *Campus* para que se alcance a meta de diminuir os 15, 20% de consumo d'água. Ele também indicará os valores e variações das medições para obter parâmetros na busca de metas de redução de água, apontando possibilidades de redução do uso da água com as principais ideias elencadas no projeto. Tal sistema mostrará a estimativa real do consumo *per capita* atual, bem como indicará qual edificação está com maior consumo, além de informar possíveis vazamentos, bem como emitir alertas de consumo (variações) de quais meses do ano o consumo costuma ser maior para se ter uma atenção redobrada neste período.

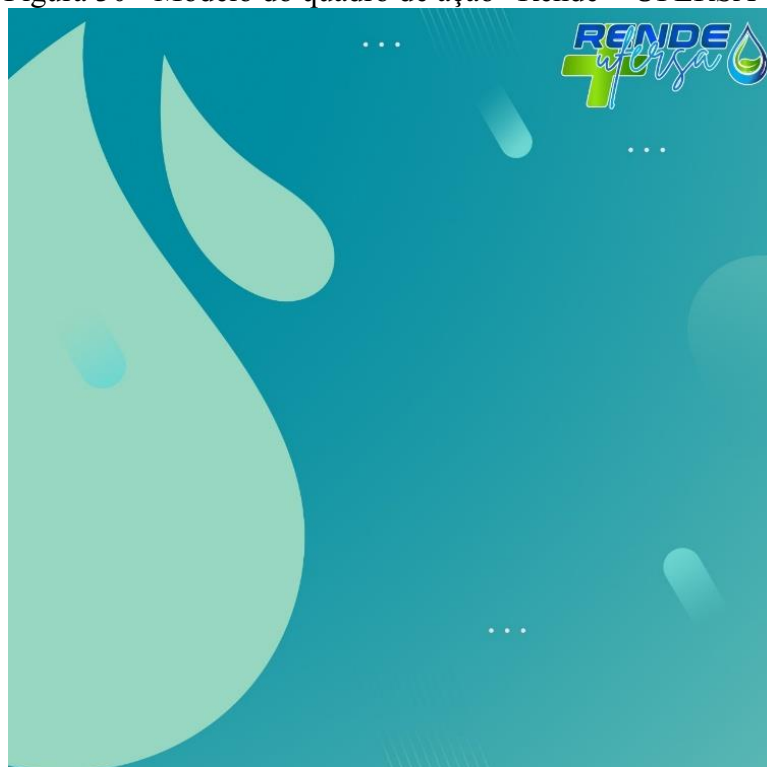
- Desenvolvimento de campanhas educativas junto aos professores, servidores e estudantes, para a conscientização para o uso racional de água. Podendo compor esta comissão membros docentes, discentes, servidores públicos e demais pessoas que queiram acrescentar e trazer mais dinâmica para este tema.

- **Fase 2:** Caracterização dos hábitos e racionalização das atividades que consomem água, ou seja, serão documentados os costumes das pessoas nas diversas atividades desenvolvidas, para que depois fique mais intuitivo o entendimento de qual caminho seguir. Com isso, priorizar quais setores devem ter maiores cuidados, para que com o tempo sejam minimizados os desperdícios, e consequentemente o consumo de água do *Campus*, economizando o alto custo financeiro que a universidade possui com este setor.

- **Fase 3:** Definir um plano cronológico de intervenção, com descrição detalhada dos tipos de ações que serão desenvolvidas. A seguir estão descritas algumas das propostas que poderão ser desenvolvidas:

- Campanha de redução do desperdício de água através de sinalização com placas informativas e chamativas, com conteúdo impactante a respeito do tema, distribuídos por toda universidade em pontos estratégicos que normalmente mais se utiliza água de forma inadequada, como ilustra o modelo da Figura 30 a seguir.

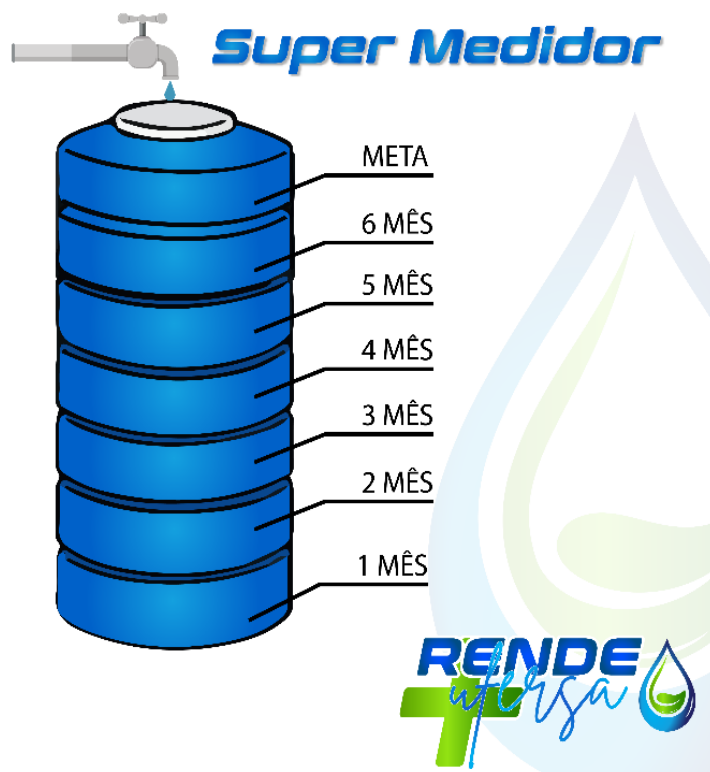
Figura 30 - Modelo do quadro de ação “Rende + UFERSA”



Fonte: Fonseca (2021).

- Divulgação e execução da ação do “super medidor”, mais uma alternativa para manter as pessoas informadas a respeito do quadro de consumo de água do *Campus*. Ele será distribuído apenas em um local específico (Centro de convivência, Bloco Administrativo ou Biblioteca). O processo criativo foi pensado em fazer o super medidor de garrafão de água mineral de 20L dividido em seis faixas mensais, onde cada faixa simboliza um alcance que o *Campus* será desafiado, em outras palavras são faixas de progresso consumo de água referente a cada mês. De acordo com o avanço de cada progresso alcançado, será informado em dados reais quanto de água foi economizado em comparação aos meses anteriores e o quanto foi economizado em níveis financeiros para o *Campus*, além de indicar quais os meses do ano consomem mais água para alertar a todos para que se evite o desperdício, que geralmente os meses que apresentam maiores consumos é fevereiro, junho (geralmente 1 mês antes das férias) e setembro, já os meses que menos consomem é janeiro, outubro e dezembro. Estes dados foram analisados de acordo com os quadros de consumo de água do *Campus* nos últimos 6 anos. Com isso, como sugestão anualmente serão feitas duas grandes metas semestrais, que ficarão no topo do super medidor, para que todos possam ver e contribuir para que ela seja atendida. A Figura 31 ilustra tal sugestão.

Figura 31 - Modelo do super medidor



Fonte: Fonseca (2021).

Uma das possíveis metas que pode ser escolhida é o investimento nas manutenções dos equipamentos hidráulicos do *Campus*, para que a longo prazo consiga otimizar ainda mais o consumo de água.

Outra ideia de meta semestral é investir nas áreas verdes que compõe o *Campus*, devido a importante função que elas desempenham em amenizar a temperatura, reduzir os efeitos da poluição, e até mesmo melhorar a paisagem urbana local, sendo um fator que aumenta a qualidade de vida dos discentes, docentes e servidores públicos que frequentam o ambiente universitário.

