INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO RIO GRANDE DO NORTE

LUCIANA MARIA DE LIMA SILVA NÓBREGA

DIAGNÓSTICO DE UM SISTEMA HIDROSSANITÁRIO EM AMBIENTE ESCOLAR E ELABORAÇÃO DO PLANO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL DE ÁGUA E ESGOTO

NATAL
2021

LUCIANA MARIA DE LIMA SILVA NÓBREGA

DIAGNÓSTICO DE UM SISTEMA HIDROSSANITÁRIO EM AMBIENTE ESCOLAR E ELABORAÇÃO DO PLANO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL DE ÁGUA E ESGOTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (PPGUSRN/IFRN), em cumprimento às exigências legais como requisito à obtenção do título de Mestra em Ciências Ambientais, na linha de Saneamento.

Orientadora: Dra. Dayana Melo Torres
Coorientador: Dr. Marco Antônio Calazans Duarte

NATAL

2021

Nóbrega, Luciana Maria de Lima Silva.
N754d Diagnóstico de um sistema hidrossanitário em ambiente escolar e elaboração do plano de gestão sustentável de água e esgoto. / Luciana Maria de Lima Silva Nóbrega. – Natal, 2021.
96 p.: il. Color.

Dissertação (Mestrado Profissional em Recursos Naturais) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Natal, 2021.
Orientadora: Profa. Dra. Dayana Melo Torres.
Coorientador: Prof. Dr. Marco Antônio Calazans Duarte

1. Recursos Naturais – Mestrado Profissional. 2. Sistema hidrossanitário. 3. Gestão sustentável – Água e esgoto. 4. Água – Consumo e abastecimento – Ambiente escolar. I. Torres, Dayana Melo. II. Duarte, Marco Antônio Calazans. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. IV. Título.

CDU: 502.171

Catalogação na Publicação elaborada pelo Bibliotecário Joel de Albuquerque Melo Neto, CRB/15: 320
Biblioteca Central Sebastião Fernandes (BCSF) – IFRN

LUCIANA MARIA DE LIMA SILVA NÓBREGA

DIAGNÓSTICO DE UM SISTEMA HIDROSSANITÁRIO EM AMBIENTE ESCOLAR E ELABORAÇÃO DO PLANO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL DE ÁGUA E ESGOTO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais, do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (PPGUSRN/IFRN), em cumprimento às exigências legais como requisito à obtenção do título de Mestra em Ciências Ambientais, na linha de Saneamento.

Aprovada em 11/10/2021.

BANCA EXAMINADORA

Profª Dra Dayana Melo Torres – Orientadora
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Marco Antônio Calazans Duarte – Coorientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Renato Dantas Rocha da Silva – Avaliador interno
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. André Luís Calado Araújo – Avaliador externo
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me guiou e me deu forças para persistir, paciência para superar os desafios e sabedoria para entender que o caminho do aprendizado é necessário e importante para a evolução humana e pessoal.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Instituto responsável pela minha formação técnica de nível médio, que mudou minha vida, possibilitando-me crescer profissionalmente e enxergar meu potencial, ainda na minha adolescência, e também agora, como profissional formada, ao me dar mais uma oportunidade de evoluir e de contribuir com a ciência.

Aos docentes e aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais (PPgUSRN/IFRN), que sempre estiveram disponíveis e deram todo o apoio necessário para o desenvolvimento deste estudo.

À equipe de manutenção do *Campus* Natal-Central do IFRN e, em especial, ao professor Carlos Guedes Alcoforado, que se disponibilizaram e apoiaram as atividades no *campus* para o desenvolvimento da pesquisa.

À minha orientadora, a Profa. Dra. Dayana Melo Torres, por toda a sua dedicação, disponibilidade e paciência em mostrar sempre o melhor caminho a seguir, compartilhando seus conhecimentos e buscando sempre os melhores resultados.

Ao meu Coorientador, Prof. Dr. Marco Antônio Calazans Duarte que, em conjunto com o Prof. Dr. André Luís Calado Araújo, me apresentou a possibilidade do desenvolvimento desta pesquisa, idealizando este trabalho.

Aos meus colegas mestrandos Kalliny Kelly da Silva Cunha e Bruno Felipe Moura Ribeiro, que começaram o desenvolvimento desta pesquisa comigo e sempre me deram suporte e apoio ao longo do processo.

Aos estimados avaliadores das bancas de qualificação e de defesa que, com sua disponibilidade e potencial, contribuíram grandemente para a análise dos resultados apresentados.

À minha amada família, que é minha base e meu combustível para viver. Ao meu marido Luciano Xavier Gomes da Nóbrega, por todo o seu apoio, compreensão e incentivo; e às minhas filhas Laís Francisca Lima da Nóbrega e Lara Francisca Lima da Nóbrega, por todo carinho e amor.

RESUMO

A gestão sustentável da água é importante para que o seu consumo seja racional, ou seja, para que se utilize apenas a quantidade de água necessária para a atividade fim, reduzindo desperdícios. É possível atingir esse feito seguindo um plano de gestão eficiente. Nesse sentido, esta pesquisa teve o objetivo de desenvolver um plano de gestão sustentável da água e esgoto no *Campus* Natal-Central do IFRN, através do desenvolvimento de um diagnóstico de suas instalações hidrossanitárias, no qual foram identificadas adequações necessárias a se fazerem no sistema. Para tal, a pesquisa aqui apresentada foi realizada entre agosto de 2019 e julho de 2021, contemplando períodos em que o *campus* estava em pleno funcionamento, bem como após a suspensão das aulas em virtude da pandemia da COVID-19. Assim, verificou-se que o campus possui três fontes de abastecimento de água: poço 01 (com hidrômetro), e rede pública de abastecimento de água da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) que é destinada para o consumo humano, como bebedouros e refeitório, por exemplo. Cerca de 80% da água destinada ao consumo do campus tem como fonte de abastecimento o poço 01, tendo uma média de 3.916 m³ de água consumida mensalmente, e 100% deste valor é faturado pela CAERN como retorno para a rede de esgotamento sanitário. No entanto, o campus possui cerca de 20.000 m² de área verde, onde o poço 01 é responsável por sua irrigação. Todo o sistema hidrossanitário, tubulações com seus respectivos diâmetros, conexões e dispositivos foram representados no *as built* eleborado. O dimensionamento dos sistemas também foi apreciado, incluindo-se sistemas de recalque existentes, identificando-se e quantificando-se as necessidades de intervenção e as oportunidades de melhorias. Tais informações subsidiaram a elaboração de um plano de gestão sustentável da água, com a seleção de medidas comportamentais e tecnológicas a serem implementadas, a fim de se contribuir com a redução de perdas, a otimização do consumo e a educação ambiental. Com o dimensionamento e as alterações realizadas nos ramais de distribuição de água com origem no poço 01, foi possível eliminar pontos de vazamentos, identificar os sistemas para melhorar o gerenciamento, eliminar ou substituir tubulações ineficientes. O monitoramento da vazão de esgotamento sanitário, através de medição realizada em campo, possibilitou a negociação para uma alternativa na medição de vazão de esgoto junto à concessionária, o que tornará mais justa a cobrança pelo efluente destinado a rede coletora de esgoto. Dessa forma, foram proporcionados benefícios ambientais, educacionais e econômicos.

Palavras-chave: consumo da água em ambiente escolar; abastecimento de água em ambiente escolar; gestão sustentável da água; consumo sustentável da água.

ABSTRACT

Sustainable water management is important so that its consumption is rational, that is, so that only the amount of water necessary for the main activity is used, reducing waste. It is possible to achieve this feat by following an efficient management plan. In this sense, this research aimed to develop a sustainable water and sewage management plan at the Natal-Central Campus - IFRN, through the development of a diagnosis of its hydrosanitary installations, in which necessary adjustments to be made in the system were identified. To this end, the research presented here was carried out between August 2019 and July 2021, covering periods when the campus was in full operation, as well as after the suspension of classes due to the COVID-19 pandemic. Thus, it was found that the campus has three water supply sources: well 01 (with hydrometer), and public water supply network of CAERN (*Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte*), which is intended for human consumption, such as drinking fountains and cafeteria, for example. About 80% of the water destined for consumption on the campus is supplied by well 01, with an average of 3,916 m³ of water consumed monthly, and 100% of this amount is billed by CAERN as a return to the sewage network. However, the campus has about 20,000 m² of green area, where well 01 is responsible for its irrigation. The entire sanitary system, pipes with their respective diameters, connections and devices were represented in the "as built" elaborated. The dimensioning of the systems was also appreciated, including existing settlement systems, identifying and quantifying the needs for intervention and opportunities for improvement. Such information supported the elaboration of a sustainable water management plan, with the selection of behavioral and technological measures to be implemented, in order to contribute to the reduction of losses, optimization of consumption and environmental education. With the sizing and changes made to the water distribution branches originating from well 01, it was possible to eliminate leak points, identify systems to improve management, eliminate or replace inefficient pipes. The monitoring of the sanitary sewage flow, through measurements carried out in the field, made it possible to negotiate an alternative in the measurement of sewage flow with the concessionaire, which will make the charge for effluent destined for the sewage collection network more fair. In this way, environmental, educational and economic benefits were provided.

Keywords: water consumption in a school environment; water supply in a school environment; sustainable water management; sustainable water consumption.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Etapas metodológicas da pesquisa..... 21

Fotografia 1 – Aérea do Campus Natal Central..... 23

Quadro 1 – Fontes do sistema de abastecimento de água e principais pontos de consumo..... 24

Figura 2 – Localização do Poço 01, em planta baixa..... 24

Figura 3 – Imagem do reservatório inferior, à esquerda, e distribuição de suas câmaras, à direita..... 25

Figura 4 – Imagens da Estação Elevatória 1, que destina água com origem da CAERN..... 25

Figura 5 – Imagens da Estação Elevatória 2, que destina água com origem no poço 01..... 26

Figura 6 – Localização do Poço 02, em planta baixa..... 27

Quadro 2 – Divisão dos coletores prediais de efluentes e locais dos subcoletores..... 27

Figura 7 – Divisão de contribuição dos dois coletores de efluentes, em planta baixa.... 28

Figura 8 – Imagens do levantamento topográfico – RE1..... 30

Figura 9 – Etapas para a elaboração do Plano de Gestão Sustentável da Água..... 33

Quadro 3 – Relação de possíveis medidas a serem implementadas..... 34

Gráfico 1 – Poço 01: volumes de consumo faturados (novembro/2016 – julho/2019) ... 38

Gráfico 2 – Rede de distribuição da CAERN: volumes de consumo faturados (novembro/2016 – agosto/2019) 39

Gráfico 3 – Percentual de volume faturado com relação ao Poço 01 e à rede de distribuição da CAERN (novembro/2016 – julho/2019) 40

Figura 10 – Imagens do RE1 e a tubulação de ferro fundido e PVC..... 41

Figura 11 – RE1: planta baixa de localização e imagem de seu barrilete..... 42

Figura 12 – (a) Situação antes das adequações (b) Projeto e (c) Execução..... 43

Figura 13 – Reservatório elevado desativado: localização em planta baixa e imagem.... 43

Figura 14 – R1: imagem do detalhe do projeto em corte transversal e localização em planta baixa..... 44

Figura 15 – Água proveniente do abastecimento da CAERN: parte do projeto hidráulico – caminhamento das instalações em planta baixa..... 46

Figura 16 Poço 02: imagem da caixa de inspeção para acesso..... 47

Quadro 5 – Aparelhos Sanitários do *Campus* Natal-Central do IFRN..... 49

Quadro 6 – Medição de hidrômetros do *Campus* Natal-Central do IFRN..... 51

Quadro 7 – Estimativa de consumo pelos bebedouros do *Campus* Natal-Central do IFRN..... 52

Quadro 8 – Ramais de distribuição em que se recomenda a instalação de hidrômetros.. 53

Quadro 9 – Amostragem de vazamentos identificados no *Campus* Natal-Central do IFRN..... 54

Quadro 10 – Medidas tecnológicas selecionadas..... 59

SUMÁRIO

1	**INTRODUÇÃO**	10
1.1	OBJETIVO GERAL	11
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.3	JUSTIFICATIVA	12
2	**REFERENCIAL TEÓRICO**	14
2.1	CONSERVAÇÃO E USO RACIONAL DA ÁGUA	14
2.2	LEGISLAÇÃO APLICADA AOS RECURSOS HÍDRICOS	15
2.3	CONSUMO E GESTÃO DA ÁGUA EM AMBIENTE ESCOLAR	17
3	**MATERIAIS E MÉTODOS**	21
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA	22
3.2	DIAGNÓSTICO DO SISTEMA HIDROSSANITÁRIO	29
3.3	ELABORAÇÃO DO PLANO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA	32
3.3.1	**Medidas a serem implementadas**	34
3.3.2	**Cronograma e programação orçamentária**	37
3.3.3	**Implementação das medidas**	37
4	**ANÁLISE DOS RESULTADOS**	38
4.1	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DO CNAT	38
4.1.1	**Água com origem do Poço 01**	38
4.1.2	**Água com origem da rede pública – CAERN**	46
4.1.3	**Água com origem do Poço 02**	47
4.2	CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO	47
4.2.1	**Monitoramento da vazão de efluentes líquidos do Campus Natal-Central descartados em rede coletora**	48
4.3	PLANO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA NO AMBIENTE ESCOLAR	49
4.3.1	**Medidas comportamentais**	50
4.3.1.1	Levantamento da frequência de utilização de aparelhos sanitários	51
4.3.1.2	Iniciar os procedimentos de leitura regular dos hidrômetros	52
4.3.1.3	Adequação dos comportamentos de uso da água e levantamento dos procedimentos de limpeza	54
4.3.1.4	Adoção de procedimentos de detecção e reparação de perdas	55

4.3.1.5 Adequação do volume, frequência e duração das descargas em função da utilização de cada dispositivo 56
4.3.1.6 Utilização de água da chuva para rega em jardins ou similares 57
4.3.1.7 Utilização de água residual tratada para rega em jardins ou similares 57
4.3.1.8 Adequação da gestão da irrigação em jardins ou similares 58
4.3.1.9 Adequação de procedimentos de lavagem de pisos e de veículos 58
4.3.2 Medidas tecnológicas 59
4.3.3 Cronograma e programação orçamentária 60
4.3.4 Implementação 60
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 61
5.1 PRODUTO TÉCNICO – PLANO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA – CNAT - IFRN 61
REFERÊNCIAS 63
APÊNDICE A – AS *BUILT* DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DO CAMPUS NATAL-CENTRAL DO IFRN – PRANCHA 01/02 67
APÊNDICE B – AS *BUILT* DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO DO CAMPUS NATAL - CENTRAL DO IFRN PRACHA 02/02 68
APÊNDICE C – PLANO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA – CNATAL - IFRN 69

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país privilegiado com a disponibilidade de água, mas o acesso da população a esse recurso natural não acontece de forma igualitária, visto que algumas regiões enfrentam a escassez de água, principalmente o Nordeste. Em vista disso, as políticas públicas já têm avançado ao longo dos anos no sentindo de melhorar a distribuição, o tratamento e a destinação da água.

A gestão sustentável da água é importante para que o consumo seja racional, ou seja, para que se utilize apenas a quantidade de água necessária para a atividade fim, reduzindo desperdícios. É possível atingir esse feito seguindo um plano de gestão eficiente. Em um ambiente escolar, tem-se muitos pontos de distribuição e de consumo de água, como refeitórios, banheiros, vestiários, piscinas, laboratórios, bebedouros, irrigadores, etc. Nesse sentido, é importante que o consumo seja gerido de forma sustentável, a fim de promover benefícios ao meio ambiente e redução de custos, além de motivar os alunos e toda a comunidade escolar a fazer o consumo consciente da água. É fundamental destacar que esse aprendizado também pode ser reproduzido nos ambientes residenciais, trazendo-se um ganho ainda maior na preservação dos recursos hídricos.

O conceito de gestão sustentável da água visa apoiar o desenvolvimento econômico, social e educacional, e ainda proteger o meio ambiente. Dessa maneira, a gestão da água pode ser constantemente relacionada à sustentabilidade, ao visar o envolvimento da comunidade escolar, incluindo alunos, professores, técnicos administrados, terceirizados e fornecedores, bem como toda a sociedade que a instituição influencia, seja direta ou indiretamente. Ressalta-se, ainda, que o benefício econômico resultante de uma gestão sustentável da água, com a redução da fatura paga à concessionária, é muito importante para a administração escolar, pois permite a disponibilização de recursos orçamentários para outros fins em prol da escola (PAHL-WOSTL *et al*., 2008).

Os estudos desenvolvidos nesta pesquisa foram aplicados no *Campus* Natal-Central do IFRN, que, conforme publicação no seu portal oficial, foi considerado a quinta melhor instituição federal do país, de acordo com o relatório do Índice Integrado de Governança e Gestão (IGG) do Tribunal de Contas da União (TCU). Nesse relatório, os resultados foram obtidos com base em levantamento de dados obtido em 2017, e o IFRN aparece na segunda posição de toda a Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica e na quinta posição geral dentre todas as Instituições Federais de Ensino (IFEs) do país, que também engloba as universidades (IFRN, 2019a).

Atualmente, o IFRN possui, aproximadamente, 28 mil alunos, distribuídos em 21 *campi* em todo o estado do Rio Grande do Norte (RN), ofertando cursos de nível médio e superior, nas modalidades presencial e à distância. Ao todo, são 109 cursos oferecidos, nas áreas de Controle e Processos Industriais; Desenvolvimento Educacional e Social; Gestão e Negócios; Informação e Comunicação; Infraestrutura; Produção Alimentícia; Produção Cultural e Design; Turismo, Hospitalidade e Lazer; Produção Industrial e Recursos Naturais. Para atender as demandas educacionais, o IFRN possui grande estrutura física, e cada *campus* possui suas particularidades, com laboratórios específicos conforme os cursos ofertados (IFRN, 2021).

É importante ressaltar que as instituições de ensino têm um papel importante para a produção de estudos e para a conscientização da sociedade quanto às questões relacionadas ao uso dos recursos naturais, sobretudo as instituições federais brasileiras que trabalham com o tripé da educação, isto é, com o ensino, a pesquisa e a extensão. Diante desse cenário, é possível identificar que é complexa a gestão do abastecimento de água e do esgotamento sanitário em instituições de dimensão maior e que não tiveram um planejamento para a expansão desses serviços conforme as demandas estruturais foram sendo ampliadas. Tal problemática está presente no *Campus* Natal-Central, o maior do IFRN em termos de circulação de pessoas, pois possui o maior número de alunos e de cursos ofertados, além de sua estrutura física ser a mais antiga, inaugurada em 1967 (IFRN, 2021).