Vale ressaltar que já existem estudos e ações desenvolvidas no *Campus* com o viés de racionalização de água, aproveitando a água descartada dos condicionadores de ar e direcionando-os para fins não potáveis, como limpeza dos prédios, irrigação de plantas e jardins, desde que seja aferida a qualidade da água obtida, o que também irá impactar na redução do consumo de água do *Campus*, visando obter a reserva de água necessária para atender a demanda local sem precisar comprar água por contratação emergencial (OLIVEIRA; MEDEIROS; VALE; GUEDES, 2020).

6 CONCLUSÕES

Ao estudar o panorama geral do atendimento do abastecimento de água da UFERSA *Campus* Pau dos Ferros/RN, junto a caracterização do sistema de distribuição de água, verificação do padrão de consumo, análises de conformidades de projeto e elaboração de possíveis cenários de otimização do consumo, chegou-se nas seguintes conclusões:

- O sistema foi caracterizado tanto para o início de projeto como para o alcance proposto, desta forma foi observado que nas três faixas temporais analisadas, a rede atende de forma satisfatória as condições atuais e futuras.
- As projeções populacionais acadêmicas indicaram que para a população ingressante o melhor método que se ajusta ao crescimento dos alunos foi o aritmético, e para os egressos foi o da curva logística. Com essas estimativas, foi possível prever qual a população de discentes que se matriculam e que deixam o *Campus* anualmente, para que posteriormente este dado fosse utilizado nos cálculos do dimensionamento temporal das redes ramificadas.
- O dimensionamento das redes ramificadas na escala temporal do horizonte de projeto estudado, entre os anos de 2019 e 2029, foi executado com sucesso. Verificou-se que todos os parâmetros hidráulicos analisados nas três faixas temporais atendem as condições de demanda e de serviço, bem como verificando que para atingir a população utilizada no dimensionamento original da rede demoraria um horizonte de 50 anos.
- Com a verificação dos consumos e custos de água da concessionária e do abastecimento emergencial dos carros pipa nos últimos anos, notou-se o grande valor que a universidade paga com os carros pipa, chegando a ser quase 5 vezes mais superior para este último. Esse fato evidencia a necessidade que existe em reduzir a quantidade de água consumida pelo *Campus*, otimizando a reservação demandada do reservatório elevado para que com apenas a água da concessionária seja possível suprir toda demanda do *Campus*, tendo em vista a previsão do crescimento populacional ao longo dos anos e, sobretudo, as intermitências do abastecimento local.
- A proposta dos possíveis cenários de otimização do consumo de água da universidade foi desenvolvida com a criação do plano “Rende + UFERSA”, que une possibilidades de inserir as pessoas em ações participativas com ênfase em reduzir o consumo de água do *Campus*. O plano contempla o levantamento do custo de instalação de hidrômetros, para que posteriormente possa ser possível acompanhar de maneira automatizada, os consumos das edificações através de um sistema online com aplicação em *web* e *mobile*, campanhas de redução do desperdício

de água através de sinalização com placas informativas e chamativas espalhadas pelo Campus, entre outras ações que envolvem a educação ambiental de todos.

Portanto, esta pesquisa mostrou que o sistema de abastecimento de água do *Campus* universitário está em conformidade com os parâmetros analisados em decorrência do fator temporal. Outrossim, auxilia na de buscar colaborar com a dimensão da importância de reduzir o consumo de água, para possíveis impactos na economia, na responsabilidade ambiental e na sustentabilidade.

REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12211: Estudos de concepção de sistemas públicos de abastecimento de água. Rio de Janeiro, 1992.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12212: Projeto de Poço para Captação de Água Subterrânea. Rio de Janeiro. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12213: Projeto de Captação de Água de Superfície para Abastecimento Público. Rio de Janeiro. 2009

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12214: Projeto de Sistema de Bombeamento de Água para Abastecimento Público. Rio de Janeiro. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12215: Projeto de Adutora de Água para Abastecimento Público. Rio de Janeiro. 2009

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12216: Projeto de Estação de Tratamento de Água para Abastecimento Público. Rio de Janeiro. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12217: Projeto de Reservatório de Distribuição de Água para Abastecimento Público. Rio de Janeiro. 2009

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12218: Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público. Rio de Janeiro. 1998.

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Manual de usos consuntivos da água no Brasil**. 2019.

ANDRADE, Jucilaine Aparecida de; NUNES, Marcos Antônio. **Acesso à água no Semiárido Brasileiro: uma análise das políticas públicas implementadas na região**. 2014. Disponível em: <http://www.revistaespinhaco.com/index.php/journal/article/download/60/58/>. Acesso em: 18 abr. 2021.

BRASIL, **Lei Nº. 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal. Brasília, 1997.

BRASIL, **Lei Nº. 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS Nº 888, de 7 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 2021. Edição 85. Seção 1, p. 127.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº357, de 17 de março de 2005**. Classificação de águas, doces, salobras e salinas do Território Nacional. Brasília, 2005. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>> Acesso em: 15 de fevereiro de 2021.

BRASIL. **Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Brasília, 2020. BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. Brasília, 2020.

CMRP Sistema Geológico do Brasil. **GEOLOGIA E RECURSOS MINERAIS DA FOLHA PAU DOS FERROS* SB.24-Z-A-II**: programa geologia do brasil levantamentos geológicos básicos. Programa Geologia do Brasil Levantamentos Geológicos Básicos. 2017. Disponível em: file:///C:/Users/Heloisa/Downloads/relatorio_pau_dos_ferros.pdf. Acesso em: 23 abr. 2021.

CAERN – **Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte**. Dados operacionais. 2021.

EPANET 2.0 USER'S MANUAL. (2000). **U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Office of Research and Development**.

GOOGLE EARTH. 2019. **Google. Software gratuito**. Disponível on-line para download: <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>. Acesso em: 16 de fevereiro de 2019.

HELLER, L. Concepção de instalações para o abastecimento de água. In: HELLER, L.; PÁDUA, V. L. (Org.). **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006. cap. 2.

BOTASSO, A. M.; LOUREIRO, E. M. M.; DIAS, P. C. **Gestão da água na área I do Campus São Carlos - USP**. 2014. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/209023/mod_resource/content/1/g11_Relatorio_Final.pdf. Acesso em: 03 mar. 2021.

CARNEIRO, R. L. **DIAGNÓSTICO DE EFICIÊNCIA DE USO DA ÁGUA NO CAMPUS DA FACULDADE UNB PLANALTINA-DF**. 2016. 72 f. TCC (Graduação) - Curso de Gestão Ambiental, Universidade de Brasília, Planaltina-Df, 2016. Disponível em: https://bdm.unb.br/bitstream/10483/16704/1/2016_RaynanLimaCarneiro_tcc.pdf. Acesso em: 05 mar. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. – IBGE: **População Urbana e Rural**. 2010. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>. Acesso em: 21 fev. 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. – IBGE: **Pau dos Ferros**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rn/pau-dos-ferros.html>. Acesso em: 03 mar. 2021.

JUSTINO, J. D.; NOGUEIRA, E. Estudo e análise de um sistema de distribuição de água: aplicação do método de Hardy Cross utilizando a equação universal de Darcy-Weisbach e o método de Hazen-Williams. **Cadernos Unifoa**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 1809, p. 25-35, ago. 2013. Disponível em: <file:///C:/Users/Heloisa/Downloads/147-590-1-PB.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2021.