Neste cenário, encontrou-se uma excelente oportunidade de aproveitar o *know-how* existente no campus de profissionais e cursos ofertados, a fim de melhor representar o que a instituição tem nas suas instalações físicas com o que é ensinado nos seus diversos cursos.

Esse *campus* apresenta um alto consumo de água, que vem gradativamente aumentando ao longo do tempo, sem controle efetivo de perdas e desperdício, além de não apresentar um plano de manutenção dos dispositivos de instalações de água e esgoto e de não possuir gerência sobre o consumo em cada edificação do *campus*. Assim, um plano de gestão sustentável do consumo da água implantado no *Campus* Natal-Central do IFRN pode servir como exemplo a ser seguindo pelos demais *campi* da instituição, como também por qualquer ambiente escolar, trazendo benefícios ambientais, educacionais e econômicos.

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um plano de gestão sustentável da água e esgoto no CNAT – IFRN.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Diante da abordagem apresentada, este trabalho propõe os seguintes objetivos específicos:

a) Realizar um diagnóstico das instalações hidrossanitárias, desde o abastecimento de água até o esgotamento sanitário;

b) Identificar ações corretivas e de melhoria para o sistema hidrossanitário;

c) Relacionar ações a serem implementadas pela equipe gestora do *campus* com a descrição de medidas comportamentais e tecnológicas adequadas ao CNAT - IFRN a serem desenvolvidas.

1.3 JUSTIFICATIVA

No momento da realização desta pesquisa, o *campus* apresentava um progressivo aumento na conta paga à Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN), o que impactava o orçamento, motivando a gestão administrativa a buscar uma forma de diminuir o consumo e de entender as justificativas desses aumentos. Ademais, o Plano de Desenvolvimento Institucional (PDI) do IFRN 2019 – 2026 (IFRN, 2019b) apresenta como um dos valores da instituição a responsabilidade socioambiental - pautada na sustentabilidade e responsabilidade social e ambiental. Esses valores devem influenciar o comportamento das pessoas na organização e na execução de suas tarefas.

Nesse sentindo, esta pesquisa contribui com a aplicação desses valores, além de colaborar com o objetivo Estudantes e Sociedade – 2 (ES-2) do PDI, o qual tem por finalidade fortalecer a sustentabilidade, promover ações para redução do consumo de recursos naturais e de resíduos poluentes, bem como adotar critérios de sustentabilidade nas contratações e aquisições. Um dos indicadores desse objetivo é a implantação do Plano de Economia, Uso Eficiente e Reúso da Água nos *campi* do IFRN (PeuÁgua), com a finalidade de promover o melhor uso dos recursos naturais, bem como conscientizar servidores, alunos e comunidade externa sobre a importância de se preservar tais recursos. Esses objetivos são institucionais, de forma que a sua aplicação no *Campus* Natal-Central pode ser visualizada como um projeto piloto, sendo possível replicá-lo nos demais *campi* da instituição ou em qualquer ambiente escolar com características semelhantes, colaborando com o Plano de Gestão de Logística Sustentável (IFRN, 2015) e o projeto institucional Campus Verde.

Assim, esta pesquisa pretende desenvolver um Plano de Gestão Sustentável do Consumo da Água, abordando iniciativas, métodos e técnicas sustentáveis, de simples execução e de resultados relevantes, para diminuir o consumo sem deixar de atender a todas as necessidades hídricas do *campus*. Além disso, pode-se promover educação e ambientação por meio do envolvimento de toda a comunidade escolar ao se fomentar o uso racional da água. Contribui-se, assim, para a ciência, com o fornecimento de informações e de diretrizes, e para a proteção ao meio ambiente, no que diz respeito à preservação de um recurso natural tão importante para a sobrevivência humana, como é a água.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção serão relacionados e abordados os principais conceitos intrínsecos ao tema da gestão da água e esgotamento sanitário de maneira generalizada e especialmente ligada ao ambiente escolar.

2.1 CONSERVAÇÃO E USO RACIONAL DA ÁGUA

Devido ao crescimento da população, ao desenvolvimento econômico, aos padrões de precipitação cada vez mais imprevisíveis e às mudanças climáticas, a água está se tornando cada vez mais escassa em muitas regiões ao redor do mundo. Projetar e implementar programas de gestão de água com boa relação custo-benefício é parte integrante do atendimento aos desafios hídricos futuros (WANG; CHERMAK, 2021).

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) publicou dados fornecidos pela organização brasileira do *World Wide Fund For Nature* ou Fundo Mundial para a Natureza (WWF Brasil) os quais revelam que 97,5% da água do planeta Terra provém dos mares e oceanos; 2,5%, de águas subterrâneas, rios, lagos e geleiras; e, além disso, que menos de 1% do total está disponível para o consumo. Ressalta-se, também, que cerca de 12% das reservas de água doce encontram-se no Brasil, o que lhe confere a maior disponibilidade de água doce do planeta (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2021a).

Nessa perspectiva, a essencialidade da água em contraste com a demanda pelo seu consumo requer atenção, pois, caso não haja um trabalho eficaz e feito de maneira conjunta, serão propiciados problemas relacionados ao desperdício e até mesmo escassez. Com isso, surge a necessidade de políticas públicas e o desenvolvimento de programas referentes à conservação e uso da água.

A implantação de Programas de Uso Racional da Água em edifícios escolares é vantajosa, principalmente, por causa de sua abrangência. A escola, sendo um agente formador de cidadãos, pode desempenhar ações na preparação de gestores e multiplicadores para atuarem na sociedade, conscientizando e motivando novas atitudes quanto ao uso eficiente da água nas edificações (SCHERER; GONÇALVES, 2004). Conforme dito por Neyfla Garcia à Tribuna Rural (Distrito Federal - DF) e publicado pelo site da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2021b): Racionalizar o uso da água não significa ficar sem ela. Significa usá-la com menos desperdício. Considerá-la uma prioridade social e ambiental, para que a água tratada e saudável nunca falte em nossas torneiras.

O consumo consciente da água, então, é possível mediante a mudança de comportamento das pessoas. É importante a compreensão de que racionar água não significa deixar de consumir, significa consumir o necessário, ou seja, realizar a mesma atividade usando o suficiente, diminuindo desperdícios, e contribuindo com a preservação ambiental. No que diz respeito à educação, a conservação de água deve ser iniciada nas escolas, pois elas podem atuar diretamente na formação e integração do aluno, sensibilizando-se principalmente as crianças, de maneira a conscientizar as demais pessoas que as cercam (SCHERER; GONÇALVES, 2004).

Dessa forma, a solução para diminuir o desperdício da água é a conscientização através da educação ambiental e mobilização social, visto que essa é o meio mais convincente e eficaz para a mudança de atitude. Considera-se, assim, que o ser humano é levado a se modificar pelo conhecimento e não somente pela obrigação de seguir legislações. A conscientização permite que o indivíduo passe a observar seus atos e a analisar se os mesmos trarão consequências negativas para o futuro (ANDRÉ; MACEDO; ESTENDER, 2015).

2.2 LEGISLAÇÃO APLICADA AOS RECURSOS HÍDRICOS

A Lei Federal nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, faz referência à regulamentação do gerenciamento dos recursos hídricos e tem como fundamentos:

I - a água é um bem de domínio público;

II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;

III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;

V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;

VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (BRASIL, 1997).

A partir desses fundamentos, é possível verificar que a água é um recurso natural limitado e que, portanto, deve ser consumido com precaução, visando-se seu melhor aproveitamento e rendimento e evitando-se desperdício. Logo, é importante que o consumo dos recursos hídricos seja administrado de forma consciente, de maneira que os usuários tenham responsabilidade, racionalizando, otimizando e sempre que possível reutilizando esse recurso.

Brasil (1997) no Art. 2° diz que a Política Nacional de Recursos Hídricos, nesse sentido, tem como objetivo assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável; a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais; além de incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais).

À vista disso, evidencia-se que é preciso fazer um uso consciente e adequado dos recursos hídricos, para que as gerações futuras possam usufruir deste bem tão precioso que é a água. Para tanto, é necessário implantar uma cultura diferente da que existe atualmente, pois o desperdício de água é comum em muitas comunidades, seja nas residências, no comércio, nas empresas, nos hospitais, nas indústrias ou no ambiente escolar.

Nessa perspectiva, destaca-se a trajetória da política ambiental brasileira, em que a implantação de políticas públicas ambientais é relativamente recente. Inicia-se na década de 1930, com a elaboração de normas pioneiras relacionadas aos recursos naturais, tais como o Código das Águas e o Código Florestal, em 1934. Desde então, o Brasil tem avançado gradualmente no estabelecimento de importantes marcos legais, como também no processo de institucionalização das políticas públicas do meio ambiente (MOURA, 2016).

Em 1930, quando começam a surgir as primeiras leis nessa área, a pioneira foi o Código das Águas, que permitia ao setor público controlar e incentivar o aproveitamento industrial da água e também traz definições sobre águas públicas, comuns e particulares. É relevante mencionar em destaque, também, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), instituída pela Lei Federal nº 6.938 de 1981. Essa lei tem como objetivo a preservação, a melhoria e a recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no país, condições para o desenvolvimento socioeconômico, para os interesses da segurança nacional e para a proteção da dignidade da vida humana (BRASIL, 1981).

A referida lei também apresenta preocupação com a racionalização da água, como é estabelecido no seu segundo princípio: racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar, como tantas outras ações importantes para a proteção do meio ambiente e seus recursos naturais, controle da poluição e degradação e punição aos infratores (BRASIL, 1981). Outros princípios da PNMA que se podem destacar para o uso racional da água são: educação ambiental a todos os níveis do ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente e incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais.

No âmbito estadual, o RN dispõe da Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos, a qual preside o Conselho Estadual de Recursos Hídricos, compõe o Conselho Estadual de Meio Ambiente e representa o Estado no Conselho Nacional de Recursos Hídricos, através do qual integra o Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos. Também são vinculados a essa secretaria o Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN), a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) e o Instituto de Desenvolvimento do Meio Ambiente (IDEMA), segundo informações disponibilizadas no portal oficial da secretaria.

Na esfera local, há a Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo da cidade de Natal (SEMURB), que tem como principal atribuição promover o planejamento urbanístico e ambiental do município, em consonância com as diretrizes do planejamento microrregional, regional, estadual e federal. O seu foco é compatibilizar o desenvolvimento urbano com a proteção ao meio ambiente, mediante a racionalização do uso dos recursos naturais (SEMURB, 2021).

A disposição institucional permitiu e fomentou a articulação entre os diversos órgãos competentes para atuarem de maneira efetiva na gestão das águas, como, por exemplo, com o Pacto Nacional pela Gestão das Águas, uma relevante investida nesse sentido, embora ainda seja necessária maior articulação dos órgãos em prol da efetiva implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos. Essa articulação é fundamental quando se trata de mecanismos de gestão preventivos que criem robustez quanto à disponibilidade e segurança hídricas. A relevância desse aspecto preventivo é mais uma vez reforçada em se tratando da mitigação dos efeitos de crises hídricas, como as que recorrentemente assolam o Brasil (MARQUES, 2017).

No IFRN, foi implantado o Plano de Gestão de Logística Sustentável para atender o que determina a instrução normativa nº 10 de 12 de novembro de 2012 do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão (IFRN, 2015). Esse plano busca consolidar, aprimorar e sistematizar as boas práticas de sustentabilidade já em andamento no IFRN e fornece diretrizes para novas ações. Um de seus objetivos é incentivar a implementação de ações de economia e uso racional da água.

2.3 CONSUMO E GESTÃO DA ÁGUA EM AMBIENTE ESCOLAR

O uso racional de água já é objeto de várias certificações existentes no mundo, destacando-se entre as principais a Alta Qualidade Ambiental - *Haute Qualité Environnementale* (AQUA-HQE) e a *Leadership in Energy and Environmental Design*

(LEED). A AQUA-HQE, desenvolvida e aplicada exclusivamente pela Fundação Vanzolini, foi elaborada a partir da certificação francesa *Démarche Haute Qualité Environnementale* (Démarche HQE). Inicialmente lançada como Processo AQUA, no ano de 2008, transformou-se em AQUA-HQE em 2014, após acordo de cooperação entre a Fundação Vanzolini e o órgão certificador *Cerway*, responsável pelo HQE (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2021).

A certificação *Leadership in Energy and Environmental Design*, ou LEED (termo que pode ser traduzido como Liderança em Energia e *Design* Ambiental), aplicada pelo *United States Green Building Council* (USGBC) e promovida no Brasil pelo GBC Brasil, fundado em 2007, teve início nos Estados Unidos, no ano de 2000. É utilizada em mais de 160 países e possui quatro níveis: *Certified* (Certificado), *Silver* (Prata), *Gold* (Ouro) e *Platinum* (Platina), conforme pontuação adquirida pelo empreendimento, por meio de atendimento a pré-requisitos, que são práticas obrigatórias para obter a certificação, e créditos alcançados (GBC BRASIL, 2021).

As certificações ambientais trazem vários requisitos a serem cumpridos que, muitas vezes, são de difícil execução, porém estimulam as organizações à conservação do meio ambiente, sendo bem-conceituadas no mercado. Com o cenário atual de escassez de água e perante os benefícios trazidos, é necessário que a elaboração dos projetos de edificações adote medidas para a redução do consumo de água (ROCHA, 2017).

Nesse contexto, é importante que se explorem as possibilidades existentes para otimizar o consumo de água dentro da escola, de modo a enfatizar as boas práticas existentes, a evitar o desperdício de água e a viabilizar seu reaproveitamento. Rabab I, Maarouf e Abd El-Aal (2019) abordam e destacam os métodos, técnicas e iniciativas sustentáveis que são implementadas no *design* interno e externo de edifícios escolares, como a de gerir água sustentável nas escolas, além de ter acesso a diretrizes e recomendações sobre procedimentos futuros para escolas mais sustentáveis.

De acordo com Gelfand (2010), as escolas sustentáveis minimizam o uso de água no interior dos edifícios e reduzem ou eliminam o seu uso para irrigação nas áreas externas. As quantidades de água usadas nos vasos sanitários podem ser reduzidas se usando água cinza, água de superfície ou mictórios sem água. Demonstrar a coleta de água da chuva e seu uso final para regar jardins, por exemplo, pode fazer parte do currículo sustentável.

Para Nunes *et al*. (2017), um instrumento importante no combate às patologias hidrossanitárias nas escolas é o monitoramento do consumo de água, que deve ser feito permanentemente, visando identificar consumos atípicos que podem ser resultantes de patologias. De modo a solucionar ou melhorar consideravelmente essa realidade, o primeiro

passo seria a conscientização dos agentes consumidores de água, sejam alunos, professores ou funcionários, mostrando-os que são diretamente responsáveis pela preservação do patrimônio escolar.

Diante do cenário de escassez da água e do progressivo aumento da degradação do meio ambiente, é necessária a aplicação de alternativas capazes de reduzir ou eliminar as perdas ao longo do sistema de distribuição de água. Nessa perspectiva, as políticas de conservação da água não têm dado a devida importância ao fato de que as escolas são importantes consumidoras de água em uma cidade e que grandes economias de água podem ser alcançadas. As intervenções comportamentais são eficazes na redução do uso de água, no entanto, seus impactos podem ser prejudicados por infraestrutura deficiente (VISSER, 2021).

As perdas se caracterizam pela diferença entre o volume de água produzido e aquele do micro medidor nos pontos de consumo, que podem ocorrer em qualquer etapa de um sistema de abastecimento de água, desde a captação até o ponto de consumo. Podem ser reais ou aparentes: reais quando consideramos os vazamentos; e aparentes quando se dão por problemas de gestão, comerciais, além de fraudes de usuários e erros de medição (KUSTERKO; ENSSLIN; ENSSLIN, 2015).

Fatores relacionados à infraestrutura e à operação influenciam nas perdas de água, que dependem da característica da rede de distribuição e práticas de operação, do nível de tecnologia do sistema e da *expertise* dos técnicos responsáveis pelo controle dos processos (BEZERRA; CHEUNG, 2013).

Neste sentido, é importante que os sistema de distribuição de água e esgotamento sanitário numa instituição escolar sejam geridos de forma eficiente, para tanto é indispensável que se tenha conhecimento e registro do funcionamento deste sistemas, como o encaminhamento, diâmetro, conexões, tipos de material de todas as tubulações existentes, sistemas de bombeamento, entre outros. Numa instituição escolar, principalmente de grande porte, é comum que hajam reformas ou modificações, para tanto é relevante que os projetos sejam mantidos atualizados e verificado a necessidade de redimensionamentos. Contudo, para a prática destas ações é imprescindível que exista um corpo técnico atuante, munido de informações minuciosas e atualizadas, afim de executar e/ou gerenciar os projetos, construções, operação e manutenção dos sistemas hidrossanitários.

Para Cheng e Hong (2004), a quantidade de água elevada utilizada nas escolas primárias pode se dar por causa do uso inadequado e das perdas. Porém, um consumo baixo pode também não ser condizente com os princípios de saúde e sanitários. Esses autores acrescentam ainda que um plano apropriado para escolas primárias quanto à utilização da água

poderia contribuir com o orçamento do sistema de educação do país e promover a conservação do ambiente.

Nesta perspectiva, é visto a oportunidade do uso de tecnologias, com o emprego das engenharias, que visam a redução do consumo da água, sem prejuízos a salubridade, especialmente em uma instituição responsável pela formação de profissionais de alto nível e reconhecida nacionalmente, inclusive nas área de construção civil, saneamento e ciências ambientais.

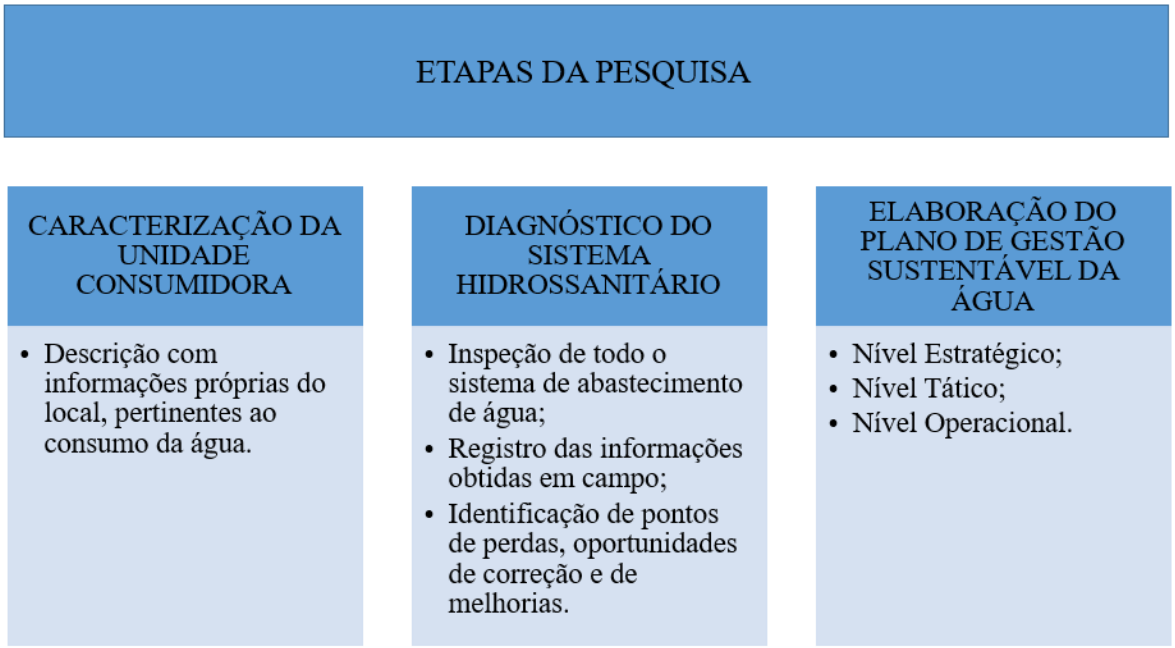
Com relação às escolas, é pertinente salientar que alunos e professores não são diretamente responsáveis pelo pagamento das contas de serviços públicos. Essa é uma distinção importante de estudos que avaliam o uso de água em residências, onde o usuário é o responsável direto pela conta (a menos que as despesas com serviços públicos estejam incluídas como um valor fixo no aluguel mensal). A economia de água, portanto, resultará em benefícios financeiros para a escola em geral, mas não diretamente para o indivíduo, enquanto que em estudos de nível familiar, os usuários de água se beneficiam diretamente de seus esforços de conservação (VISSER, 2021).

Nesse contexto, é notório que o envolvimento da comunidade escolar deve ser provocado através da conscientização, além de ser importante, também, a intervenção nos pontos de consumo, com a atuação das equipes de engenharia com a elaboração e execução de projetos, e as equipes de manutenção e operação que gerenciam e organizam as atividades afim de evitar e/ou eliminar pontos de perdas e garantir que os sistemas funcionem da melhor forma, fornecendo água com quantidade e qualidade apropriada, bem como seus efluentes sejam destinados adequadamente. Tais práticas são alcançadas com a aplicação de um plano de gestão capaz de otimizar o consumo da água, que gera economia, benefícios ambientais e comportamentais sem prejudicar as atividades relacionadas ao consumo da água, ou seja, reduzir sem deixar de atender as necessidades.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção, são abordados os procedimentos para o desenvolvimento desta pesquisa, divididos em três etapas, sendo elas: a caracterização da unidade consumidora, a realização de diagnóstico do sistema hidrossanitário e, por fim, a elaboração do Plano de Gestão Sustentável da Água (ver Figura 1). Esses procedimentos têm relevância do ponto de vista da gestão administrativa das infraestruturas das escolas e visam, principalmente, o desenvolvimento e a replicabilidade das ações de sustentabilidade quanto ao consumo e destinação da água.

Figura 1 – Etapas metodológicas da pesquisa



Fonte: Elaboração própria em 2021.

O método aplicado teve como base as orientações gerais contidas no guia técnico *Gestão Patrimonial de Infraestruturas de Abastecimento de Água – Uma abordagem centrada da reabilitação* (ALEGRE; COVAS, 2010). A proposta desse guia é baseada na coleta de dados e informações sobre os sistemas, subsistemas ou componentes, realizando-se inspeções e medições. É proposta a adoção de três níveis de planejamento: estratégico, tático e operacional. Para a elaboração do planejamento, para qualquer nível, são seguidas as fases principais: elaboração de um diagnóstico, produção do plano, implementação do plano, monitoramento do plano e revisão do plano. No que diz respeito ao desenvolvimento deste trabalho, se seguirá até a fase de produção do plano, deixando-se como recomendação a continuação das fases para estudos posteriores.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE CONSUMIDORA

Esta etapa é o ponto de partida para o desenvolvimento do Plano de Gestão Sustentável da Água, no qual salienta-se como imprescindível se apropriar das características específicas do local onde se pretende desenvolver o plano. Foram levantados os seguintes dados:

a) área do terreno onde a unidade consumidora foi construída;

b) área construída (área administrativa, pedagógica, esportiva e de laboratórios);

c) área verde;

d) número de alunos matriculados;

e) número de professores;

f) número de servidores administrativos, incluindo terceirizados;

g) origem do abastecimento de água (poço, concessionária e cisterna);

h) destinação do efluente (rede coletora e fossa séptica);

i) quaisquer outras informações julgadas relevantes para subsidiar a etapa seguinte, o diagnóstico do sistema hidrossanitário.

Para o levantamento das áreas, é recomendável consultar os projetos arquitetônicos existentes ou realizar a medição no local com trena ou com o auxílio de equipamentos topográficos. As demais informações (número de alunos, professores, servidores...) deverão ser consultadas na direção geral da unidade consumidora.

Nessa perspectiva, ressalta-se que a presente pesquisa foi executada no *Campus* Natal-Central do IFRN, o mais antigo da instituição, situado em área densamente urbanizada da cidade de Natal - RN. Localiza-se em uma área com terreno de 90.000 m², cujo prédio principal foi inaugurado em 1967. O *Campus* Natal-Central possui uma área construída de 42.848 m², sendo 9.324 m² de área administrativa, 11.710 m² de área pedagógica (salas de aula e laboratórios) e 24.169 m² de área esportiva, de acordo com o último Relatório de Gestão disponibilizado no portal do Instituto, de 2018 (IFRN, 2021).

Ademais, de acordo com as informações repassadas pela administração do *campus* em março de 2021, ele possui 5.675 alunos matriculados, 336 professores efetivos, 10 professores substitutos, 39 estagiários, 538 servidores da administração pública e 150 servidores de empresas terceirizadas, totalizando uma comunidade escolar de 6.748 pessoas. Verifica-se ainda que, em comparação com os demais *campi*, o *Campus* Natal-Central possui a mais ampla estrutura física e operacional nas dimensões acadêmica, esportiva e administrativa, além do maior número de servidores e de discentes. Para atender os focos tecnológicos do *campus*,

existem cinco diretorias acadêmicas: a Diretoria de Ciências (DIAC); a Diretoria de Informática (DIATINF); a Diretoria de Indústria (DIACIN); a Diretoria de Construção Civil (DIACON); e a Diretoria de Recursos Naturais (DIAREN).

Em relação à estrutura física, o *campus* dispõe de um auditório central com capacidade para 490 lugares e três miniauditórios, uma biblioteca central e outra setorial, na DIAC, uma unidade de assistência médico-odontológica e de acompanhamento psicológico, amplo estacionamento, uma lanchonete e um refeitório. Quanto à estrutura esportiva, tem-se duas piscinas, três quadras esportivas, um ginásio poliesportivo e um campo de futebol com pista de atletismo (IFRN, 2021). A Fotografia 1, a seguir, apresenta uma fotografia aérea do *Campus* Natal-Central.

Fotografia 1 – Aérea do *Campus* Natal-Central

Fonte: Bruno Gomes (2018).

No *campus*, foram verificadas as origens do sistema de abastecimento de água e seus principais pontos de consumo, conforme descrito no Quadro 1, abaixo. Foram encontrados, assim, três diferentes origens de abastecimento: dois poços, nomeados nesta pesquisa de Poço 01 e Poço 02, além do alimentador predial abastecido diretamente pela concessionária, a CAERN. A água com origem nos Poços 01 e 02 não é tratada, e não há monitoramento de parâmetros de sua qualidade, portanto, não é possível afirmar que essa água seja potável.

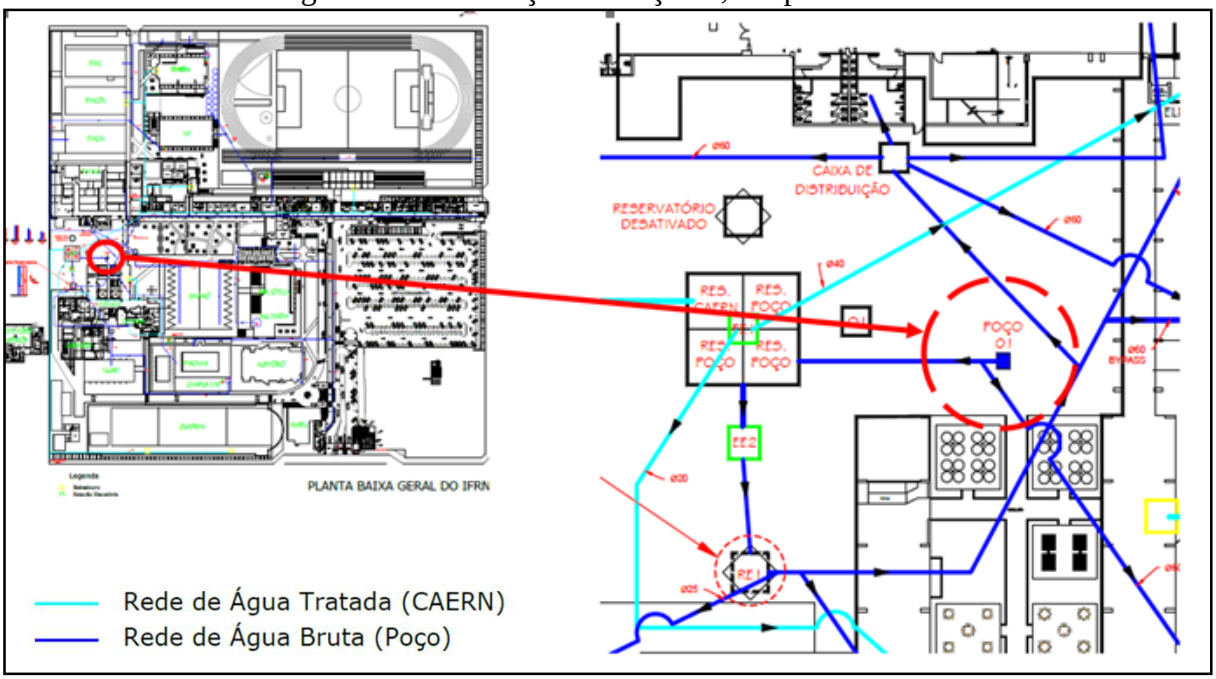
Quadro 1 – Fontes do sistema de abastecimento de água e principais pontos de consumo

Origem	**Principais pontos de consumo**	**Medição com hidrômetro**
Poço 01	Parte da irrigação, piscinas, banheiros, copas e laboratórios.	Sim
Poço 02	Irrigação do campo de futebol	Não
CAERN	Bebedouros, restaurante, refeitório e cantina.	Sim

Fonte: Elaboração própria em 2021.

A origem da água com maior consumo registrado é o Poço 01, localizado conforme a Figura 2, que apresenta a sua localização em planta baixa.

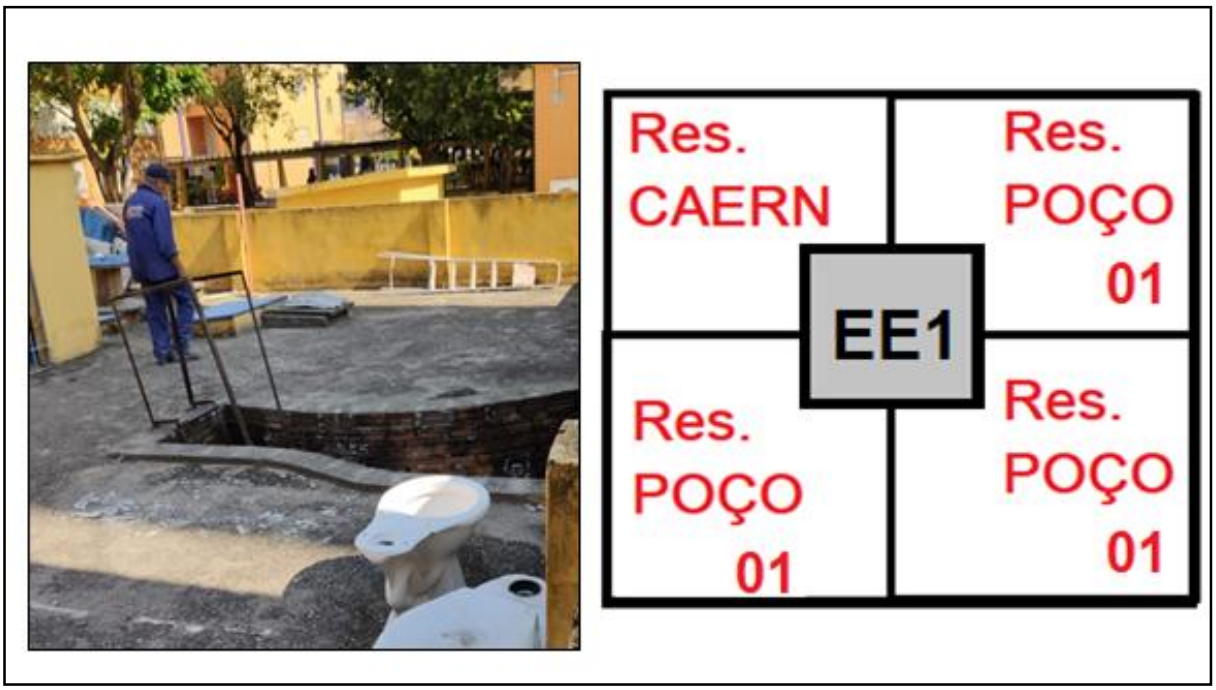
Figura 2 – Localização do Poço 01, em planta baixa



Fonte: elaboração própria em 2021.

Com relação à captação da água do Poço 01, essa é realizada por bombeamento. Assim, a água é armazenada em um reservatório inferior, contendo quatro câmaras. Três das câmaras estão interligadas para reserva da água do Poço 01, e outra diz respeito ao alimentador predial abastecido diretamente pela concessionária (CAERN), conforme a Figura 3.

Figura 3 – Imagem do reservatório inferior, à esquerda, e distribuição de suas câmaras, à direita



Fonte: Elaboração própria em 2021.

Para a distribuição da água com origem da CAERN e no Poço 01, existem duas estações elevatórias, denominadas neste estudo de Estação Elevatória 1 (EE1), que pode ser vista na Figura 4, e Estação Elevatória 02 (EE2), conforme verifica-se na Figura 5.

Figura 4 – Imagens da Estação Elevatória 1, que destina água com origem da CAERN

Fonte: elaboração própria em 2021.

Figura 5 – Imagens da Estação Elevatória 2, que destina água com origem no poço 01

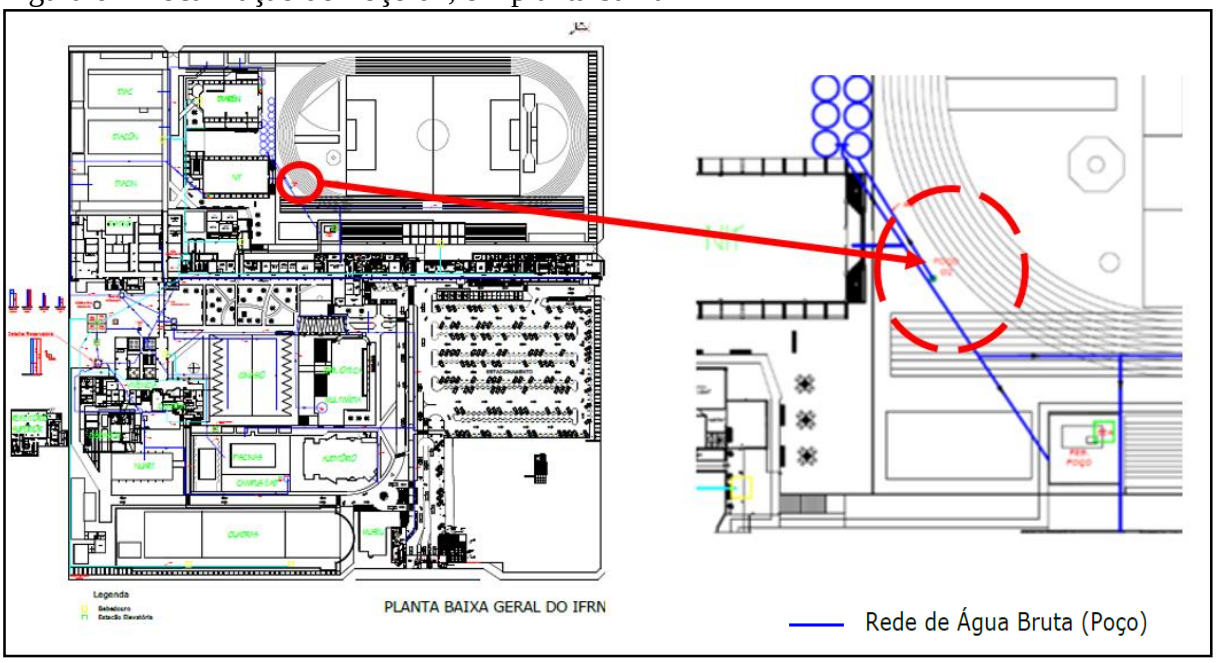
Fonte: Elaboração própria em 2021.

A EE1 é responsável por recalcar a água armazenada no reservatório inferior proveniente do abastecimento da CAERN para os reservatórios exclusivos dos bebedouros. Já a EE2 é responsável por recalcar a água reservada originada do Poço 01 do reservatório inferior para o Reservatório Elevado (RE1).