Memorial rede de esgoto Pau dos Ferros. Documento particular da empresa Emprotec. Pau dos Ferros. 2011.

MENDES, Carolina Furlamentto. **Estudo exploratório de programas de uso racional de água em instituições de ensino superior e a pré-implantação no anel viário do campus do**

vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2006. 165 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

NAKAGAWA, A. K. **Caracterização do consumo de água em prédios universitários: o caso da UFBA.** UFBA, 2009. 207f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo).

NOBRE, B. M. S.; EVERTON; FABRICIO; JOSAFÁ. **CONSTRUÇÃO DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA.** 2012. Disponível em: http://wiki.urca.br/dcc/lib/exe/fetch.php?media=rede_de_distribuicao_de_agua-_trabalho_word.pdf. Acesso em: 02 mar. 2021.

OLIVEIRA, Ana Taís Fernandes de; MEDEIROS, Alisson Gadelha de; VALE, Emele Rádna Rodrigues do; GUEDES, Maria Josicleide Felipe. Potencial de aproveitamento da água condensada das centrais de ar de Campus universitário. In: SANTOS, Fabiane dos. **MEIO AMBIENTE EM FOCO.** Belo Horizonte: Poisson, 2020. Cap. 18. p. 128-133. Disponível em: <https://www.poisson.com.br/livros/ambiente/volume11/>. Acesso em: 22 maio 2021.

PSR. **AValiação dos Impactos de Novas Transposições de Vazão no Rio Paraíba do Sul:** r4: demandas de uso da água consuntivos e não consuntivos. R4: DEMANDAS DE USO DA ÁGUA CONSUNTIVOS E NÃO CONSUNTIVOS. 2013. Disponível em: <http://ceivap.org.br/conteudo/r4-demandas-de-uso-versao-final.pdf>. Acesso em: 25 fev. 2021.

QGIS. Versão 3.4.4. 2019. **Software gratuito.** Disponível on-line para download: https://www.qgis.org/pt_BR/site/. Acesso em: 25 de mar. 2019.

Relatório anual de gestão. Disponível em: <https://reitoria.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/19/2020/04/relatorio-simplificado-PLS-ano-de-refere%CC%82ncia-2019.pdf>. Pau dos Ferros. 2019.

RABELO, U. P.; LIMA NETO, IRAN, E. Efeito de secas prolongadas nos recursos hídricos de uma região semiárida: uma análise comparativa para o Ceará. **Revista DAE**, Fortaleza, Ce, v. 66, n. 212, p. 61-79, jan. 2018. Disponível em: http://revistadae.com.br/artigos/artigo_edicao_212_n_1731.pdf. Acesso em: 22 fev. 2021.

SILVA JÚNIOR, J. C.; FERREIRA, LOPES, I. V.; BARBOZA, M. G. CONSUMO PER CAPITA DE ÁGUA EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR: ESTUDO DE CASO. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA CONTECC'2018, 75, 2018, Maceió - Al. **ARTIGO.** Maceió - Al: Soea, 2018. v. 75, p. 1-5. Disponível em: https://www.confea.org.br/sites/default/files/antigos/contecc2018/civil/88_cpdc%C3%A1ide.pdf. Acesso em: 07 mar. 2021.

SNIS. **Diagnósticos dos Serviços de Água e Esgoto**. 2019. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnosticos>. Acesso em: 05 fev. 2021.

SOUZA, Y. I. F. de; ALMEIDA, N. V.; SOUSA, S. S. O de. **Levantamento do índice de consumo de água no campus I da UFPB**. In: XII Congresso de Ecologia do Brasil. Anais eletrônicos... João Pessoa, PB. 2015.

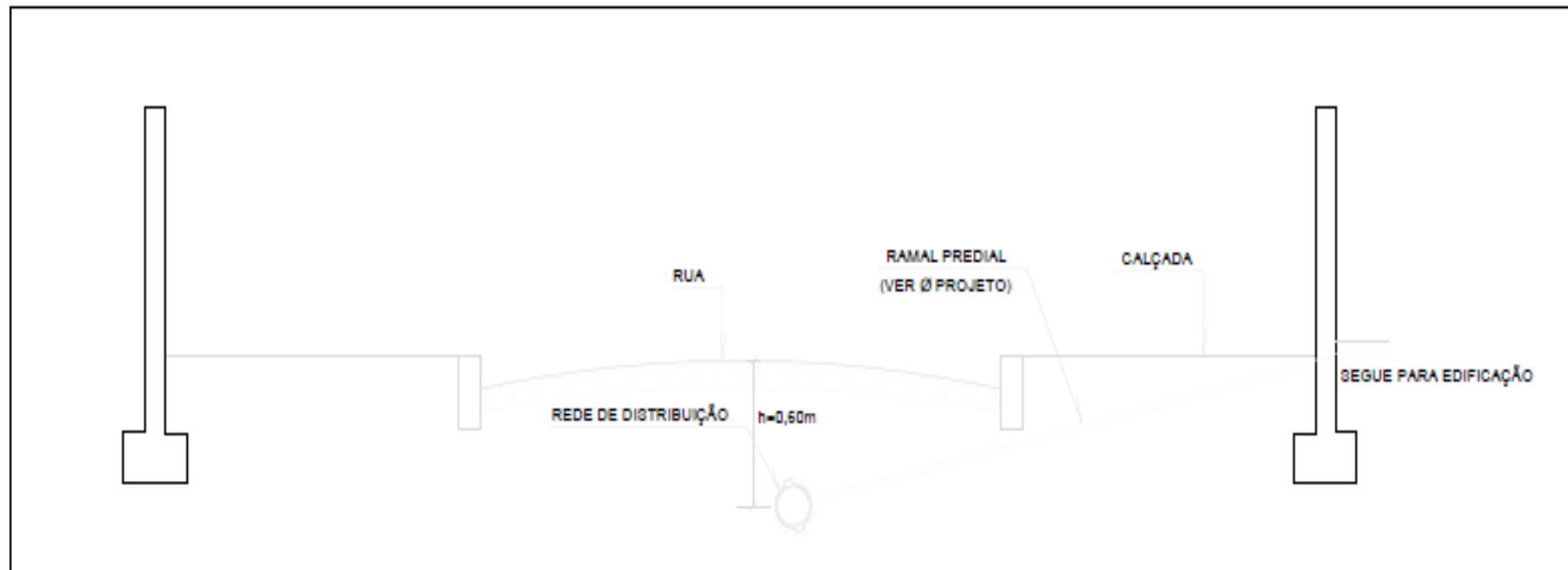
TUNDISI, J. G.. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções**. 2008. Disponível em: file:///C:/Users/Heloisa/Downloads/Recursos_hidricos_no_futuro_Problemas_e_solucoes.pdf. Acesso em: 19 fev. 2021.

TSUTIYA, M.T. Abastecimento de Água. São Paulo, 2006. 3ª. Edição. Escola Politécnica da USP, 643 p. (UITASP).