Para gerenciar o consumo da água do *campus*, foi planejada a implantação de um sistema que possibilita a medição do consumo de água nos diversos setores, além do registro e do acompanhamento realizado pela equipe gestora. Dessa maneira, em parceria com a CAERN para o empréstimo de hidrômetros, durante sete dias (de sexta à sexta, com medição de início e fim no mesmo horário), foi realizada a medição desses hidrômetros, os quais foram instalados em seis pontos distintos. Essa medição foi realizada no mês de novembro de 2019, em período letivo presencial, com funcionamento pleno no *campus*.

No que diz respeito ao Poço 02, este é utilizado para irrigação do campo de futebol, para paisagismo próximo ao campo e para compensação dos reservatórios de reúso de águas pluviais. Sua localização pode ser observada na Figura 6, em planta baixa.

Figura 6 – Localização do Poço 02, em planta baixa



Fonte: Elaboração própria em 2021.

Com relação ao sistema de esgotamento sanitário, este possui dois coletores prediais de efluentes, sendo um deles localizado na Avenida Nevaldo Rocha (antiga Avenida Bernardo Vieira) e outro, na Avenida Senador Salgado Filho. Sua divisão acontece conforme a descrição do Quadro 2, a seguir, que apresenta os locais responsáveis pela contribuição de efluentes. Destaca-se, ainda, que todo o sistema de coleta dos efluentes é realizado por gravidade, sem a necessidade de utilização de estação elevatória.

Quadro 2 – Divisão dos coletores prediais de efluentes e locais dos subcoletores

(continua)

Coletor predial	**Recebe os subcoletores**
Avenida Nevaldo Rocha	O coletor predial da Avenida Nevaldo Rocha é responsável por receber os subcoletores dos Blocos das Diretorias Acadêmicas DIAC, DIACON, DIACIN, DIAREN; do Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT); dos Blocos A, B e C; e de parte da Diretoria Acadêmica DIATINF.
Avenida Senador Salgado Filho	O coletor predial da Avenida Senador Salgado Filho é responsável por receber os subcoletores de parte da DIATINF;

Quadro 2 – Divisão dos coletores prediais de efluentes e locais dos subcoletores

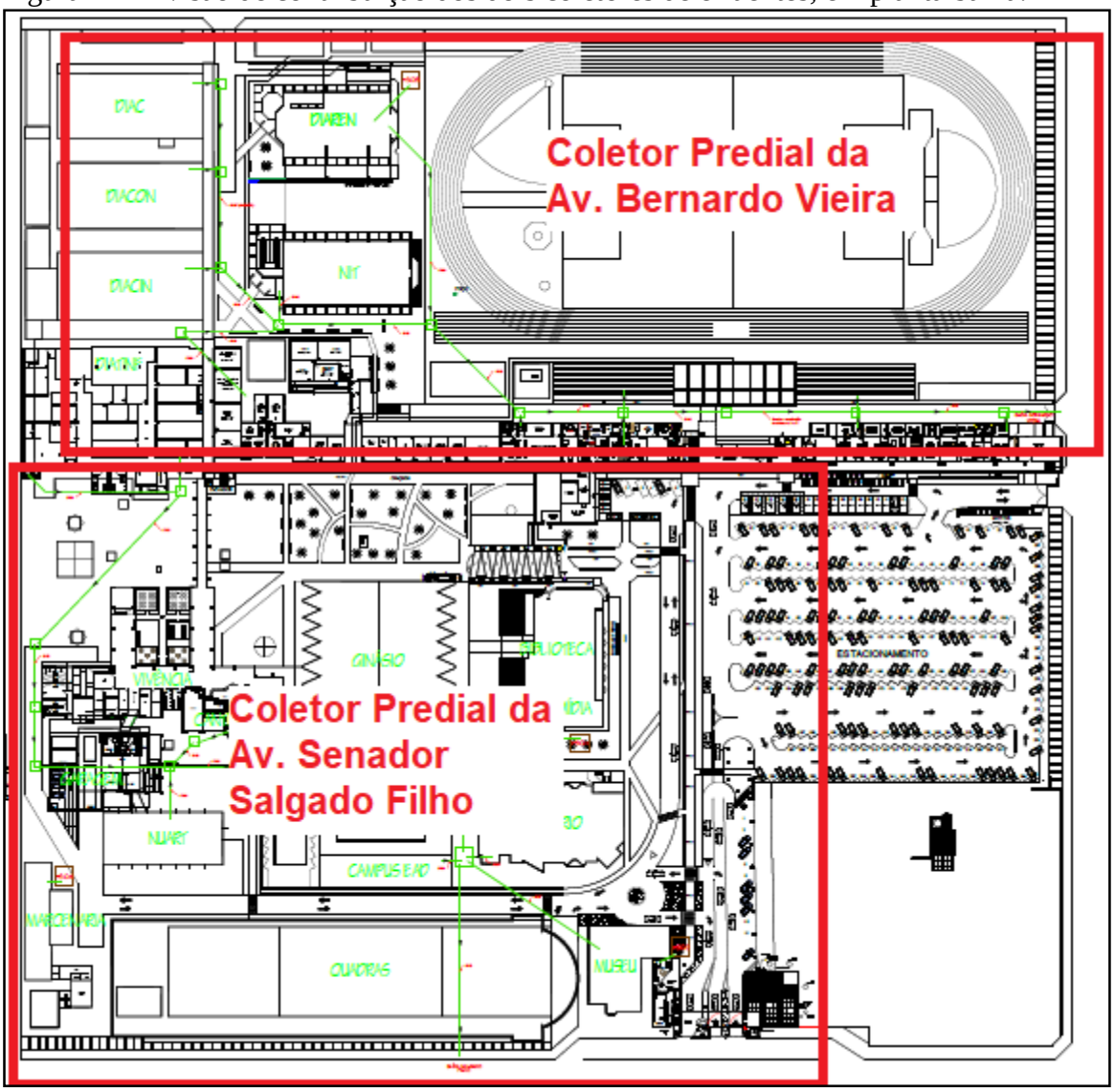
(conclusão)

Coletor predial	Recebe os subcoletores
Avenida Senador Salgado Filho	Da área de vivência; da cantina; do restaurante; do setor de saúde; do refeitório; do Núcleo de Arte (NUARTE); do ginásio; das piscinas; do Setor de Multimídia; da biblioteca central; do auditório; do museu; e do campus da Educação a Distância (EaD).

Fonte: Elaboração própria em 2021.

Quanto à coleta e ao tratamento desses esgotos, a CAERN é a responsável. A distribuição desses coletores pode ser observada na Figura 7, logo abaixo, em planta baixa.

Figura 7 – Divisão de contribuição dos dois coletores de efluentes, em planta baixa.



Fonte: elaboração própria em 2021.

3.2 DIAGNÓSTICO DO SISTEMA HIDROSSANITÁRIO

Em razão da elevada incerteza das condições físicas e da infraestrutura dos edifícios escolares públicos e, em especial, dos sistemas hidrossanitários, muitas vezes, a definição precisa e consistente de objetivos e metas, além do planejamento e da disponibilização dos recursos necessários, requer a coleta de informações mais detalhadas sobre o estado atual das edificações escolares, as quais integrarão o programa de uso racional da água (SCHERER; GONÇALVES, 2004). Nesta etapa, o diagnóstico do sistema hidrossanitário, é importante comunicar e envolver os funcionários da unidade consumidora, principalmente os responsáveis pela manutenção do sistema hidrossanitário. Para melhor organização, a etapa em questão foi dividida em três fases, sendo elas:

1- Planejamento, definição dos objetivos e do plano de trabalho: nesta fase, é importante envolver os responsáveis pela unidade, para definir com clareza a necessidade deste trabalho, além de se descrever os principais usos, dificuldades, queixas, as possibilidades de perdas e de manutenção e as oportunidades de melhorias.

2- Recolher informações documentais existentes, principalmente de projetos, e verificação *in loco*: Todos os projetos existentes devem ser consultados, principalmente o de arquitetura e os de instalações hidrossanitárias; uma verificação *in loco* deve ser realizada para identificar alterações de projetos, que deverão ser atualizados, e, caso os projetos não existam, devem ser confeccionados. Dependendo do tamanho da unidade consumidora, esta fase pode ser a mais longa, sendo necessário verificar os itens a seguir:

   a) descrição geral do sistema hidrossanitário, com encaminhamento das tubulações, conexões, material e diâmetros utilizados;

   b) descrição das condições de funcionamento e, caso seja possível, o consumo por setor;

   c) identificar possíveis ou potenciais pontos de perdas;

   d) características dos consumos (análise de pelo menos um ano), com a verificação das contas de água pela concessionária ou por medição própria;

   e) verificação dos sistemas de bombeamento, com análise das potências das bombas utilizadas com as alturas de utilização, podendo-se ser necessário estudo topográfico.

3- Análise das informações colhidas, atualizações necessárias de projetos e relatório do diagnóstico: esta fase deverá ser realizada de acordo com informações obtidas nas etapas de caracterização da unidade consumidora e de diagnóstico do sistema

hidrossanitário. É importante detalhar todas os dados recolhidos e a atualização de projetos, caso seja necessária. O relatório do diagnóstico deve apresentar uma retratação do atual sistema hidrossanitário em funcionamento, apresentando as correções a serem feitas, possíveis pontos de perdas e oportunidades de melhoria.

Com relação ao estudo topográfico, a verificação do nivelamento geométrico com o método das visadas extremas consiste em determinar o desnível entre a posição do nível e da mira, através do conhecimento da altura do nível e da leitura efetuada sobre a mira, utilizando-se teodolito, nível e mira (VEIGA; ZANETTI; FAGGION, 2012). Dessa forma, foram realizados estudos topográficos das alturas dos reservatórios de distribuição de água, conforme exposto na Figura 8, para verificar a real necessidade de bombeamento já existente para alimentação dos reservatórios nos diversos setores.

Assim, nos estudos, foram verificadas as alturas dos reservatórios de água situados nos prédios do Bloco B e do Núcleo de Inovação Tecnológica (NIT), que são alimentados, cada um, por um reservatório inferior presente em cada prédio e bombeado para outro reservatório superior. Apesar do sistema possuir reservatório elevado, o *campus* possui sistemas de bombeamento para atingir os setores e, com isso, aumentam-se os pontos de perdas e a necessidade de manutenção preventiva e corretiva.

Figura 8 – Imagens do levantamento topográfico – RE1

Fonte: Elaboração própria em 2021.

A execução deste diagnóstico no CNAT foi realizada através de visitas *in loco*, com o auxílio da equipe de manutenção, para coleta de dados e caracterização da situação real em que

se encontrava cada sistema. Incialmente, foi identificado no Setor de Engenharia do *campus* que não havia projetos das instalações hidrossanitárias das áreas comuns de alguns prédios mais antigos, e também que não existia atualização dos projetos de instalações após essas passarem por alguma alteração.

É relevante destacar que o diagnóstico aqui discutido foi iniciado em agosto de 2019, ano em que o *campus* funcionou normalmente, antes de março de 2020, quando as atividades acadêmicas presenciais foram paralisadas em razão da pandemia da COVID-19. Portanto, os dados coletados no ano de 2019, em que o *campus* estava em funcionamento pleno, retratam as demandas para o seu funcionamento. Já no ano de 2020, teve-se a continuidade do diagnóstico, de maneira que o momento de pandemia e a consequente ausência de aulas presenciais também foi um aspecto importante para a realização deste diagnóstico, tendo em vista que assim foi possível investigar melhor os sistemas com interrupção do abastecimento e sem geração de prejuízos.

Após a investigação de todos os projetos disponibilizados pelo Setor de Engenharia, verificou-se a necessidade de realização do projeto *as built*, expressão inglesa que pode ser traduzida livremente para a língua portuguesa como “como construído”. Trata-se de um projeto com representações técnicas com as alterações e modificações realizadas durante a construção ou reforma de um imóvel, de acordo com a NBR 14.645/2001 – Elaboração do “como construído” (*as built*) para edificações.

Desse modo, foi realizada a construção do *as built*, com auxílio do *software* de desenho, tanto do sistema de abastecimento de água como do de esgotamento sanitário, com os dados coletados *in loco*, tais como o encaminhamento das tubulações e seus respectivos diâmetros, conexões, registros, distribuição, bombeamento, entre outros. Simultaneamente, também foram verificados aspectos de dimensionamento, oportunidades de melhorias e correções necessárias.

Por fim, salienta-se que, em fevereiro de 2018, a CAERN fez a instalação de um hidrômetro no poço principal do *Campus* Natal-Central e iniciou a cobrança pela captação da água, bem como pelo volume de efluentes produzidos, já que a região possui rede coletora de esgotos. Desde então, a conta de água do *campus* vem aumentando, o que aponta que haveria alguma perda ao longo do sistema, pois não estava condizente com o consumo da unidade escolar. Assim, houve a necessidade de investigar a existência de desperdício de água nas dependências do *campus*, que poderiam ser motivadas por vazamentos.

3.3 ELABORAÇÃO DO PLANO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA

Para Almeida, Vieira e Ribeiro (2006), para o desenvolvimento de um plano de ação com a finalidade de melhorar a eficiência do uso da água em instalações coletivas, os procedimentos de diagnóstico e de caracterização dos sistemas devem ser previamente realizados. Além disso, comumente, com o objetivo de aumentar a eficiência do uso da água, é necessário realizar um conjunto de ações para adaptar os procedimentos de gestão, operação, manutenção e, eventualmente, o uso de novas tecnologias.

O Plano de Gestão é uma continuidade do trabalho desenvolvido no diagnóstico do sistema hidrossanitário. A partir da identificação das oportunidades potenciais de redução dos consumos, é necessário realizar uma seleção e priorização das medidas a serem tomadas, considerando-se os aspectos sociopolítico, técnicos, ambiental e econômico. Deve-se planejar as ações de forma clara e simples, com o objetivo de responder às necessidades identificadas no diagnóstico realizado. Assim, as ações serão elaboradas de modo que permitam a avaliação e a evolução na aplicação de cada alternativa, com a análise do custo benefício. Outrossim, o plano em questão, embora traga objetivos específicos e bem definidos, deve ser integrado aos planos estratégicos do sistema hidrossanitário e ser monitorado, verificando-se periodicamente a eficácia das ações implementadas, o consumo e as perdas de água.

Este plano tem o objetivo de nortear as ações a serem implementadas pela equipe gestora do *campus*, com a descrição de medidas comportamentais, relacionadas a atitudes humanas, e medidas tecnológicas, relacionadas à implantação, substituição e/ou adequações de dispositivos de água. A presente pesquisa foi desenvolvida até a etapa de planejamento das medidas a serem implantadas, portanto, não foram considerados os resultados relacionados às etapas de implementação e de análise do plano.

O plano em questão incorpora o Ciclo *Plan – Do – Check – Act*, ou Planejar – Fazer – Verificar – Agir, em tradução livre (Ciclo PDCA), uma ferramenta de qualidade usada na gestão dos processos de organizações. Ele possui quatro fases: a Fase P (*plan* – planejar), a Fase D (*do* – fazer), a Fase C (*check* – verificar) e a fase A (*act* – agir) (BUENO, A. A. *et al*., 2013).

Na Fase P (*plan* – planejar), é realizada a seleção das medidas a serem implementadas, com base nas necessidades identificadas no diagnóstico do sistema hidrossanitário, com objetivos claros e bem definidos. Tal etapa está contida neste plano. Já a Fase D (*do* – fazer), consiste na implementação do plano elaborado e no acompanhamento do seu progresso. Os resultados desta pesquisa não abrangem esta fase e as próximas subsequentes.

Quanto à Fase C (*check* – verificar), esta é definida pela análise dos resultados obtidos na implementação do plano, na qual também é possível avaliar a eficácia do dele. Por fim, há a Fase A (*act* – agir), em que o processo é aprimorado através da melhoria contínua. Nela, com a análise dos resultados obtidos na Fase C, um novo processo é documentado, melhorando-se o padrão desejado, com o propósito de se passar para um patamar superior de qualidade. Na Figura 9, a seguir, tem-se as etapas para a elaboração do Plano de Gestão Sustentável da Água, de acordo com um exemplo de Almeida, Vieira e Ribeiro (2006).

Figura 9 – Etapas para a elaboração do Plano de Gestão Sustentável da Água

Objetivos estratégicos e diagnóstico		
Compromisso da organização	Descrição do enquadramento operacional	Apresentação de cenários e evolução

Plano de Gestão Sustentável da água		
Medidas e análise de viabilidade	Relação das medidas a serem implementadas	Cronograma e programação orçamentária

Implementação	
Monitoramento e evolução do desempenho	Estratégia de comunicação e formação

Fonte: adaptado de Almeida, Vieira e Ribeiro (2006).

Desse modo, o desenvolvimento de um Plano de Gestão Sustentável da Água deve conter uma relação de medidas a serem aplicadas, após se passar por avaliação e seleção, analisando-se a viabilidade técnica e orçamentária. Também precisa ser acompanhado de informação e formação para os funcionários que operam e fazem a manutenção do sistema, como também para a comunidade consumidora. Ainda, um plano de gestão bem implementado deve sempre prever a melhoria contínua do sistema, estabelecendo procedimentos de monitoramento e de avaliação dos resultados.

3.3.1 Medidas a serem implementadas

Em um Plano de Gestão Sustentável da Água em ambiente escolar, há possíveis medidas a serem implementadas de cunho comportamental e tecnológico. A seguir, o Quadro 3 apresenta exemplos de possíveis medidas de ambos os tipos, com suas respectivas medidas e objetivos/implementação, de acordo com Almeida, Vieira e Ribeiro (2006).

Quadro 3 – Relação de possíveis medidas a serem implementadas

(continua)

MEDIDAS COMPORTAMENTAIS	
MEDIDAS	**OBJETIVO/IMPLEMENTAÇÃO**
Levantamento da frequência de utilização de dispositivos e equipamentos.	Facilitar o procedimento de monitorização dos consumos de água.
Manter ou iniciar os procedimentos de leitura regular dos hidrômetros existentes no edifício e alargar este procedimento aos contadores parciais em determinadas áreas (assim que estes últimos sejam colocados).	
Levantamento dos procedimentos de limpeza.	
Adequação dos comportamentos de uso da água por parte dos consumidores.	Redução do consumo de água e energia associado à utilização de descargas, torneiras, chuveiros, mictórios, máquinas de lavar louça e roupa; redução da produção de águas residuais.
Adoção de procedimentos de detecção e reparação de perdas.	
Adequação do volume, frequência e duração das descargas em função da utilização de cada dispositivo.	
Utilização de água da chuva para rega em jardins ou similares.	Fontes alternativas de água para usos compatíveis, redução do consumo de água da rede pública, do escoamento superficial e das afluências pluviais do sistema público de drenagem.