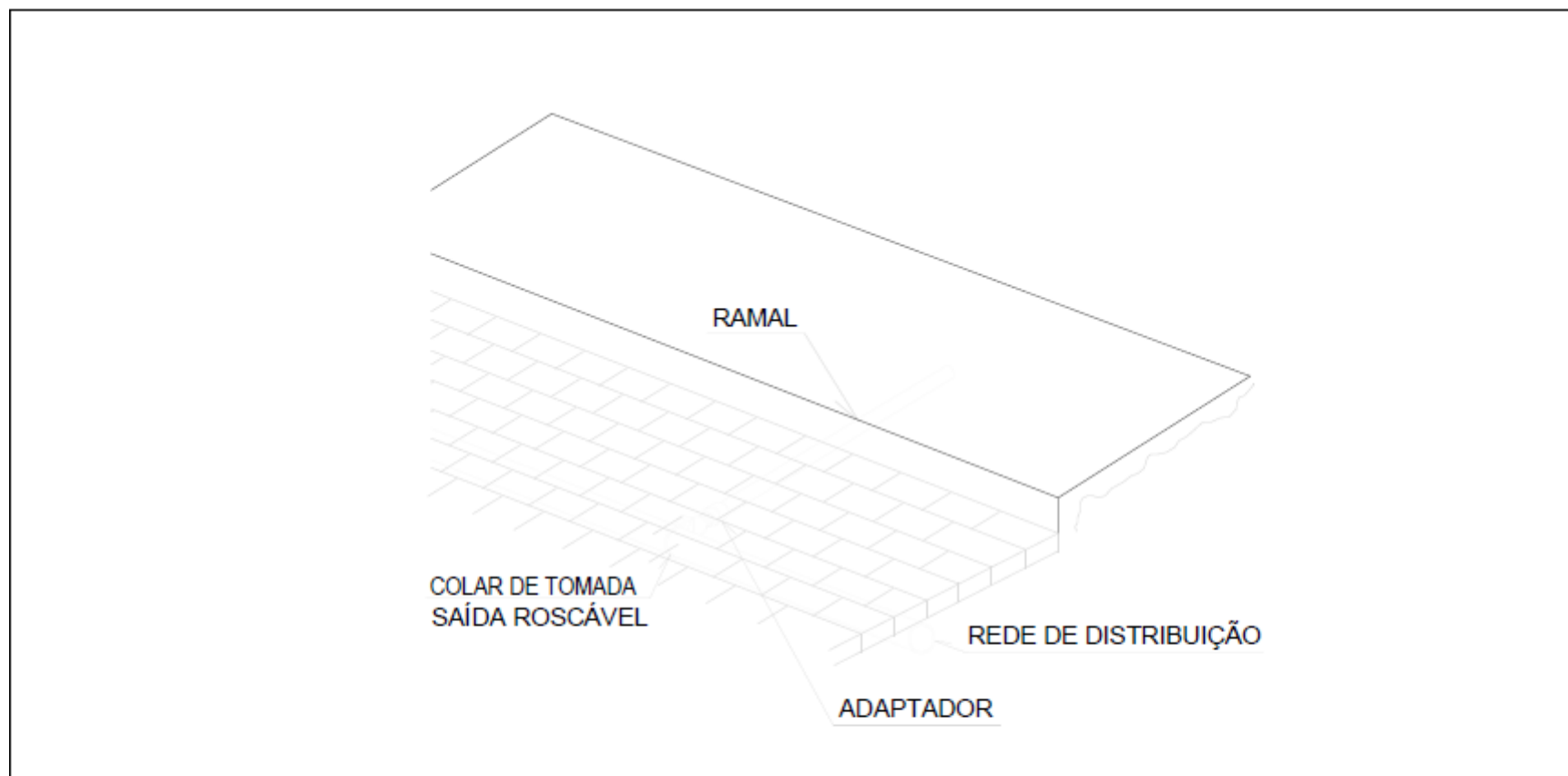
UNICEF. **1 em cada 3 pessoas no mundo não tem acesso a água potável, dizem o UNICEF e a OMS**. 2019. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/comunicados-de-imprensa/1-em-cada-3-pessoas-no-mundo-nao-tem-acesso-agua-potavel-dizem-unicef-oms>. Acesso em: 10 fev. 2021.

VON SPERLING, E. Afinal, Quanta Água Temos no Planeta? **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Belo Horizonte, Mg, v. 11, n. 4, p. 189-199, dez. 2006.

ANEXO A



DETALHE DA LIGAÇÃO DO RAMAL DE ÁGUA
SEM ESCALA



DETALHE DA LIGAÇÃO DO RAMAL DE ÁGUA SEM ESCALA

APÊNDICE A

- Atendimento inicial**

Dimensionamento inicial (vazão população acadêmica)

Trecho	Extensão l (m)	Vazão (L/s)				Diâmetro (mm)	J (m/m)
		Jusante	Trecho	Montante	Fictícia		
17	016 m	0,00	0,05	0,05	0,03	50	0,000011
16	016 m	0,00	0,05	0,05	0,03	100	0,000000
15	071 m	0,10	0,21	0,31	0,20	100	0,000014
14	016 m	0,00	0,05	0,05	0,03	50	0,000011
13	016 m	0,00	0,05	0,05	0,03	50	0,000011
12	039 m	0,41	0,12	0,52	0,46	100	0,000066
11	012 m	0,52	0,03	0,56	0,54	50	0,002549
10	032 m	0,00	0,10	0,10	0,06	50	0,000038
9	015 m	1,08	0,04	1,12	1,10	100	0,000326
8	038 m	1,12	0,11	1,23	1,18	100	0,000370
7	048 m	0,00	0,14	0,14	0,08	50	0,000080
6	030 m	0,00	0,09	0,09	0,05	50	0,000034
5	029 m	0,23	0,09	0,32	0,28	100	0,000026
4	048 m	0,00	0,14	0,14	0,08	50	0,000080
3	126 m	0,47	0,38	0,84	0,65	50	0,003642
2	035 m	0,00	0,11	0,11	0,06	50	0,000045
1	015 m	0,00	0,05	0,05	0,03	50	0,000009

Cota Terreno (m)		DH (m.c.a)	Cota Piezométrica (m)		Cota de Pressão (m)		Velocidade Máx. (m/s)	Velocidade Real (m/s)
Mont.	Jus.		Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		
220,00	220,00	0,0002	231,300	231,30	11,30	11,30	0,68	0,01
220,00	220,00	0,000006	231,300	231,2998	11,30	11,30	0,75	0,004
220,00	220,00	0,001	231,300	231,2988	11,30	11,30	0,75	0,03
220,00	219,50	0,0002	231,299	231,2986	11,30	11,80	0,68	0,01
220,00	220,00	0,0002	231,299	231,2987	11,30	11,30	0,68	0,01
219,00	220,00	0,0026	231,299	231,2962	12,30	11,30	0,75	0,06
220,00	219,00	0,0293	231,296	231,2669	11,30	12,27	0,68	0,27
219,00	218,00	0,0012	231,267	231,2657	12,27	13,27	0,68	0,03
219,50	219,50	0,0047	231,296	231,2915	11,80	11,79	0,75	0,14
219,50	219,50	0,0139	231,292	231,2776	11,79	11,78	0,75	0,15
219,50	220,00	0,0038	231,278	231,2737	11,78	11,27	0,68	0,04
219,50	218,50	0,001	231,278	231,2766	11,78	12,78	0,68	0,03
219,50	219,50	0,0007	231,278	231,2769	11,78	11,78	0,75	0,04
219,50	220,00	0,0038	231,277	231,2730	11,78	11,27	0,68	0,04
217,50	219,50	0,4589	231,277	230,8179	13,78	11,32	0,68	0,33
217,50	217,00	0,0016	230,818	230,8164	13,32	13,82	0,68	0,03
219,00	217,50	0,0001	230,818	230,8178	11,82	13,32	0,68	0,01

Fonte: Autora (2021).