Quadro 3 – Relação de possíveis medidas a serem implementadas

(continuação)

MEDIDAS COMPORTAMENTAIS	
MEDIDAS	**OBJETIVO/IMPLEMENTAÇÃO**
Utilização de água residual tratada para rega em jardins ou similares.	Fontes alternativas de água para usos compatíveis; redução do consumo de água da rede pública e do volume de efluentes tratados lançados no meio receptor; utilização dos nutrientes presentes na água residual tratada na fertilização das plantas.
Adequação da gestão da irrigação em jardins ou similares.	Redução do consumo de água de irrigação, do escoamento superficial, dos consumos de energia e do consumo de fertilizantes inorgânicos.
Adequação de procedimentos de lavagem de pisos.	Redução do consumo de água na lavagem de pavimentos e veículos e dos escoamentos superficiais; redução das descargas poluentes no sistema de drenagem de águas pluviais.
Adequação de procedimentos de lavagem de veículos.	
Adequação de procedimentos em piscinas.	Redução do consumo de água da rede pública na manutenção da piscina, das descargas de águas residuais; possibilidade de utilização da água de lavagem dos filtros na irrigação.
MEDIDAS TECNOLÓGICAS	
MEDIDAS	**OBJETIVO/IMPLEMENTAÇÃO**
Substituição ou adaptação de descargas por outras de baixo consumo, como descarga de volume reduzido e controlada pelo utilizador.	Redução do consumo de água, de energia e da produção de águas residuais em diferentes usos.
Substituição ou adaptação de torneiras, chuveiros e mictórios por outros modelos mais eficientes.	
Utilização de vaso sanitário que retrete sem uso de água ou bacias de retrete por vácuo.	

Quadro 3 – Relação de possíveis medidas a serem implementadas

(conclusão)

MEDIDAS TECNOLÓGICAS	
MEDIDAS	**OBJETIVO/IMPLEMENTAÇÃO**
Adaptação da utilização de mictórios, através da instalação de sistemas de controle automático da descarga.	Redução do consumo de água, de energia e da produção de águas residuais em diferentes usos.
Substituição ou adaptação de tecnologias de irrigação em jardins ou similares.	
Utilização de dispositivos portáteis de água sob pressão na lavagem de veículos.	
Recirculação da água em piscinas, lagos e espelhos de água que incorporam fontes ornamentais.	Redução do consumo de água da rede pública e das descargas de águas residuais.
Colocação de cobertura removível para redução de perdas por evaporação em piscinas exteriores.	
Realização de análises da qualidade da água de poços existentes.	Origens de água alternativas para usos compatíveis.
Substituir progressivamente equipamentos de laboratório com uso da água segundo a melhor tecnologia ambiental.	Redução do consumo de água em diferentes usos.
Implementar sistemas de recirculação de água de refrigeração em equipamentos (e.g. vácuo) que os utilizem, quando aplicável.	
Ativação da rede de recolhimento dos efluentes laboratoriais e instalação de pré-tratamento.	Origens de água alternativas para usos compatíveis.
Possibilidade de utilização de água residual tratada em usos não potáveis.	
Inspeção regular e manutenção adequada dos sistemas de aquecimento e refrigeração de ar; bombeamento e reservatório de água.	Redução do consumo de água e energia.

Fonte: Adaptado de Almeida, Vieira e Ribeiro (2006).

3.3.2 Cronograma e programação orçamentária

Para esta etapa, é importante planejar a implementação das medidas de forma individual, e executá-la de forma ágil, visando a redução do consumo da água, evitando os desperdícios das instalações coletivas e mantendo os custos baixos. Deve-se, também, tentar não alterar a qualidade dos serviços prestados, nem reduzir o grau de satisfação do consumidor. Para a adequada implementação das medidas, é necessário, ainda, que seja bem definido quem são os responsáveis, quais os prazos e metas a se atingir e qual a disponibilidade orçamentária.

3.3.3 Implementação das medidas

Um sistema de monitoramento deve ser implementado para que o nível de eficiência pretendido no uso da água seja mantido. A verificação periódica dos procedimentos objetiva acompanhar e analisar as consequências das medidas implementadas. Nessa perspectiva, é importante a aplicação de indicadores de sustentabilidade. Assim, um monitoramento eficaz permite a identificação das áreas onde são necessárias ações corretivas, contribuindo-se para o processo de melhoria contínua, ao se antecipar potenciais perdas e evitar sua ocorrência.

Com a finalidade de avaliar periodicamente as medidas implementadas, é necessário que se defina um conjunto de instrumentos, tais como:

a) revisão e atualização do plano de gestão;

b) plano de manutenção do sistema e sua atualização;

c) capacitação periódica dos funcionários responsáveis;

d) publicação periódica de relatório contendo o grau de desenvolvimento do plano e o *status* de cada uma das medidas planejadas, a análise de desempenho dos indicadores e o nível de concretização dos objetivos.

A conscientização dentro da organização também é de vital importância para o sucesso da implementação das medidas, pois contribui para o empenho de todos os funcionários e para a adaptação do comportamento dos consumidores. Por essa razão, é indispensável que se realizem campanhas direcionadas aos consumidores, e que estes sejam informados das medidas do Plano de Gestão Sustentável da Água, do andamento de seu planejamento e das alterações realizadas em função dele. Ainda, é necessário que as suas conquistas, como a redução do consumo, sejam difundidas e comemoradas por toda a organização.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A seguir, serão apresentadas as análises dos resultados a partir da caracterização do sistema de abastecimento de água do CNAT, caracterização do sistema de esgotamento sanitário e, por fim, o plano de gestão sustentável da água no ambiente escolar.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DO CNAT

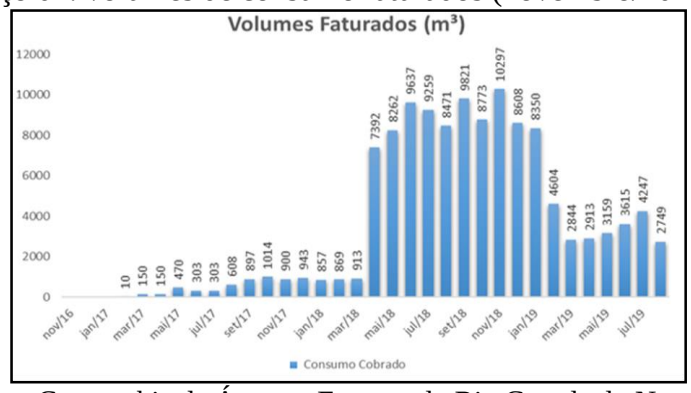
Para caracterização do sistema de abastecimento do CNAT, foram consideradas as três fontes distintas de água, sendo: poço 01, rede pública da CAERN e poço 02.

4.1.1 Água com fonte de abastecimento do Poço 01

O Poço 01, cuja matrícula na CAERN é 9806679, foi instalado com o objetivo de atender as demandas de maior consumo do *campus* (banheiros, vestiários, piscina e irrigação). Nesse poço, que era utilizado até janeiro de 2017 sem medição da concessionária, foi instalado um macro medidor que iniciou o registro real de consumo mensal do poço. Como resultado, obteve-se um elevado consumo, pois a concessionária considera que toda a água retirada do poço é encaminhada como efluente para a rede coletora de esgotos.

Esse é o ponto mais questionado pela gestão administrativa do *campus* à concessionária, pois boa parte do consumo da água do Poço 01 é destinada à irrigação - considerando-se que a instituição possui uma área verde de aproximadamente 20 mil m², não contribuindo para o sistema de esgotamento sanitário, o que diminui consideravelmente o volume de efluente destinado à rede coletora. A seguir, no Gráfico 1, são apresentados os volumes de consumo faturados pela CAERN com relação ao Poço 01, entre novembro de 2016 e julho de 2019.

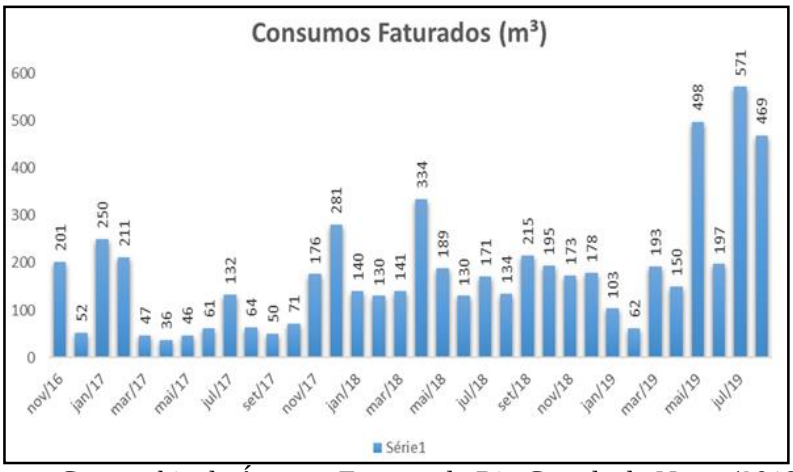
Gráfico 1 – Poço 01: volumes de consumo faturados (novembro/2016 – julho/2019)



Fonte: Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (2019).

Quanto aos volumes faturados pela CAERN no que diz respeito ao cavalete de medição da rede de distribuição da própria concessionária, verificam-se os valores apresentados logo abaixo, também referentes ao período de novembro de 2016 a agosto de 2019, no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Rede de distribuição da CAERN: volumes de consumo faturados (novembro/2016 – agosto/2019)



Fonte: Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (2019).

Ao se analisar o faturamento da concessionária no período em questão e ao se comparar os consumos das duas origens aqui discutidas, observa-se que o Poço 01 possui a média mensal de consumo de 3.916 m³, e que a rede de distribuição da CAERN tem média mensal de 178 m³, totalizando-se 4.094 m³.

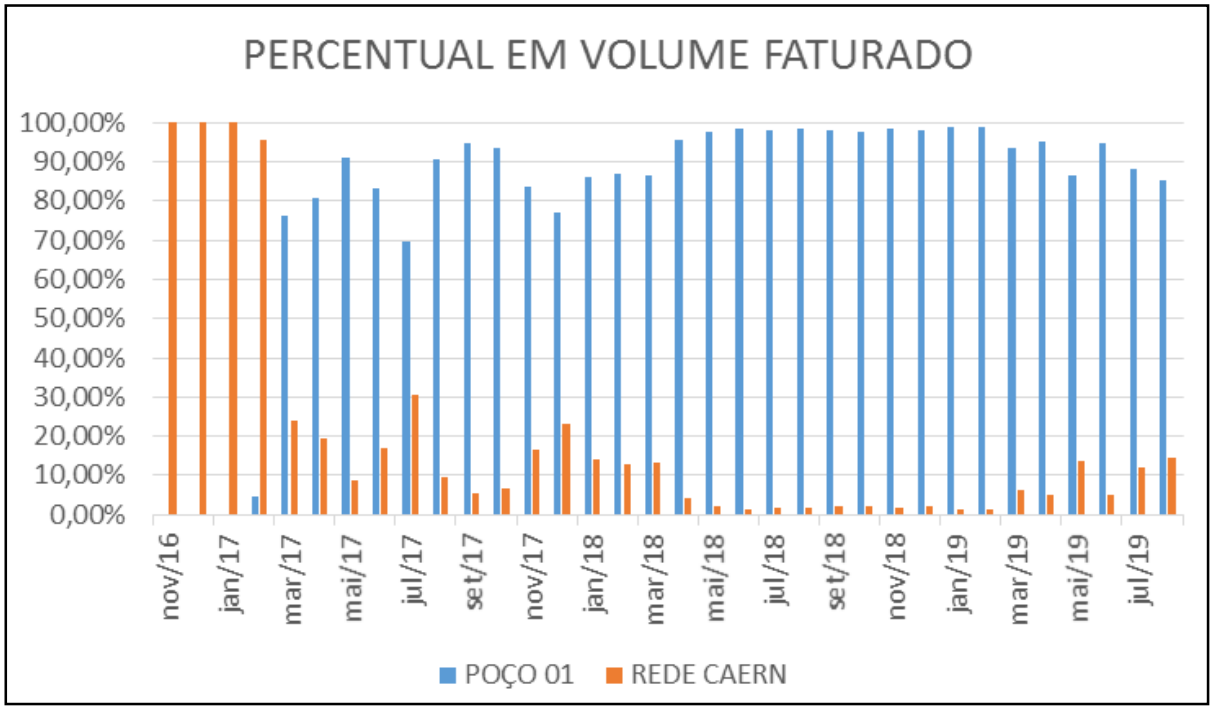
Ao se observar as contas da CAERN, é possível identificar que o Poço 01 tem uma média de consumo de 80,17% do volume consumido no *campus*, mesmo considerando-se que houve três meses sem medição no Poço 01 para o período calculado. Apesar de apresentar um alto consumo mensal, não existe um controle de sua distribuição, sendo a irrigação responsável por significativa parte desse consumo. Com base apenas na área verde do *campus,* não existe a informação do volume consumido para tal ou para qualquer outra destinação, como banheiros, vestiários ou piscina.

Como os projetos da área comum são inexistentes ou desatualizados, todas as informações estão concentradas na equipe operacional de manutenção, o que dificulta a gestão dos sistemas e a identificação de perdas. As caixas de distribuição, barriletes e tubulações não são identificadas, de maneira que o sistema se torna totalmente dependente das informações concentradas no funcionário mais antigo da equipe.

O Gráfico 3 representa o percentual do consumo de água do *campus* nas duas origens com medição da concessionária CAERN, o Poço 01 e a rede pública de distribuição, entre

novembro de 2016 e julho de 2019. Com base nessa análise, foi dada prioridade para a investigação da origem e destinação do consumo do Poço 01, tendo em vista que ele é responsável pelo maior consumo do *campus*.

Gráfico 3 – Percentual de volume faturado com relação ao Poço 01 e à rede de distribuição da CAERN (novembro/2016 – julho/2019)



Fonte: Elaboração própria em 2021.

A manutenção das instalações, inclusive dos reservatórios, é feita por empresa terceirizada. Informou-se que a limpeza dos reservatórios é feita a cada seis meses, porém não foi apresentado um plano de manutenção ou algum documento que comprove tal dado. Também foi verificado que não existe nenhum tratamento da água coletada do Poço 01, por não ser destinada para consumo humano. Como não há análise periódica da qualidade dessa água, torna-se incerto afirmar se ela está de acordo com os padrões de qualidade para os quais ela se destina.

Na EE1 Foi identificada a necessidade de reparos nas instalações elétricas no comando e na iluminação, como também na tubulação de sucção e recalque, além da ausência de identificação dos registros. Já na EE2, verificou-se que a tubulação de recalque estava com vazamento no mês de setembro, sendo realizada a manutenção corretiva em outubro de 2019. A tubulação apresenta necessidade de troca, como também instalação de um novo sistema de comando elétrico e da construção de base para as bombas, e também da instalação de válvulas de retenção no recalque. Também foi verificada a ausência de identificação.

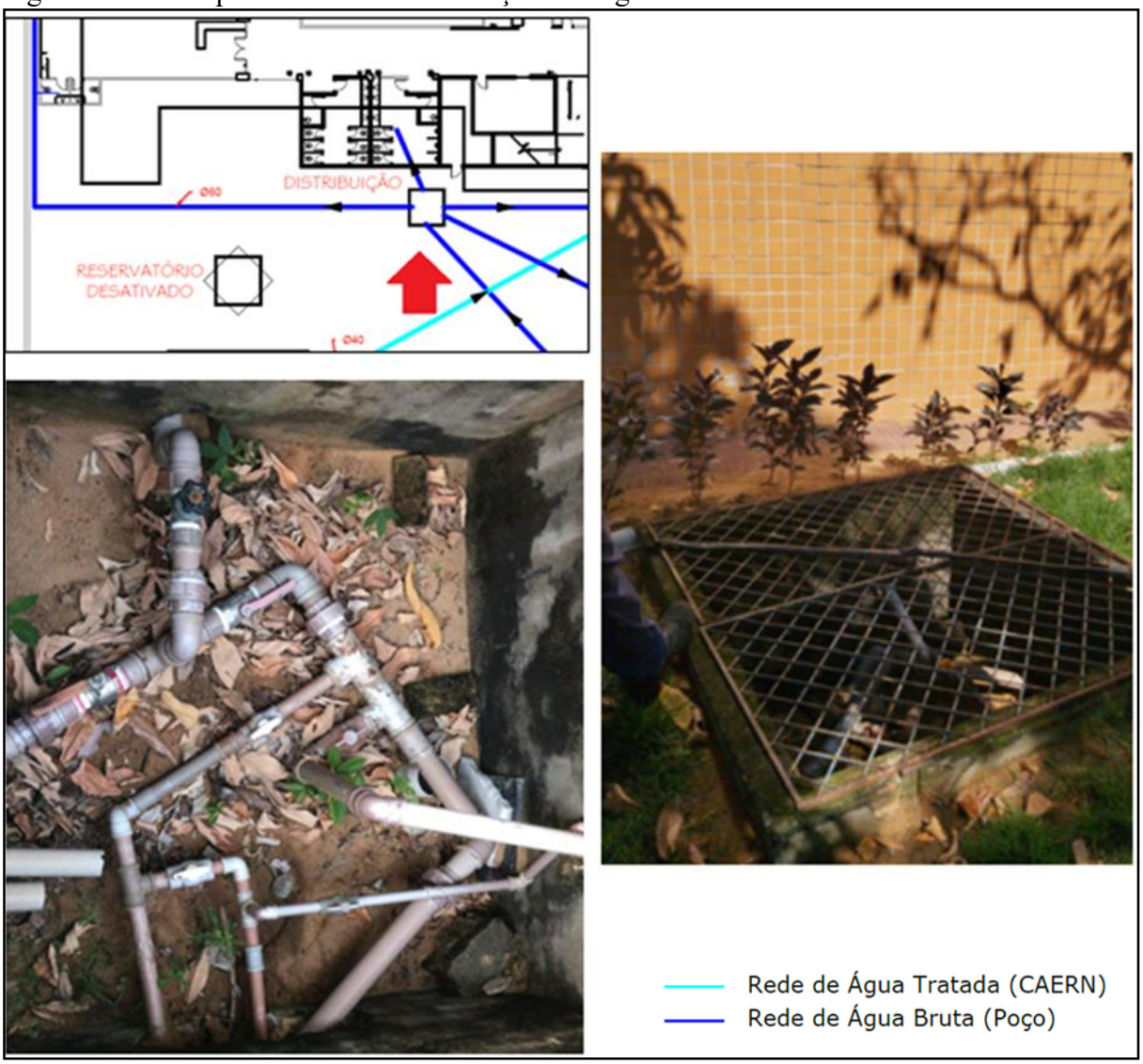
O RE1 foi construído da década de 1960, mesmo período da construção do prédio principal do *campus*. Na época, a tubulação utilizada era de ferro fundido, sendo que ao longo do tempo, com as reformas e alterações realizadas nas edificações, as tubulações foram substituídas, porém as tubulações de barrilete e de distribuição continuaram as mesmas. Assim, mostraram sinais de deterioração e alguns reparos feitos de forma artesanal com fibra de vidro, conforme a Figura 10. Observa-se, portanto, que a troca dessa tubulação e a construção de barrilete adequado é importante para melhorar o sistema.