Dimensionamento inicial (vazão servidores públicos)

Trecho	Extensão l (m)	Vazão (l/s)				Diâmetro (mm)	J (m/m)
		Jusante	Trecho	Montante	Fictícia		
17	016 m	0,00	0,02	0,02	0,01	50	0,000002
16	016 m	0,00	0,02	0,02	0,01	100	0,000000
15	071 m	0,04	0,09	0,13	0,09	100	0,000003
14	016 m	0,00	0,02	0,02	0,01	50	0,000002
13	016 m	0,00	0,02	0,02	0,01	50	0,000002
12	039 m	0,18	0,05	0,23	0,20	100	0,000014
11	012 m	0,23	0,01	0,24	0,23	50	0,000543
10	032 m	0,00	0,04	0,04	0,02	50	0,000008
9	015 m	0,47	0,02	0,49	0,48	100	0,000069
8	038 m	0,49	0,05	0,53	0,51	100	0,000079
7	048 m	0,00	0,06	0,06	0,04	50	0,000017
6	030 m	0,00	0,04	0,04	0,02	50	0,000007
5	029 m	0,10	0,04	0,14	0,12	100	0,000005
4	048 m	0,00	0,06	0,06	0,04	50	0,000017
3	126 m	0,20	0,16	0,37	0,28	50	0,000775
2	035 m	0,00	0,05	0,05	0,03	50	0,000010
1	015 m	0,00	0,02	0,02	0,01	50	0,000002

Cota Terreno (m)		DH (m.c.a)	Cota Piezométrica (m)		Cota de Pressão (m)		Velocidade Máx. (m/s)	Velocidade Real (m/s)
Mont.	Jus.		Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		
220,00	220,00	0,00004	231,300	231,30	11,30	11,30	0,68	0,01
220,00	220,00	0,000006	231,300	231,299	11,30	11,30	0,75	0,002
220,00	220,00	0,0002	231,300	231,299	11,30	11,30	0,75	0,01
220,00	219,50	0,00004	231,300	231,299	11,30	11,80	0,68	0,01
220,00	220,00	0,00004	231,300	231,299	11,30	11,30	0,68	0,01
219,00	220,00	0,0005	231,300	231,299	12,30	11,30	0,75	0,03
220,00	219,00	0,0062	231,299	231,292	11,30	12,29	0,68	0,12
219,00	218,00	0,0003	231,293	231,292	12,29	13,29	0,68	0,01
219,50	219,50	0,001	231,299	231,298	11,80	11,80	0,75	0,06
219,50	219,50	0,003	231,298	231,295	11,80	11,80	0,75	0,07
219,50	220,00	0,0008	231,295	231,294	11,80	11,29	0,68	0,02
219,50	218,50	0,0002	231,295	231,295	11,80	12,80	0,68	0,01
219,50	219,50	0,0002	231,295	231,295	11,80	11,80	0,75	0,02
219,50	220,00	0,0008	231,295	231,294	11,80	11,29	0,68	0,02
217,50	219,50	0,0977	231,295	231,197	13,80	11,70	0,68	0,14
217,50	217,00	0,0003	231,197	231,197	13,70	14,20	0,68	0,01
219,00	217,50	0,00005	231,197	231,197	12,20	13,70	0,68	0,01

Fonte: Autora (2021).

APÊNDICE B

- **Atendimento atual (2019)**

Dimensionamento atual (vazão população acadêmica)

Trecho	Extensão l (m)	Vazão (l/s)				Diâmetro (mm)	J (m/m)
		Jusante	Trecho	Montante	Fictícia		
1	035 m	0	0,011	0,011	0,0061	50	0,00000036
2	015 m	0	0,005	0,005	0,0026	50	0,00000013
3	013 m	0,015	0,004	0,019	0,0169	100	0,00000014
4	005 m	0	0,002	0,002	0,0009	50	0,00000017
5	063 m	0,020	0,019	0,039	0,0297	100	0,00000004
6	005 m	0	0,001	0,001	0,0008	50	0,000000014
7	047 m	0,041	0,014	0,054	0,0475	100	0,00000097
8	048 m	0	0,014	0,014	0,0083	50	0,00000013
9	029 m	0,069	0,009	0,078	0,0732	100	0,00000021
10	048 m	0	0,014	0,014	0,0083	50	0,00000013
11	030 m	0	0,009	0,009	0,0052	50	0,00000047
12	024 m	0,101	0,007	0,108	0,1046	100	0,00000041
13	030 m	0	0,009	0,009	0,0052	50	0,00000047
14	005 m	0,12	0,002	0,119	0,12	100	0,00000052
15	048 m	0,00	0,014	0,014	0,01	50	0,00000013
16	009 m	0,13	0,003	0,136	0,13	100	0,00000066
17	015 m	0,14	0,004	0,140	0,14	100	0,00000069
18	032 m	0,00	0,010	0,010	0,01	50	0,00000053
19	012 m	0,01	0,003	0,013	0,01	50	0,00000002
20	039 m	0,15	0,012	0,165	0,16	100	0,00000091
21	016 m	0,00	0,005	0,005	0,00	50	0,00000014
22	016 m	0,00	0,005	0,005	0,00	50	0,00000014
23	036 m	0,17	0,011	0,185	0,18	100	0,00000014
24	090 m	0,00	0,027	0,027	0,02	100	0,00000012
25	025 m	0,00	0,008	0,008	0,00	50	0,00000033
26	025 m	0,03	0,008	0,042	0,04	100	0,00000065
27	004 m	0,00	0,001	0,001	0,00	50	0,000000018
28	003 m	0,00	0,001	0,001	0,00	50	0,0000000069
29	023 m	0,00	0,007	0,009	0,01	100	0,000000016
30	120 m	0,05	0,036	0,087	0,07	100	0,00000019
31	035 m	0,27	0,011	0,283	0,28	100	0,00000025
32	016 m	0,00	0,005	0,005	0,00	100	0,000000005
33	016 m	0,29	0,005	0,292	0,29	50	0,00080885

Cota Terreno (m)		DH (m.c.a)	Cota Piezométrica (m)		Cota de Pressão (m)		Velocidade Máx. (m/s)	Velocidade Real (m/s)
Mont.	Jus.		Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		
217,5	219	0,00002	231,299	231,30	13,80	12,30	0,68	0,0031
217,5	217	0,00000 6	231,299	231,2988	13,80	14,30	0,68	0,0013
218	217,5	0,00000 2	231,299	231,2988	13,30	13,80	0,75	0,002
218	217,5	0,00000 009	231,299	231,2988	13,30	13,80	0,68	0,0004
218,5	217,5	0,00003	231,299	231,2988	12,80	13,80	0,75	0,004
218,5	218,5	0,00000 006	231,299	231,2989	12,80	12,80	0,68	0,0004
219,5	218,5	0,00005	231,299	231,2988	11,80	12,80	0,75	0,006
219,5	219,5	0,00005	231,299	231,2989	11,80	11,80	0,68	0,0042
219,5	219,5	0,00006	231,299	231,2989	11,80	11,80	0,75	0,01
219,5	220	0,00005	231,299	231,2990	11,80	11,30	0,68	0,0042
219,5	218,5	0,00001	231,299	231,2990	11,80	12,80	0,68	0,0026
219,5	219,5	0,0001	231,299	231,2989	11,80	11,80	0,75	0,01
219,5	218,5	0,00001	231,299	231,2990	11,80	12,80	0,68	0,0026
219,50	219,5	0,00003	231,299	231,2990	11,80	11,80	0,75	0,02
219,50	220,0	0,00005	231,299	231,2990	11,80	11,30	0,68	0,00042
219,50	219,5	0,00006	231,299	231,2990	11,80	11,80	0,75	0,02
219,50	219,0	0,0001	231,299	231,2991	11,80	12,30	0,75	0,02
219,00	218,0	0,00002	231,300	231,2996	12,30	13,30	0,68	0,003
219,50	219,0	0,00002	231,299	231,2992	11,80	12,30	0,68	0,006
220,00	219,5	0,00004	231,300	231,2992	11,30	11,80	0,75	0,02
220,00	220,0	0,00000 2	231,299	231,2986	11,30	11,30	0,68	0,001
220,00	219,5	0,00000 2	231,299	231,2986	11,30	11,80	0,68	0,001
220,00	220,0	0,00004	231,299	231,2987	11,30	11,30	0,75	0,02
217,50	217,0	0,00001	231,299	231,2986	13,80	14,30	0,75	0,002
217,50	218,0	0,00000 8	231,299	231,2986	13,80	13,30	0,68	0,002
217,00	217,5	0,00002	231,299	231,2986	14,30	13,80	0,75	0,005
217,00	217,0	0,00000 05	231,298	231,2984	14,30	14,30	0,68	0,0004
217,00	217,0	0,00000 02	231,298	231,2984	14,30	14,30	0,68	0,0003
217,00	217,0	0,00000 04	231,298	231,2984	14,30	14,30	0,75	0,0007
220,00	217,0	0,0002	231,299	231,2984	11,30	14,30	0,75	0,01
220,00	220,0	0,0009	231,300	231,2991	11,30	11,30	0,75	0,04
220,00	220,0	0,00000 002	231,300	231,3	11,30	11,30	0,75	0,0004
220,00	220,0	0,0129	231,300	231,2870	11,30	11,29	0,68	0,1477

Fonte: Autora (2021).

Dimensionamento atual (vazão servidores públicos)

Trecho	Extensão l (m)	Vazão (l/s)				Diâmetro (mm)	J (m/m)
		Jusante	Trecho	Montante	Fictícia		
1	035 m	0	0,007	0,007	0,004	50	0,00000029
2	015 m	0	0,003	0,003	0,0017	50	0,000000062
3	013 m	0,010	0,003	0,013	0,0113	100	0,000000067
4	005 m	0	0,001	0,001	0,0006	50	0,0000000081
5	063 m	0,014	0,013	0,026	0,0198	100	0,00000019
6	005 m	0	0,001	0,001	0,0005	50	0,0000000067
7	047 m	0,027	0,009	0,036	0,0317	100	0,00000045
8	048 m	0	0,010	0,010	0,0055	50	0,00000053
9	029 m	0,046	0,006	0,052	0,0488	100	0,000001
10	048 m	0	0,010	0,010	0,0055	50	0,00000053
11	030 m	0	0,006	0,006	0,0035	50	0,00000022
12	024 m	0,067	0,005	0,072	0,0697	100	0,0000019
13	030 m	0	0,006	0,006	0,0035	50	0,00000022
14	005 m	0,08	0,001	0,079	0,08	100	0,0000024
15	048 m	0,00	0,010	0,010	0,01	50	0,00000053
16	009 m	0,09	0,002	0,091	0,09	100	0,0000031
17	015 m	0,09	0,003	0,093	0,09	100	0,0000033
18	032 m	0,00	0,006	0,006	0,00	50	0,00000025
19	012 m	0,01	0,002	0,009	0,01	50	0,00000094
20	039 m	0,10	0,008	0,110	0,11	100	0,0000042
21	016 m	0,00	0,003	0,003	0,00	50	0,00000007
22	016 m	0,00	0,003	0,003	0,00	50	0,00000007
23	036 m	0,12	0,007	0,124	0,12	100	0,0000053
24	090 m	0,00	0,018	0,018	0,01	100	0,000000058
25	025 m	0,00	0,005	0,005	0,00	50	0,00000016
26	025 m	0,02	0,005	0,028	0,03	100	0,00000030
27	004 m	0,00	0,001	0,001	0,00	50	0,0000000053
28	003 m	0,00	0,001	0,001	0,00	50	0,0000000031
29	023 m	0,00	0,005	0,006	0,00	100	0,0000000076
30	120 m	0,03	0,024	0,058	0,05	100	0,00000091
31	035 m	0,18	0,007	0,189	0,19	100	0,000012
32	016 m	0,00	0,003	0,003	0,00	100	0,0000000023
33	016 m	0,19	0,003	0,195	0,19	50	0,00038203

Cota Terreno (m)		DH (m.c.a)	Cota Piezométrica (m)		Cota de Pressão (m)		Velocidade Máx. (m/s)	Velocidade Real (m/s)
Mont.	Jus.		Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		
217,5	219	0,00001	231,299	231,30	13,80	12,30	0,68	0,002
217,5	217	0,0000009	231,299	231,2992	13,80	14,30	0,68	0,009
218	217,5	0,0000008	231,299	231,2992	13,30	13,80	0,75	0,01
218	217,5	0,0000000 4	231,299	231,2992	13,30	13,80	0,68	0,0003
218,5	217,5	0,00001	231,299	231,2992	12,80	13,80	0,75	0,01
218,5	218,5	0,0000000 3	231,299	231,2992	12,80	12,80	0,68	0,0003
219,5	218,5	0,00002	231,299	231,2992	11,80	12,80	0,75	0,02
219,5	219,5	0,00003	231,299	231,2992	11,80	11,80	0,68	0,003
219,5	219,5	0,00003	231,299	231,2992	11,80	11,80	0,75	0,01
219,5	220	0,00003	231,299	231,2993	11,80	11,30	0,68	0,003
219,5	218,5	0,000007	231,299	231,2993	11,80	12,80	0,68	0,002
219,5	219,5	0,00005	231,299	231,2993	11,80	11,80	0,75	0,01
219,5	218,5	0,000007	231,299	231,2993	11,80	12,80	0,68	0,002
219,50	219,5	0,00001	231,299	231,2993	11,80	11,80	0,75	0,01
219,50	220,0	0,00003	231,299	231,2993	11,80	11,30	0,68	0,003
219,50	219,5	0,00003	231,299	231,2993	11,80	11,80	0,75	0,01
219,50	219,0	0,00005	231,299	231,2994	11,80	12,30	0,75	0,01
219,00	218,0	0,000008	231,300	231,2996	12,30	13,30	0,68	0,002
219,50	219,0	0,00001	231,299	231,2994	11,80	12,30	0,68	0,004
220,00	219,5	0,0002	231,300	231,2994	11,30	11,80	0,75	0,01
220,00	220,0	0,000001	231,299	231,2993	11,30	11,30	0,68	0,001
220,00	219,5	0,000001	231,299	231,2993	11,30	11,80	0,68	0,001
220,00	220,0	0,0002	231,300	231,2993	11,30	11,30	0,75	0,02
217,50	217,0	0,000005	231,299	231,2993	13,80	14,30	0,75	0,001
217,50	218,0	0,000004	231,299	231,2993	13,80	13,30	0,68	0,001
217,00	217,5	0,000008	231,299	231,2993	14,30	13,80	0,75	0,003
217,00	217,0	0,0000000 2	231,299	231,2992	14,30	14,30	0,68	0,0002
217,00	217,0	0,0000000 1	231,299	231,2992	14,30	14,30	0,68	0,0002
217,00	217,0	0,0000002	231,299	231,2992	14,30	14,30	0,75	0,0004
220,00	217,0	0,0001	231,299	231,2992	11,30	14,30	0,75	0,01
220,00	220,0	0,0004	231,300	231,2995	11,30	11,30	0,75	0,02
220,00	220,0	0,0000000 4	231,300	231,3	11,30	11,30	0,75	0,0002
220,00	220,0	0,0061	231,300	231,2938	11,30	11,29	0,68	0,10

Fonte: Autora (2021).