Figura 10 – Imagens do RE1 e a tubulação de ferro fundido e PVC

Fonte: Elaboração própria em 2021.

Por gravidade, a água do reservatório elevado RE1 abastece vários pontos de alimentação do *campus*, incluindo-se água destinada aos banheiros, vestiários, piscina e irrigação. Essa distribuição é realizada com um barrilete enterrado, conforme a Figura 11, a seguir.

Figura 11 – RE1: planta baixa de localização e imagens de seu barrilete.



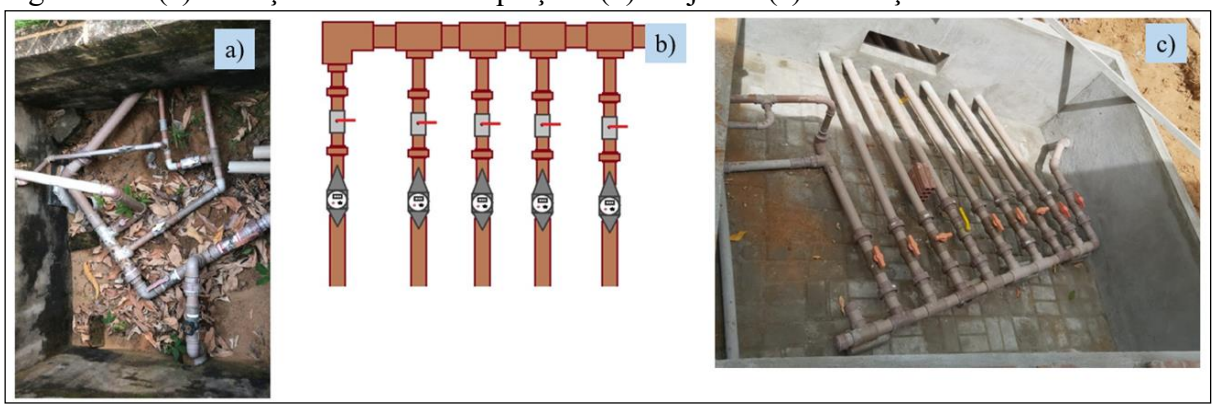
Fonte: Elaboração própria em 2021.

O material mais apropriado para substituição é o que tenha uma elevada resistência à impactos, principalmente para os sistemas enterrados. Recomenda-se a tubulação DEFoFo MPVC, produto fabricado em policloreto de vinila modificado, material que permite sua aplicação tanto em sistemas de adução quanto em sistemas de distribuição de água em temperatura ambiente.

O barrilete do RE1 foi construída sem critérios de dimensionamento, com uma quantidade de conexões superior à necessária, de forma que dificulta as manobras de acionamento. Os registros dela não estão identificados, e apenas o funcionário mais antigo da equipe de manutenção sabe a destinação de cada registro. Observa-se, nesse barrilete, oportunidades de melhorias, como o dimensionamento das tubulações e das dimensões da própria caixa, a identificação dos registros e a instalação de hidrômetros para controlar o

consumo e detectar possíveis perdas. Logo abaixo, na Figura 12, é possível verificar a evolução das adequações realizadas no barrilete em questão.

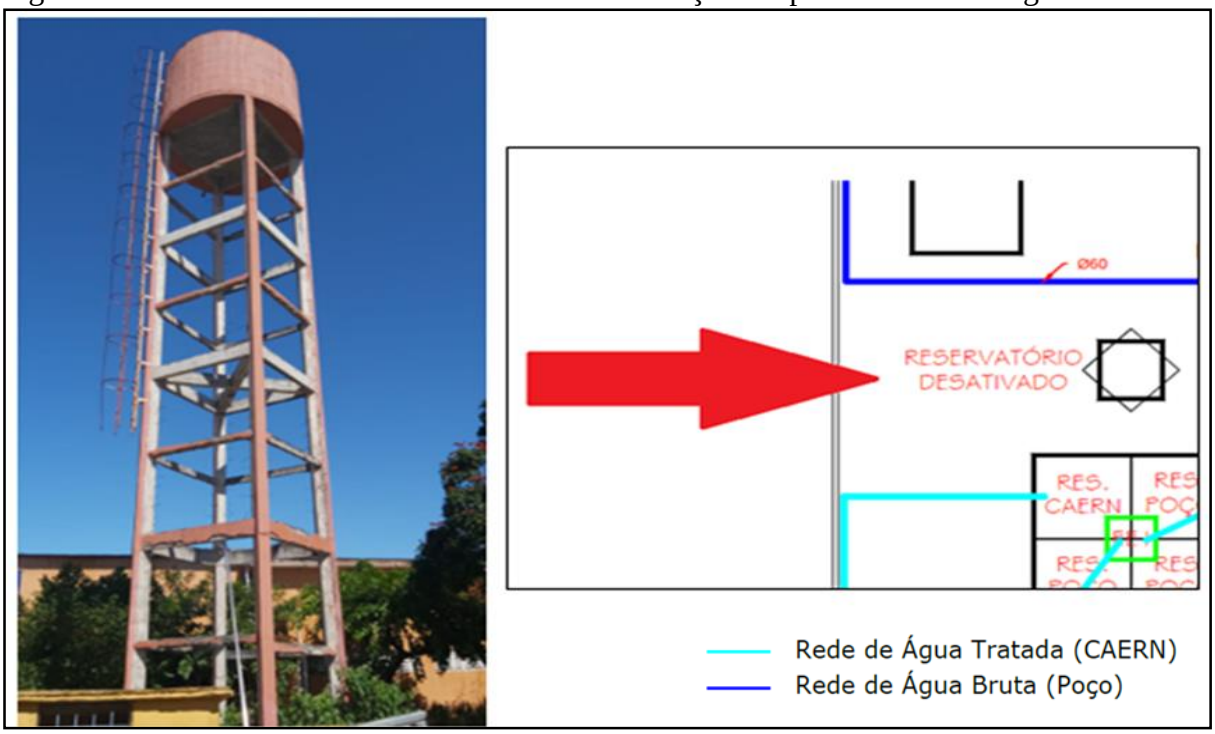
Figura 12 – (a) Situação antes das adequações (b) Projeto e (c) Execução



Fonte: Elaboração própria em 2021.

O *campus* também possui um reservatório elevado desativado, conforme a Figura 13, sendo importante que se realize um estudo a respeito de suas condições, a fim de se verificar a possibilidade de sua utilização, já que ele se encontra a uma altura de coluna d'água favorável ao sistema, pois é superior ao RE1. Caso não seja possível sua utilização para o sistema de distribuição de água ou para nenhuma outra utilidade, é interessante que seja demolido para não trazer riscos à segurança das pessoas que circulam nas imediações.

Figura 13 – Reservatório elevado desativado: localização em planta baixa e imagem



Fonte: Elaboração própria em 2021.

Conforme estudo topográfico realizado, com relação ao reservatório elevado RE1, localizado próximo ao refeitório dos estudantes alimentado pela água do Poço 01 e bombeado do reservatório inferior, foram observados os seguintes dados coletados: leituras do teodolito e mira - fio superior (FS): 771 mm, fio médio (FM): 600 mm, fio inferior (FI): 429 mm, ângulo vertical: 91°23’37” e altura do instrumento (AI) (teodolito): 1,73 m.

Para o cálculo da altura do reservatório RE1, foi necessária a coleta dos seguintes dados:

Ângulo vertical com visto no topo do reservatório: 61°13’52’;

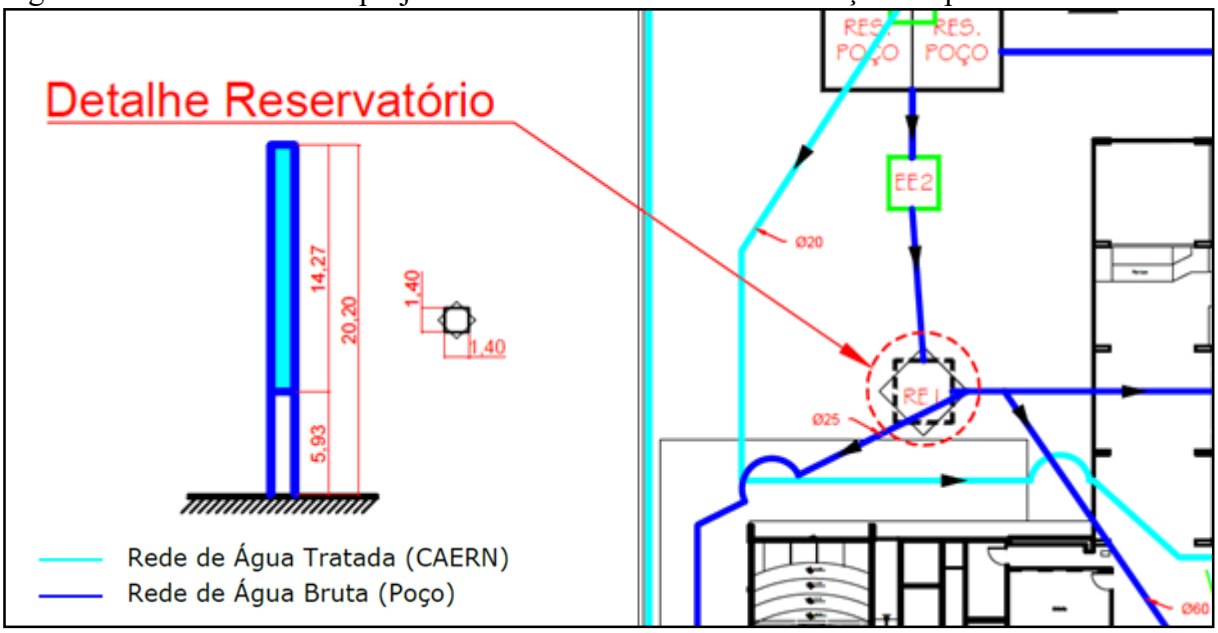
Distância horizontal (teodolito ao reservatório RE 1): 100(0,771-0,429)sen²91°23’37” = 34,18 m;

Diferença de nível (DN) entre o instrumento e o reservatório: DN=(34,18/tg91°23’37”)+1,73–0,60 = 0,30 m;

Distância vertical: 34,18/tg61°13’52”+1,730–0,30 = 20,20 m.

Com isso, tem-se que a medida da tampa do reservatório ao piso é de 20,20 m, e que se subtraindo 5,93 m desse valor, que foi medido com trena *in loco*, há a medida do piso ao fundo do reservatório, que é 14,27 m, sendo essa a altura do reservatório RE1, conforme Figura 14.

Figura 14 – R1: Detalhe do projeto em corte transversal e localização em planta baixa



Fonte: Elaboração própria em 2021.

Quanto ao cálculo da altura do reservatório superior do Bloco B, foram coletados os dados:

Ângulo vertical: 73°41’47”;

Altura do teodolito: 1,70 m;

Distância horizontal (teodolito ao reservatório): 25,382 m, medida realizada com trena *in loco*.

Assim, distância vertical (altura da base) = (25,382/tg73°41’47”) + 1,73 = 9,12 m.

Já com relação ao reservatório do NIT, tem-se os seguintes dados:

Ângulo vertical da base da edificação: 89°38’53”;

Altura do teodolito: 1,682 m;

Fio superior: 1596 mm;

Fio médio: 1500 mm;

Fio inferior: 1404 mm;

Distância horizontal (teodolito ao reservatório NIT): 100(FS-FI) sen²AV, sendo 100(1,596-1,404)sen²89°38’53” = 19,20 m;

Diferença de nível entre o instrumento e o reservatório: DN=(19,20/tg89°38’53”)+1,682–1,5 = 0,30 m;

Ângulo vertical com visto na base do reservatório superior: 58°17’17’;

Distância vertical (altura na base): (20,20/tg58°17’17’)+1,6820–0,30 = 13,14 m.

O Quadro 4, a seguir, apresenta os dados obtidos no levantamento topográfico aqui descrito.

Quadro 4 – Dados do levantamento topográfico – reservatórios

ESTAÇÃO	**VISTA RÉ**	**VISTA VANTE**	**PR**	**COTA (mm)**
RE1	1295		41295	4000
RE BLOCO B		1344		39951
MUDANÇA		1357		39938
MUDANÇA	1475			
RE NIT		1350		40063

Fonte: Elaboração própria em 2021.

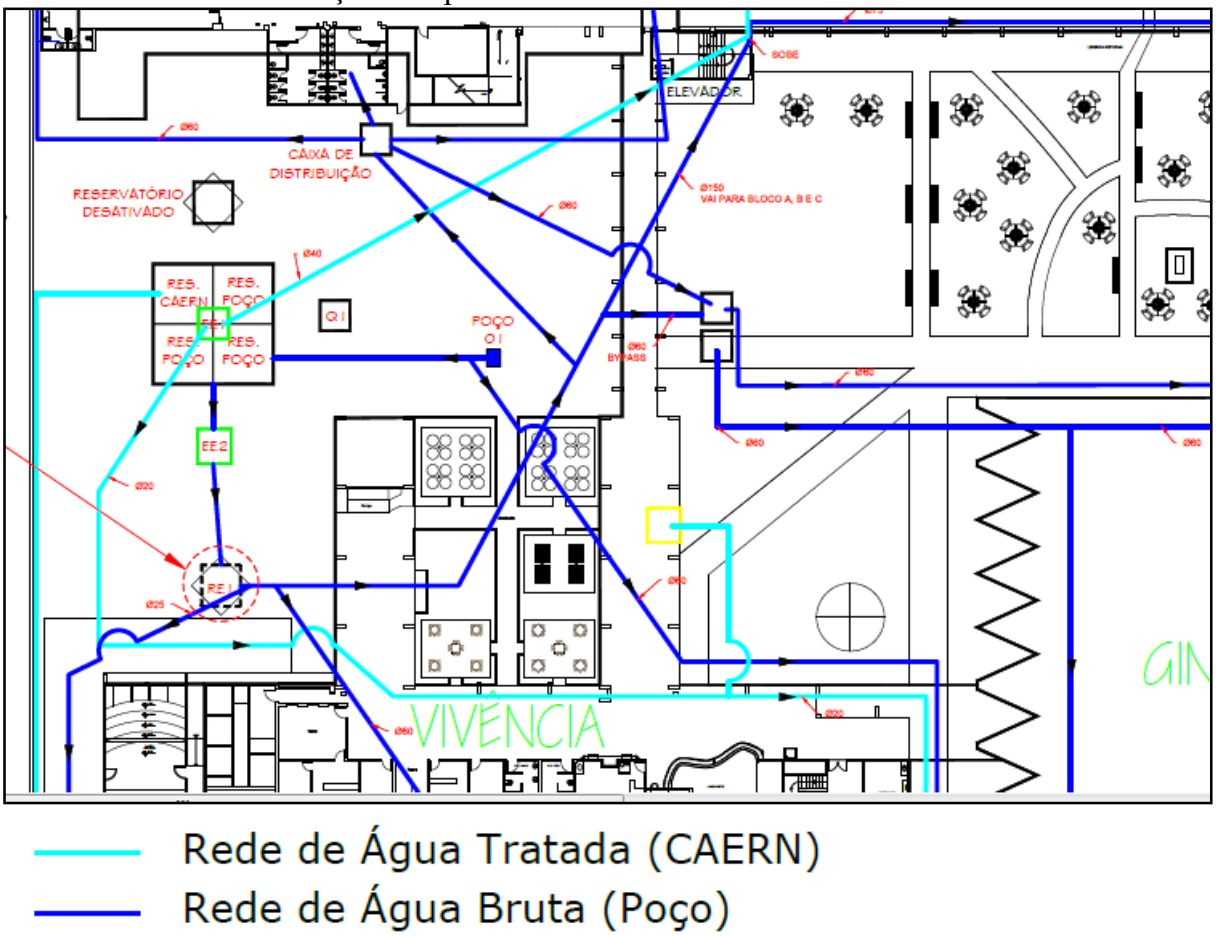
A diferença de nível entre o RE1 e o RE Bloco B é de 0,049 m, e a diferença de nível entre o RE1 e o RE NIT é de 0,063 m. Conclui-se, portanto, que a distribuição de água realizada pelo reservatório RE1, que tem altura monométrica de 5,93 m, não é capaz de alimentar os reservatórios superiores do Bloco B e do NIT sem bombeamento, os quais tem alturas de 9,12 m e 13,24 m, respectivamente. A diferença de cotas do solo é pequena, sem influência para análise

das alturas. Considerando-se a cota mais baixa do reservatório elevado, se houvesse garantia de que o reservatório trabalhasse sempre cheio com bombeamento automático, aumentaria-se a altura monométrica, sendo possível que o abastecimento chegasse ao Bloco B e ao NIT sem bombeamento.

4.1.2 Água com fonte de abastecimento da rede pública – CAERN

Com a elaboração do projeto *as built*, foi possível conhecer o encaminhamento, os diâmetros das tubulações de alimentação e a distribuição de água fria com origem da CAERN. Também foram identificados os cavaletes de medição, reservatórios e estações elevatórias, conforme a Figura 15.

Figura 15 – Água proveniente do abastecimento da CAERN: parte do projeto hidráulico – caminhamento das instalações em planta baixa



Fonte: Elaboração própria em 2021.

4.1.3 Água com fonte de abastecimento do Poço 02

O consumo de água originado no Poço 02 não é faturado pela concessionária, e também não é realizado o tratamento dessa água e nem o controle de sua qualidade. Verifica-se situação semelhante quanto à caixa de inspeção em alvenaria em situação precária, além da tampa metálica para acesso em estado de oxidação elevada. Também foi identificado um possível defeito no sistema de comandos elétricos, que está provocando transbordo na caixa de inspeção.