APÊNDICE C

• Atendimento futuro (2029)

Dimensionamento futuro (vazão população acadêmica)

Trecho	Extensão l (m)	Vazão (l/s)				Diâmetro (mm)	J (m/m)
		Jusante	Trecho	Montante	Fictícia		
1	035 m	0	0,019	0,019	0,0111	50	0,0000019
2	015 m	0	0,008	0,008	0,0048	50	0,0000004
3	013 m	0,028	0,007	0,034	0,0309	100	0,00000044
4	005 m	0	0,003	0,003	0,0016	50	0,000000052
5	063 m	0,037	0,035	0,072	0,0545	100	0,0000012
6	005 m	0	0,002	0,002	0,0014	50	0,000000043
7	047 m	0,074	0,026	0,100	0,087	100	0,0000029
8	048 m	0	0,026	0,026	0,0152	50	0,0000034
9	029 m	0,126	0,016	0,142	0,1342	100	0,0000066
10	015 m	0	0,008	0,008	0,0048	50	0,0000004
11	051 m	0,008	0,028	0,036	0,0223	100	0,00000023
12	008 m	0	0,004	0,004	0,0025	50	0,00000012
13	017 m	0,041	0,009	0,050	0,0454	100	0,00000089
14	030 m	0,00	0,017	0,017	0,01	50	0,0000014
15	024 m	0,21	0,013	0,222	0,22	100	0,000015
16	030 m	0	0,017	0,017	0,01	50	0,0000014
17	005 m	0,24	0,003	0,241	0,24	100	0,000019
18	048 m	0	0,026	0,026	0,02	50	0,0000034
19	009 m	0,27	0,005	0,273	0,27	100	0,000024
20	015 m	0,27	0,008	0,281	0,28	100	0,000025
21	032 m	0	0,018	0,018	0,01	50	0,0000016
22	012 m	0,02	0,006	0,024	0,02	50	0,0000061
23	039 m	0,30	0,021	0,326	0,32	100	0,000032
24	016 m	0	0,009	0,009	0,01	50	0,00000045
25	016 m	0	0,009	0,009	0,01	50	0,00000045
26	036 m	0,34	0,020	0,363	0,35	100	0,000039
27	020 m	0	0,011	0,011	0,01	50	0,00000068
28	030 m	0,01	0,017	0,028	0,02	100	0,00000018
29	020 m	0	0,011	0,011	0,01	50	0,00000068
30	030 m	0,04	0,017	0,055	0,05	100	0,00000095
31	020 m	0	0,011	0,011	0,01	50	0,00000068
32	070 m	0,07	0,039	0,105	0,17	100	0,00001
33	025 m	0	0,014	0,014	0,01	50	0,000001
34	025 m	0,12	0,014	0,132	0,13	100	0,0000058
35	004 m	0	0,002	0,002	0,00	50	0,000000035
36	003 m	0	0,002	0,002	0,00	50	0,00000002
37	023 m	0	0,013	0,017	0,01	100	0,000000049
38	120 m	0,15	0,066	0,215	0,18	100	0,00001
39	035 m	0,58	0,019	0,597	0,59	100	0,00010211
40	016 m	0	0,009	0,009	0,01	100	0,000000015
41	016 m	0,61	0,009	0,615	0,61	50	0,00320425

Cota Terreno (m)		DH (m.c.a)	Cota Piezométrica (m)		Cota de Pressão (m)		Velocidade Máx. (m/s)	Velocidade Real (m/s)
Mont.	Jus.		Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		
217,5	219	0,00007	231,292	231,29	13,79	12,29	0,675	0,0057
217,5	217	0,000006	231,292	231,2922	13,79	14,29	0,675	0,0024
218	217,5	0,000006	231,292	231,2922	13,29	13,79	0,75	0,004
218	217,5	0,000000 3	231,292	231,2923	13,29	13,79	0,675	0,0008
218,5	217,5	0,00008	231,292	231,2923	12,79	13,79	0,75	0,007
218,5	218,5	0,000000 2	231,292	231,2924	12,79	12,79	0,675	0,0007
219,5	218,5	0,0001	231,292	231,2923	11,79	12,79	0,75	0,011
219,5	219,5	0,0002	231,293	231,2925	11,79	11,79	0,675	0,0078
219,5	219,5	0,0002	231,293	231,2924	11,79	11,79	0,75	0,02
220	220	0,000006	231,293	231,2926	11,29	11,29	0,675	0,0024
219,5	220	0,00001	231,293	231,2926	11,79	11,29	0,75	0,0028
219,5	219,5	0,000001	231,293	231,2926	11,79	11,79	0,675	0,001
219,5	219,5	0,00002	231,293	231,2926	11,79	11,79	0,75	0,0058
219,50	218,5	0,00004	231,293	231,293	11,79	12,79	0,675	0,005
219,50	219,5	0,0004	231,293	231,2926	11,79	11,79	0,75	0,0274
219,50	218,5	0,00004	231,293	231,2931	11,79	12,79	0,675	0,005
219,50	219,5	0,0001	231,293	231,2930	11,79	11,79	0,75	0,03
219,00	220,0	0,0002	231,293	231,2932	12,29	11,29	0,675	0,008
219,50	219,0	0,0002	231,293	231,2931	11,79	12,29	0,75	0,034
219,50	219,5	0,0004	231,294	231,2933	11,79	11,79	0,75	0,04
219,00	218,0	0,00005	231,294	231,2936	12,29	13,29	0,675	0,005
219,50	219,0	0,00007	231,294	231,2936	11,79	12,29	0,675	0,011
219,50	219,5	0,0013	231,295	231,2937	11,79	11,79	0,75	0,04
220,00	219,5	0,000007	231,296	231,2964	11,30	11,80	0,675	0,003
220,00	220,0	0,000007	231,296	231,2964	11,30	11,30	0,675	0,003
220,00	220,0	0,0014	231,296	231,2949	11,30	11,29	0,75	0,045
216,50	216,0	0,00001	231,294	231,2941	14,79	15,29	0,675	0,0032
216,50	216,5	0,000005	231,294	231,2941	14,79	14,79	0,75	0,0025
216,50	216,0	0,00001	231,294	231,2941	14,79	15,29	0,675	0,0032
217,00	216,5	0,00003	231,294	231,2941	14,29	14,79	0,75	0,01
217,00	217,0	0,00001	231,294	231,2941	14,29	14,29	0,675	0,003
218,00	217,0	0,0007	231,295	231,2941	13,29	14,29	0,75	0,0217
218,00	218,0	0,00003	231,295	231,2948	13,29	13,29	0,675	0,0040
217,50	218,0	0,0001	231,295	231,2948	13,80	13,29	0,75	0,0159
217,00	217,0	0,000000 1	231,295	231,2950	14,30	14,30	0,675	0,0006
217,00	217,0	0,000000 06	231,295	231,2950	14,30	14,30	0,675	0,0005
217,00	217,0	0,000001	231,295	231,2950	14,30	14,30	0,75	0,0012
220,00	217,0	0,0014	231,296	231,2950	11,30	14,30	0,75	0,0231
220,00	220,0	0,0036	231,300	231,2964	11,30	11,30	0,75	0,0748
220,00	220,0	0,000000 2	231,300	231,3	11,30	11,30	0,75	0,0006
220,00	220,0	0,0513	231,300	231,2487	11,30	11,25	0,675	0,3108

Fonte: Autora (2021).