Assim, foram percebidas oportunidades de melhoria para o sistema. São elas: reparos na alvenaria da caixa de visita (conferir Figura 16), troca da tampa danificada, verificação do dimensionamento do sistema (bomba e tubulação instalada), identificação dos registros de *bypass* dos reservatórios de reúso de águas pluviais e inserção do sistema de comando de níveis entre o Poço 02 e os reservatórios de reuso de água pluvial.

Figura 16 – Poço 02: imagem da caixa de inspeção para acesso

Fonte: Elaboração própria em 2021.

4.2 CARACTERIZAÇÃO DO SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO

Com relação ao sistema de esgotamento sanitário do *campus* aqui estudado, o campus possui dois sub coletores, sendo um deles localizado com saída para a avenida Nevaldo Rocha

(antiga Bernardo Vieira) e o outro localizado com a saída para a avenida Salgado Filho. Observou-se, durante as vistorias, a existência de um sumidouro em utilização no prédio da DIAREN, mesmo havendo rede coletora disponível pela concessionária local, a CAERN. Além disso, também se verificou que a CAERN recebe o efluente gerado pelo Instituto de forma bruta, ou seja, sem tratamento.

A maior problemática identificada nesse sistema é a forma de cobrança pela concessionária, que fatura com base no volume de efluente recebido na rede pública, sendo esse valor referente a 100% da água consumida pelo cavalete de medição predial da CAERN e pelo Poço 01. Estando em acordo com a resolução nº 004/2008, de 19 de junho de 2008, que estabelece as condições gerais na prestação dos serviços públicos de abastecimento de água potável e esgotamento sanitário no município de Natal, em conformidade com a Lei Municipal nº 5.346/2001, Lei Federal nº 11.445/2007. Porém, nesta mesma resolução diz que os clientes comerciais e industriais que utilizem água para finalidades especiais que ensejam a geração de volume de esgotos inferior ao consumo de água poderão ser objeto de avaliações específicas, para fins de determinação do volume esgotado.

Diante desta possibilidade de negociação junto a CAERN, a fim de tornar justa a medição do volume de esgoto gerado, principalmente, porque boa parte da água consumida no *campus* é utilizada para irrigação, em que a água é infiltrada no próprio Instituto, não gerando, portanto, volume de efluentes para a rede coletora. Para averiguar essa circunstância, foram realizados estudos de vazão nos dois coletores de esgoto, nos quais foi detectado que o volume de saída de esgoto é muito menor do que o que é cobrado pela CAERN.

Desse modo, para melhorar o sistema de esgotamento sanitário, incluindo-se os dois coletores públicos, é importante providenciar um plano de manutenção e operação para limpeza e reparos das caixas de inspeção e gordura e identificar as tampas das caixas com o tipo de instalação de cada. É preciso, também, identificar os ramais que estão interligados às fossas sépticas existentes, conectá-los ao subcoletor e direcioná-los ao coletor público.

Os sistemas de esgotamento sanitário foram detalhados no *as built*, que é apêndice deste trabalho.

4.2.1 Monitoramento da vazão de efluentes líquidos do *Campus* Natal-Central descartados em rede coletora

Conforme relatado por Araújo e Duarte (2019), os dados indicaram que o *campus* lança 9,9 m^3/dia e 24,1 m^3/dia de efluente nos ramais das Avenidas Nevaldo Rocha e Senador Salgado

Filho, respectivamente, resultando numa contribuição diária total de 34,0 m^3 (entre segunda-feira e sexta-feira) na rede coletora de esgotos. Para uma média de 22 dias úteis de atividades acadêmicas e administrativas por mês, a contribuição total mensal de esgotos gerados é da ordem de 750 m^3. A Tabela 1, a seguir, apresenta a estimativa da contribuição de esgotos no *Campus* Natal-Central.

Tabela 1 - Estimativa da contribuição de esgoto do *Campus* Natal-Central do IFRN

Ramal	Vazão média			Q média LSC 95%
	(L/s)	(m^3/h)	(m^3/dia)	(m^3/dia)
Av. Nevaldo Rocha	0,20	0,72	9,9	14,9
Av. Senador Salgado Filho	0,49	1,75	24,1	33,2
IFRN/CNAT	0,69	2,47	34,00	48,1

Fonte: Araújo e Duarte (2019).

No entanto, segundo o faturamento da CAERN, no período de novembro de 2016 a agosto de 2019, a média de consumo mensal foi de 4.094 m^3, somando-se as duas origens de água, o Poço 01 e a rede pública da concessionária. Isto é, um valor muito maior do que os 750 m^3 de efluente efetivamente destinados à rede pública.

Assim, observa-se que é necessário prover sistemas diretos, adequados, precisos e confiáveis para medir e faturar a efetiva vazão de esgotos gerada pelo *Campus* Natal–Central do IFRN (CNAT) que é descartada na rede coletora de esgotos. Os dados obtidos até então direcionarão as próximas etapas da pesquisa, que consistem na elaboração do Plano de Gestão Sustentável da Água no ambiente escolar.

4.3 PLANO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA NO AMBIENTE ESCOLAR

A Agenda 2030 corresponde a uma diversidade de programas, ações e diretrizes reunidos para orientar o trabalho da Organização das Nações Unidas (ONU) e de seus países membros rumo ao desenvolvimento sustentável. Formou-se a partir de ações negociadas, que culminaram em agosto de 2015, quando, em consenso pelos seus Estados-membros, foram propostos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e 169 metas correspondentes (BRASIL, 2018).

Dentre os objetivos da Agenda 2030, temos o ODS 4 e sua meta 4.7: até 2030, garantir que todos os alunos adquiram conhecimentos e habilidades necessárias para promover o

desenvolvimento sustentável, inclusive, entre outros, por meio da educação para o desenvolvimento sustentável e estilos de vida sustentáveis, direitos humanos, igualdade de gênero, promoção de uma cultura de paz e não-violência, cidadania global, e valorização da diversidade cultural e da contribuição da cultura para o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2021).

Essa meta vem ganhando cada vez mais espaço nos ambientes escolares, principalmente por sua característica sócio-política, que considera a escola como um ambiente propício para experiências inovadores e exitosas, visando uma sociedade mais sustentável, com envolvimento da comunidade, com questões relacionadas à diversidade e proposta de solução para um mundo mais democrático e sustentável (MIRANDA *et al*., 2021).

A partir das informações obtidas no diagnóstico do sistema hidrossanitário do *Campus* Natal-Central do IFRN, e levando-se em conta a 4.7 do ODS 4 (BRASIL, 2021), foram identificadas oportunidades potenciais de redução dos consumos no Instituto. Dessa maneira, com a participação da equipe gestora do *campus* para definição de viabilidade técnica e orçamentária, realizou-se uma seleção de medidas a serem implantadas através de um Plano de Gestão Sustentável da Água, com base na metodologia descrita no capítulo anterior. Para a elaboração desse plano, foram selecionadas medidas comportamentais e medidas tecnológicas, descritas a seguir.

4.3.1 Medidas comportamentais

O entendimento de que os desequilíbrios ambientais estão relacionados intrinsecamente às atitudes humanas inadequadas favorece a construção do pensamento crítico acerca das causas e dos efeitos entre ser humano e meio ambiente (ALMEIDA *et al*., 2019). Ainda, de acordo com Oliveira, Machado e Oliveira (2015), o ambiente escolar é capaz de modificar conceitos e atitudes, por isso a educação ambiental deve ser abordada nos espaços escolares, levando os alunos a valorizar as questões ambientais. Assim, estabelecer essa abordagem é um processo diário e que deve ser praticado com alunos de todas as idades, pois a aquisição de conhecimento será capaz de motivar a proteção ambiental, visto que os alunos descobrem os efeitos e as causas reais dos problemas vivenciados (MARCATTO, 2002).

Pesquisas têm demonstrado a importância de iniciativas nas escolas, a fim de conscientizar os alunos para sensibilizá-los nas atitudes e posturas em relação às questões ambientais, que consequentemente influenciarão a sociedade (FRANÇA; GUIMARÃES, 2014). Com isso, o *Campus* Natal-Central do IFRN é um potencial multiplicador dessas

iniciativas. Nessa perspectiva, as medidas comportamentais propostas no Plano de Ação Sustentável da Água aqui apresentado visam atingir toda a comunidade escolar: alunos, professores, servidores, terceirizados, como também toda a sociedade envolvida direta ou indiretamente com a comunidade escolar. Tais medidas serão explicitadas a seguir.

4.3.1.1 Levantamento da frequência de utilização de aparelhos sanitários

Com o objetivo de facilitar o procedimento de monitoramento dos consumos de água, a frequência de utilização de dispositivos e equipamentos deve ser avaliada. Logo, é importante que sejam registrados todos os aparelhos sanitários. Em vista disso, foi realizado o quantitativo de pontos de consumo do CNAT e da geração de efluentes em todos os seus setores, conforme é apresentado no Quadro 5, a seguir. Esses pontos se resumem a banheiros, copas, laboratórios, bebedouros e torneiras nas áreas verdes (MARINHO, 2017).

Quadro 5 – Aparelhos Sanitários do *Campus* Natal-Central do IFRN

LOCAL	**APARELHO SANITÁRIO**	**QUANTIDADE**
Banheiros	Bacia sanitária – caixa de descarga	169
	Bacia sanitária – válvula de descarga	11
	Mictório	34
	Ducha	4
	Chuveiro	109
	Torneira automática	53
	Torneira manual	145
Copas	Torneira manual	34
Laboratórios	Torneira manual	60
Bebedouros	Bebedouros	12
Torneiras nas áreas verdes	Torneira manual	47

Fonte: Adaptado de Marinho (2017).

É importante destacar que, no momento da implantação do plano, as tabelas precisam ser atualizas, e é necessário estabelecer um período para essa atualização, levando-se em consideração as alterações que são realizadas no *campus*. Para quantitativo de pontos de

consumo e de geração de efluentes em todos os setores do CNAT, denota-se que esses pontos, em suma, referem-se a banheiros, copas, laboratórios, bebedouros e torneiras nas áreas verdes.

4.3.1.2 Iniciar os procedimentos de leitura regular dos hidrômetros

A adoção de sistema de medição individual de água possibilita que cada usuário tenha maior controle sobre seu consumo, o que torna essa atitude uma das ações tecnológicas que contribui para a preservação dos recursos hídricos, motivando financeiramente o usuário a evitar desperdícios e, por conseguinte, reduzir o consumo de água (MOURA; SILVA, 2019). Apesar do *campus* possuir um consumo elevado de água, não há implantado um sistema que possibilite a medição do consumo por setor ou por área, não sendo possível identificar em qual setor existe um consumo fora do padrão, e se existe alguma perda caso essa perda não seja visível.

A partir da instalação de hidrômetros em seis pontos distintos, o critério para escolha dos pontos se deu pela disponibilidade dos hidrômetros no período da pesquisa e a sua compatibilização com o diâmetro da tubulação, como também a definição exata do destino da água consumida. Conforme o Quadro 6, a medição do consumo pôde ser realizada de maneira mais específica no mês de novembro de 2019, em período letivo presencial, com funcionamento pleno no *campus*.

Quadro 6 – Medição de hidrômetros do *Campus* Natal-Central do IFRN

Local de instalação do hidrômetro	**Origem**	**Medição em 7 dias (m^3)**	**Estimativa de 30 dias (m^3)**
Bebedouro – Quadra de esportes 01	CAERN	0,63	2,7
Bebedouro – piscinas	CAERN	0,48	2,05
Bebedouro – Bloco de aulas B	CAERN	0,32	1,37
Bebedouro – Campo de futebol	CAERN	0,90	3,86
Setor de Multimídia e biblioteca central	POÇO 01	5,93	25,41

Fonte: Elaboração própria em 2021.

Com base nas medições realizadas nesses quatro bebedouros elencados no Quadro 6, foi calculada uma média de consumo por bebedouro e feita a estimativa do consumo mensal dos 12 bebedouros existentes no *campus*, de acordo com o explicitado no Quadro 7.

Quadro 7 – Estimativa de consumo pelos bebedouros do *Campus* Natal-Central do IFRN

DESCRIÇÃO	**DADO**
Média de consumo mensal por bebedouro	2,49 m³
Quantidade total de bebedouros	12 und
Consumo total mensal	29,88 m³

Fonte: Elaboração própria em 2021.

Com base nos Quadros 6 e 7, considerando-se a média de consumo de água com origem da CAERN, que é de 177,97 m³ mensal e pela estimativa de consumo pelos bebedouros, verifica-se que esse corresponde a aproximadamente 17% do consumo mensal. No que diz respeito à análise do consumo de água com origem no Poço 01, como só foi possível instalar um hidrômetro, que foi o referente ao consumo do Setor de Multimídia e da biblioteca central, a média de consumo de água dessa origem é de 6647,12 m³, assim, esse consumo corresponde a 0,4%.

Com este estudo, apesar de não terem sido analisados todos os setores, foi possível verificar que o volume consumido pela biblioteca central e pelo Setor de Multimídia não chega a 1% do volume total de água consumido com origem no Poço 01. Destaca-se, também, que, em razão da distribuição da tubulação e do campo, não foi possível instalar um hidrômetro no ramal que alimenta o setor responsável pela irrigação da área verde e as piscinas do *campus*. Porém, a equipe de manutenção acredita que seja esse o setor responsável por consumir a maior parte de água.

As tomadas de decisão com relação a medidas de interversão nos setores serão mais eficientes com base no registro desses consumos, gerando um padrão de consumo, possibilitando a identificação de algum consumo atípico. Para isso, foi prevista uma adaptação da barrilete do reservatório RE1, que contém cinco ramais de distribuição. Nele, deverá ser instalado um hidrômetro do tipo *Woltmann* axial, na posição horizontal, vertical ou inclinada, com corpo em ferro fundido com pintura eletrostática na cor azul, DN 50 mm (2 POL), vazão máxima 30 m³/h, vazão nominal de 15 m³/h, vazão de transição de 3 m³/h e vazão mínima de 0,45 m³/h, com relojoaria plana 360° de alta resistência em policarbonato, eixo em aço inox, componentes internos em plástico de engenharia, com temperatura máxima de operação de 50 ºC e pressão de 10 bar, pré-equipado telemetria.

Apesar dessa ser uma opção mais cara, esse hidrômetro é muito utilizado no mercado como macro medidor, medindo a vazão de entrada e permitindo a distribuição de fluxo pra micro medidores, considerando-se que no futuro pode ser necessário fazer a medição de sub-ramais. A vazão que ele suporta, apesar de ser superior à demanda, é a menor que existe.

A seguir, o Quadro 8 relaciona os ramais de distribuição em que os hidrômetros devem ser instalados. Após a instalação, precisa ser criada a rotina de registrar esses consumos semanalmente, com o intuito de se identificar qualquer consumo atípico, para ser verificada a existência de vazamento. Aponta-se, como sugestão, que seja viabilizada a contratação de um aluno bolsista para a implementação dessas medidas.

Quadro 8 – Ramais de distribuição em que se recomenda a instalação de hidrômetros

RAMAL	**SETOR**
01	Diretorias
02	Alimentação dos barriletes
03	Ginásio
04	Área verde
05	Banheiros – antiga Diretoria Acadêmica de Geografia (DAGEO)
06	Reserva
07	Centro de lazer – Marcenaria – 3ª idade
08	Banheiros – DIATINF e setor de idiomas

Fonte: Elaboração própria em 2021.

Com os devidos registros de consumos e padrões criados para cada setor, serão estabelecidas metas a serem cumpridas, estimulando-se o uso racional da água. Essas metas podem ser incorporadas aos jogos internos do *campus* e amplamente divulgadas para se ter o envolvimento de toda a comunidade escolar.

4.3.1.3 Adequação dos comportamentos de uso da água e levantamento dos procedimentos de limpeza

Deverão ser levantados os quantitativos de área, por local, a ser limpa (m²), de quantidade de água utilizada (l) e de quantidade de funcionários envolvidos e sua periodicidade. Também será necessário se observar a origem da água utilizada (CAERN ou poço) e a possibilidade de utilização de água de reúso.

O desperdício corresponde às perdas evitáveis e está relacionado à negligência do usuário que não tem consciência ambiental. Logo, em geral, o desperdício está associado ao comportamento de consumo. Nessa perspectiva, a redução do consumo de água considerado como desperdício resulta em economia e colabora para a conservação dos mananciais, na

medida em que destaca a importância de estabelecer políticas públicas de incentivos ao uso racional da água, que envolve ações tecnológicas e mudanças culturais para a conscientização da população quanto ao consumo (ALVES *et al*., 2019).

À vista disso, é proposta a elaboração de uma campanha de conscientização para o uso racional da água, com fixação de cartazes em todos os pontos de consumo, formação continuada dos professores, alunos, servidores e de toda a comunidade escolar. Nos momentos dos eventos escolares, como feiras, jogos, seminários, congresso e afins, há a oportunidade de divulgação das ações realizadas e dos resultados alcançados. Ainda, é possível prever premiação para os setores com os melhores resultados, o que pode gerar uma competição saudável e o maior envolvimento da comunidade.

4.3.1.4 Adoção de procedimentos de detecção e reparação de perdas

No desenvolvimento desta pesquisa, foi possível identificar pontos de vazamento, seja de tubulações, de equipamentos ou de dispositivos. Houve suspeita de vazamentos também devido à alteração do hidrômetro macro medidor, porém, apesar da investigação de campo, não foi possível identificar a origem ou confirmar com certeza a existência desse vazamento. Para título de amostragem, foi realizada a medição dos desperdícios em alguns desses pontos de vazamento identificados, conforme descrito no Quadro 9, apresentada logo abaixo.

Quadro 9 – Amostragem de vazamentos identificados no *Campus* Natal-Central do IFRN

APARELHO SANITÁRIO	**LOCAL**	**VAZAMENTO (ML/MIN)**
Chuveiro 1	Vestiário do campo	120,5
Chuveiro 2	Vestiário do campo	119
Torneira	WC masculino da Direção Geral	21,8
Torneira 1	WC masculino da DIATINF	50
Torneira 2	WC masculino da DIATINF	7,1
Total		318
		Total mensal de 13,9 m³

Fonte: Elaboração própria em 2021.