Dimensionamento futuro (vazão servidores públicos)

Trecho	Extensão l (m)	Vazão (l/s)				Diâmetro (mm)	J (m/m)
		Jusante	Trecho	Montante	Fictícia		
1	035 m	0	0,011	0,011	0,0061	50	0,00000063
2	015 m	0	0,005	0,005	0,0026	50	0,00000013
3	013 m	0,015	0,004	0,019	0,0169	100	0,00000014
4	005 m	0	0,002	0,002	0,0009	50	0,000000017
5	063 m	0,020	0,019	0,039	0,0297	100	0,00000004
6	005 m	0	0,001	0,001	0,0008	50	0,000000014
7	047 m	0,041	0,014	0,054	0,0475	100	0,00000097
8	048 m	0	0,014	0,014	0,0083	50	0,00000011
9	029 m	0,069	0,009	0,078	0,0732	100	0,00000021
10	015 m	0	0,005	0,005	0,0026	50	0,00000013
11	051 m	0,005	0,015	0,020	0,0122	100	0,000000078
12	008 m	0	0,002	0,002	0,0014	50	0,000000041
13	017 m	0,022	0,005	0,027	0,0248	100	0,00000029
14	030 m	0,00	0,009	0,009	0,01	50	0,00000047
15	024 m	0,11	0,007	0,121	0,12	100	0,00000051
16	030 m	0	0,009	0,009	0,01	50	0,00000047
17	005 m	0,13	0,002	0,132	0,13	100	0,00000063
18	048 m	0	0,014	0,014	0,01	50	0,00000011
19	009 m	0,15	0,003	0,149	0,15	100	0,00000079
20	015 m	0,15	0,004	0,153	0,15	100	0,00000082
21	032 m	0	0,010	0,010	0,01	50	0,000000053
22	012 m	0,01	0,003	0,013	0,01	50	0,00000002
23	039 m	0,17	0,012	0,178	0,17	100	0,00000001
24	016 m	0	0,005	0,005	0,00	50	0,000000014
25	016 m	0	0,005	0,005	0,00	50	0,000000014
26	036 m	0,19	0,011	0,198	0,19	100	0,00000001
27	020 m	0	0,006	0,006	0,00	50	0,000000022
28	030 m	0,01	0,009	0,015	0,01	100	0,000000059
29	020 m	0	0,006	0,006	0,00	50	0,000000022
30	030 m	0,02	0,009	0,030	0,03	100	0,00000003
31	020 m	0	0,006	0,006	0,00	50	0,000000022
32	070 m	0,04	0,021	0,057	0,09	100	0,00000033
33	025 m	0	0,008	0,008	0,00	50	0,000000033
34	025 m	0,06	0,008	0,072	0,07	100	0,00000019
35	004 m	0	0,001	0,001	0,00	50	0,000000001
36	003 m	0	0,001	0,001	0,00	50	0,0000000067
37	023 m	0	0,007	0,009	0,01	100	0,000000016
38	120 m	0,08	0,036	0,117	0,10	100	0,00000037
39	035 m	0,32	0,011	0,326	0,32	100	0,00000033
40	016 m	0	0,005	0,005	0,00	100	0,000000005
41	016 m	0,33	0,005	0,335	0,33	50	0,00104407

Cota Terreno (m)		DH (m.c.a)	Cota Piezométrica (m)		Cota de Pressão (m)		Velocidade Máx. (m/s)	Velocidade Real (m/s)
Mont.	Jus.		Mont.	Jus.	Mont.	Jus.		
217,5	219	0,00002	231,29	231,30	13,80	12,30	0,675	0,003
217,5	217	0,000002	231,29	231,29	13,80	14,30	0,675	0,001
218,0	217,5	0,000002	231,29	231,29	13,30	13,80	0,75	0,002
218,0	217,5	0,00000009	231,29	231,29	13,30	13,80	0,675	0,0004
218,5	217,5	0,00003	231,29	231,29	12,80	13,80	0,75	0,004
218,5	218,5	0,00000006	231,29	231,29	12,80	12,80	0,675	0,0004
219,5	218,5	0,00005	231,29	231,29	11,80	12,80	0,75	0,01
219,5	219,5	0,00005	231,29	231,29	11,80	11,80	0,675	0,004
219,5	219,5	0,00006	231,29	231,29	11,80	11,80	0,75	0,01
220,0	220	0,000002	231,29	231,29	11,30	11,30	0,675	0,001
219,5	220	0,000004	231,29	231,29	11,80	11,30	0,75	0,002
219,5	219,5	0,0000003	231,29	231,29	11,80	11,80	0,675	0,001
219,5	219,5	0,000005	231,29	231,29	11,80	11,80	0,75	0,003
219,5	218,5	0,00001	231,29	231,29	11,80	12,80	0,675	0,003
219,5	219,5	0,0001	231,29	231,29	11,80	11,80	0,75	0,015
219,5	218,5	0,00001	231,29	231,29	11,80	12,80	0,675	0,003
219,5	219,5	0,00003	231,29	231,29	11,80	11,80	0,75	0,02
219,0	220,0	0,00005	231,29	231,29	12,30	11,30	0,675	0,004
219,5	219,0	0,00007	231,29	231,29	11,80	12,30	0,75	0,019
219,5	219,5	0,0001	231,29	231,29	11,80	11,80	0,75	0,02
219,0	218,0	0,00002	231,29	231,29	12,30	13,30	0,675	0,003
219,5	219,0	0,00002	231,29	231,29	11,80	12,30	0,675	0,006
219,5	219,5	0,0004	231,29	231,29	11,80	11,80	0,75	0,02
220,0	219,5	0,000002	231,29	231,29	11,30	11,80	0,675	0,001
220,0	220,0	0,000002	231,29	231,29	11,30	11,30	0,675	0,001
220,0	220,0	0,0005	231,299	231,29	11,30	11,30	0,75	0,025
216,5	216,0	0,000004	231,298	231,29	14,80	15,30	0,675	0,0018
216,5	216,5	0,000002	231,298	231,29	14,80	14,80	0,75	0,0013
216,5	216,0	0,000004	231,298	231,29	14,80	15,30	0,675	0,0018
217,0	216,5	0,000009	231,298	231,29	14,30	14,80	0,75	0,003
217,0	217,0	0,000004	231,298	231,29	14,30	14,30	0,675	0,002
218,0	217,0	0,0002	231,298	231,29	13,30	14,30	0,75	0,0118
218,0	218,0	0,000008	231,298	231,29	13,30	13,30	0,675	0,002
217,5	218,0	0,00005	231,298	231,29	13,80	13,30	0,75	0,01
217,0	217,0	0,0000005	231,298	231,29	14,30	14,30	0,675	0,0004
217,0	217,0	0,0000002	231,298	231,29	14,30	14,30	0,675	0,0003
217,0	217,0	0,0000004	231,298	231,29	14,30	14,30	0,75	0,0007
220,0	217,0	0,0005	231,299	231,29	11,30	14,30	0,75	0,01
220,0	220,0	0,0012	231,300	231,29	11,30	11,30	0,75	0,04
220,0	220,0	0,0000008	231,300	231,3	11,30	11,30	0,75	0,0004
220,0	220,0	0,0167	231,300	231,28	11,30	11,28	0,675	0,17

Fonte: Autora (2021).