A equipe de manutenção do *campus* foi eficiente na solução dos vazamentos encontrados, visto que a maior dificuldade é na identificação desses vazamentos, pois nem

sempre são visíveis, já que existe a possibilidade de vazamentos nas tubulações enterradas. Essa dificuldade pode ser superada com a instalação e monitoramento dos hidrômetros por setor, conforme descrito no item 4.3.1.2. Destaca-se como importante, também, o registro das ações de reparos nas manutenções corretivas para solucionar os vazamentos, objetivando a análise das causas e a tomadas de decisão para a evolução do plano, planejando-se ações que evitem a ocorrência de novos vazamentos.

4.3.1.5 Adequação do volume, frequência e duração das descargas em função da utilização de cada dispositivo

Em geral, o consumo de água para fins higiênicos é o maior responsável pelo volume de água utilizado numa edificação (lavagens, toaletes e banho), sendo a bacia sanitária um dos equipamentos que mais consome água. Diante disso, na década de 1980, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) iniciou estudos para a criação de válvulas de descargas reduzidas, que passaram a consumir em torno de 5 litros por acionamento, enquanto que as convencionais utilizavam de 12 a 15 litros a cada acionamento (HELLER; PÁDUA, 2006).

Verifica-se, pois, que um forte aliado na busca pelo uso eficiente da água é o uso da tecnologia, com a utilização de aparelhos poupadores de água, que consiste na substituição de sistemas e componentes convencionais por aparelhos economizadores. Todavia, para que a utilização de um aparelho economizador seja efetiva, o sistema hidráulico deve encontrar-se livre de vazamentos, e após sua instalação faz-se necessário uma rotina de manutenção preventiva (ALBUQUERQUE NETO; JÚLIO, 2014). O *Campus* Natal-Central possui 180 bacias sanitárias. Destas, 169 são com caixa acoplada e 11 com válvula de descarga, ou seja, com grande potencial em economia no consumo da água com a substituição e/ou adequação desses aparelhos.

Segundo Albuquerque Neto e Júlio (2014), há vários métodos responsáveis pela economia de água em bacias sanitárias, como a descarga dual, na qual há dois volumes diferentes de água para descarga (normalmente 6 e 3 litros). Com esse dispositivo, o usuário se torna responsável pela escolha de qual nível de água será adequado, dependendo da quantidade de dejetos. Há, também, a bacia sanitária econômica, a qual utiliza apenas dois litros de água por acionamento da descarga e é desenvolvida com a ausência de sifão, de maneira que os dejetos são direcionados diretamente para a rede de esgoto, através de um basculante. Outro método é a utilização da descarga a vácuo, que consome apenas 1,5 litros de água por descarga,

sendo essa água apenas para limpeza da porcelana, pois os dejetos são levados através de ar. Porém, para o seu funcionamento, é necessário o uso de energia elétrica.

4.3.1.6 Utilização de água da chuva para rega em jardins ou similares

Em 2016, foi realizada uma pesquisa no *Campus* Natal-Central, intitulada: *Utilização de águas pluviais: uma alternativa para minimizar a crise hídrica – Estudo de caso no Instituto Federal do Rio Grande do Norte*. Na ocasião, foi desenvolvido e implantado um projeto de aproveitamento de águas pluviais para diversos fins, como a irrigação, utilizando-se um reservatório de 50,00 m³. Essa é uma alternativa viável e expressiva, uma vez que coopera para a diminuição do uso de água tratada para fins menos nobres, permitindo, assim, contribuir para uma engenharia sustentável (FERNANDES; MOREIRA; ARAÚJO, 2016).

Apesar de existir esse sistema instalado no *campus*, foi verificado que os reservatórios destinados para a captação de águas pluviais estão sendo utilizados para capitação de água do Poço 02. Observa-se, portanto, a necessidade de readequação do sistema para o devido fim ao qual foi proposto, como também da formação das equipes que operam o sistema e da divulgação dessas ações em toda a comunidade escolar, fomentando o envolvimento de todos.

4.3.1.7 Utilização de água residual tratada para rega em jardins ou similares

A irrigação de área verde urbana com utilização de água residual tratada pode permitir a redução do volume de água utilizado para consumo humano e melhorar algumas características dos solos, nomeadamente a estrutura microbiana e o conteúdo em matéria orgânica, fósforo e azoto. Contudo, foram observados impactos negativos, como a salinização dos solos e a acumulação de contaminantes (fármacos, microrganismos patogénicos, genes de resistência a antibióticos, etc.), com potencial para lixiviar e contaminar as águas subterrâneas (MONTEIRO; PISSARRA; MENDES, 2019).

Diante desse cenário, essa medida deve ser implantada seguindo cuidados especiais para não gerar contaminação do solo, observados os padrões estabelecidos para utilização de água residual tratada para rega de plantas. A implantação dessa medida pode ser, inclusive, uma fonte de estudos através de grupo de pesquisa específico.

4.3.1.8 Adequação da gestão da irrigação em jardins ou similares

A utilização de tecnologias no campo que utilizam o monitoramento de processos e auxiliam na gestão para melhorar a produtividade e preservação do meio ambiente se faz cada vez mais presente na atualidade. Um dos objetivos dessas tecnologias é encontrar meios de administrar de forma eficiente os recursos naturais (BARBOSA; MARTINS, 2015).

O *campus* Natal-Central do IFRN, apesar de possuir uma grande área verde, aproximadamente 20.000 m², não possui sistema automatizado de irrigação. Com exceção do campo de futebol, as demais áreas são irrigadas manualmente, necessitando-se de mão de obra e distribuição de torneiras em vários locais, e aumentando-se, consequentemente, a incidência de vazamentos.

Para substituição total do sistema de irrigação, é necessária a realização de um projeto e a disponibilidade financeira, o que pode ser planejado como medida a longo prazo. Diante disso, medidas que requerem menores recursos podem ser implementadas visando à racionalização do consumo da água e mantendo a saúde das áreas verdes do *campus*: a padronização dos horários de irrigação com incidência de menos calor, se observar os dias de chuva, que não necessitam de irrigação, a escolha de plantas de espécie nativas que se adaptem melhor ao clima, necessitando de menos água, e a formação continuada dos operadores de irrigação, possibilitando melhores práticas, visando ao uso racional da água.

4.3.1.9 Adequação de procedimentos de lavagem de pisos e de veículos

A implantação de sistemas de tratamento e reaproveitamento de efluentes para usos não potáveis, como a lavagem de veículos, se constitui como uma das maneiras de se utilizar a água de forma racional e sustentável. Configura-se, assim, como estratégia importante para preservação dos recursos hídricos e disponibilização destes recursos para usos mais nobres (FREITAS; SILVA, 2019).

O *campus* possui em sua frota de veículos ônibus, micro-ônibus e carros, e as lavagens são realizas na garagem, no interior do *campus*, na qual não existe um sistema de reutilização da água utilizada. Há, portanto, uma oportunidade de pesquisa nessa área. Para tal, é necessário realizar levantamento do consumo de água para esse fim e estudar a viabilidade de implantação de estação de tratamento de água para reúso.

4.3.2 Medidas tecnológicas

A seleção das medidas tecnológicas escolhidas visa ao consumo racional da água, à otimização do sistema hidrossanitário e ao aumento da eficiência dos diversos usos observados. Para Alexandre, Kalbusch e Henning (2017), a substituição de equipamentos hidrossanitários convencionais por economizadores apresenta bons resultados na redução do consumo de água. Desse modo, o uso de medidas tecnológicas economizadoras de água impacta no consumo e contribui para uma melhor gestão dos recursos hídricos em sistemas prediais. É fundamental que se preze pelo consumo sustentável, seja com a utilização de tecnologias voltadas a esse meio, seja pela conscientização dos usuários.

A partir das medidas comportamentais, foram selecionadas as medidas tecnológicas listadas no Quadro 10, com a descrição e o objetivo/implementação de cada uma.

Quadro 10 – Medidas tecnológicas selecionadas

(continua)

MEDIDAS	OBJETIVO/IMPLEMENTAÇÃO
Substituição ou adaptação de descargas por outras de baixo consumo, com descarga de volume reduzido e controlada pelo utilizador.	Redução do consumo de água, de energia e da produção de águas residuais em diferentes usos.
Substituição ou adaptação de torneiras, chuveiros e mictórios por outros modelos mais eficientes.	
Adaptação da utilização de mictórios, através da instalação de sistemas de controle automático da descarga.	
Substituição ou adaptação de tecnologias de irrigação em jardins ou similares.	
Utilização de dispositivos portáteis de água sob pressão na lavagem de veículos.	
Realização de análises da qualidade da água de poços existentes.	Origens de água alternativas para usos compatíveis.
Substituir progressivamente equipamentos de laboratório com uso da água segundo a melhor tecnologia do ponto de vista ambiental.	Redução do consumo de água em diferentes usos.
Ativação da rede de recolhimento dos efluentes laboratoriais e instalação de pré-tratamento.	Origens de água alternativas para usos compatíveis.

Quadro 10 – Medidas tecnológicas selecionadas

(conclusão)

MEDIDAS	OBJETIVO/IMPLEMENTAÇÃO
Utilização de água residual tratada em usos não potáveis.	
Inspeção regular e manutenção e operação adequada dos sistemas de refrigeração de ar, de bombeamento e de reservatórios.	Redução do consumo de água e energia.

Fonte: Elaboração própria em 2021

4.3.3 Cronograma e programação orçamentária

Para cada medida a ser implantada, é necessária a análise da viabilidade econômica, com critérios de disponibilidade orçamentária, de período de retorno, de razão entre os benefícios e os custos, de custo de instalação e de manutenção, que devem ser observados para a tomada de decisão. Um cronograma de implementação precisa ser elaborado, priorizando as ações que otimizem o gerenciamento do consumo da água, como a instalação de hidrômetros e o monitoramento dos registros dos consumos.

4.3.4 Implementação

O Plano de Gestão Sustentável do Consumo da Água aqui elaborado descreve uma relação de medidas comportamentais e tecnológicas para o consumo sustentável da água em ambiente escolar. Conforme referido anteriormente, a implementação de tais medidas é materializada no desenvolvimento e na concretização do plano, que deve ser liderado pela equipe gestora do *campus*, com a participação ativa da equipe de engenharia e de manutenção.

Para isso, é importante que também haja a participação de toda a comunidade escolar. Com essa finalidade, sugere-se que seja criado um grupo de pesquisa para implementação, monitoramento, observação e efetivação das medidas selecionadas, além da verificação de oportunidades de melhorias e da revisão das medidas relacionadas. Ademais, a divulgação através de todos os meios de comunicação da escola é de grande relevância para o envolvimento da comunidade escolar no plano.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa contribui com o desenvolvimento de um Plano de Gestão Sustentável do Consumo da Água em um ambiente escolar, especificamente, no *Campus* Natal-Central do IFRN, ao propor um conjunto de medidas comportamentais e tecnológicas que foram selecionadas a partir das especificidades encontradas na instituição. Dessa forma, foram planejas iniciativas para a educação ambiental e envolvimento da comunidade escolar.

Para a elaboração deste plano, foi necessária a execução de um diagnóstico das instalações hidrossanitárias, caracterizando-se todo o sistema com visitas *in loco*, com identificação de pontos de perdas, onde foram aplicadas ações de correção, como também foram propostas outras ações corretivas e de melhoria.

E, finalmente, para a efetividade dos desdobramentos deste trabalho desenvolvido e para o aprofundamento dos resultados, propõem-se as seguintes ações:

a) a criação de um grupo de pesquisa voltado para o aprofundamento dos resultados, com participação de professores, alunos e servidores;

b) a implementação das medidas descritas no plano, identificando-se as oportunidades de melhoria;

c) a criação de editais de fomento à pesquisa relacionada ao consumo consciente da água, a fim de estimular o desenvolvimento de dispositivos economizadores;

d) a divulgação das ações e dos resultados desenvolvidos para excitar a participação da comunidade escolar.

Conclui-se, em suma, que a pesquisa desenvolvida foi importante e trouxe benefícios tanto para a comunidade escolar do *campus* em que foi desenvolvida, quanto para a área de estudos na qual se insere. No entanto, é necessária a continuação dos trabalhos aqui apresentados para a consolidação e a mensuração dos resultados, promovendo-se, assim, a educação ambiental e a conservação do meio ambiente.

5.1 PRODUTO TÉCNICO – PLANO DE GESTÃO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA – CNAT - IFRN

A concepção do produto técnico é o resultado principal desta pesquisa, consequência do que foi desenvolvido ao longo do trabalho, desde o embasamento teórico, a definição dos materiais e métodos a serem empregados e a identificação do problema. Com isso, foi executado

o diagnóstico das instalações hidrossanitárias, com reconhecimento da área de trabalho, descrição de suas fragilidades, potencialidades e adequações.

A partir dos resultados obtidos no diagnóstico, foi possível desenvolver o produto técnico, que compreende de um plano um Plano de Gestão Sustentável da Água, cujo objetivo é contribuir com a gestão sustentável da água no CNAT, propondo a implementação de medidas comportamentais e tecnológicas para o uso racional da água, que será produzido e entregue separadamente a esta dissertação.

O referencial teórico foi escrito baseado nesta dissertação, do qual foram feitos recortes com informações, tais como o uso racional da água, certificações ambientais, consumo e conservação da água em ambiente escolar, perdas e educação ambiental.

O produto técnico se apresenta como resposta a uma demanda interna da instituição, neste caso, o CNAT – IFRN, atingindo toda a comunidade escolar, já que seu conteúdo visa contribuir com a gestão sustentável da água, buscando o uso racional, na solução dos problemas identificados, a diminuição de perdas pela distribuição e o desperdício pelo consumo. Ele atende aos critérios de aderência por estar vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Uso Sustentável de Recursos Naturais do IFRN, na linha de pesquisa de Saneamento Ambiental.

A contribuição com a gestão sustentável da água é o impacto deste produto, que propõe a implementação de medidas capazes de otimizar o consumo e a destinação dos efluentes, minimizando o impacto ambiental. Tem caráter inovador por não haver documento institucional semelhante ou com a mesma finalidade. O caráter de complexidade na elaboração e do conteúdo do Plano de Gestão está no envolvimento de conceitos de várias áreas do conhecimento, como engenharia civil, gestão ambiental, educação ambiental, entre outras. É importante destacar, ainda, que este produto não tem o prognóstico de ser a solução única e definitiva. Ele surge como contribuição ao debate acerca do assunto que envolve a gestão da água em ambiente escolar, em especial no CNAT.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE NETO, R. F. A.; JULIO, M. Estudo de técnicas sustentáveis para racionalização do uso de água em edificações com enfoque na demanda. **Revista de Engenharia e Tecnologia,** v. 6, n. 2, p. 85-103, ago. 2014.

ALEGRE, Helena; COVAS, Dídia. **Gestão patrimonial de infra-estruturas de abastecimento de água.** Uma abordagem centrada na reabilitação. Lisboa: Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos: Laboratório Nacional de Engenharia Civil: Instituto Superior Técnico, 2010.

ALEXANDRE, Ananda Cardoso; KALBUSCH, Andreza; HENNING, Elisa. Avaliação do impacto da substituição de equipamentos hidrossanitários convencionais por equipamentos economizadores no consumo de água. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 22, p. 1005-1015, 2017.

ALMEIDA, M. C., VIEIRA, P., RIBEIRO, R. **Uso Eficiente da Água no Sector Urbano**. Lisboa: Instituto Regular de Águas e Resíduos: Instituto da Água e Laboratório Nacional de Engenharia Civil, 2006.

ALMEIDA, N. C. C.; SANTOS JUNIOR, C. F.; NUNES, A.; LIZ, M. S. M. Educação Ambiental: a conscientização sobre o destino de resíduos sólidos, o desperdício de água e o de alimentos no município de Cametá/PA. **Rev. Bras. Estud. Pedagog.**, v. 100, n. 255, mai./ago. 2019.

ALVES, Joice dos Santos *et al*. Água suja também lava: uma análise do desperdício de água sob a perspectiva de marketing social. **Revista Gestão e Desenvolvimento**, v. 16, n. 3, p. 58-82, 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Brasil tem cerca de 12% das reservas mundiais de água doce do planeta**. Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2021a. Disponível em: https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/brasil-tem-cerca-de-12-das-reservas-mundiais-de-a.2019-03-15.1088913117. Acesso em: 20 jan. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (Brasil). **Uso racional da água é a solução para a preservação desse recurso**. Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2021b. Disponível em: https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/uso-racional-da-a-gua-a-c-a-soluassapso-para-a.2019-03-15.1643221791. Acesso em: 19 jan. 2021.

ANDRÉ, Daniela Severo; MACEDO, Daniela de; ESTENDER, Antônio Carlos. **Conservação e Uso Racional da Água:** Novos hábitos para evitar a escassez dos recursos hídricos e para a continuidade do bem finito. *In*: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 7., 2015, Resende. **Anais** [...]. Resende: AEDB, 2015.

ARAÚJO, André Luis Calado; DUARTE, Marco Antonio Calazans. **Monitoramento da vazão de efluentes líquidos do campus Natal-Central - IFRN descartados em rede**

coletora. Relatório técnico. Natal: Núcleo de Estudos em Saneamento Básico (NESB): Diretoria de Recursos Naturais do IFRN, 2019.

BARBOSA, Alex Bento; MARTINS, Edson Aparecido. **Sistema de irrigação automatizado utilizando placas controladoras arduino**. *In*: JORNACITEC-JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA, 8., 2015, Botucatu. **Anais** [...]. Botucatu: FATEC, 2015.

BEZERRA, Saulo de Tarso Marques; CHEUNG, Peter Batista. **Perdas de água:** tecnologias de controle. João Pessoa: Editora da UFPB, 2013.

BRASIL. **Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília: Casa Civil. Brasília, 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6938.htm#:~:text=Art%201%C2%BA%20%2D%20Esta%20Lei%2C%20com,e%20institui%20o%20Cadastro%20T%C3%A9cnico. Acesso em: 20 jan. 2021.

BRASIL. **Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, DF: Casal Civil., 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 29 nov. 2020.

BRASIL. Ministério das Relações Exteriores. **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Brasília, DF: Ministério das Relações Exteriores, 2018. Disponível em: http://www.itamaraty.gov.br/pt-BR/politica-externa/desenvolvimento-sustentavel-e-meio-ambiente/135-agenda-de-desenvolvimento-pos-2015. Acesso em: 16 ago. 2021.

BUENO, A. A. *et al*. **Ciclo PDCA**. Goiânia: Pontifícia Universidade Católica de Goiás, 2013.

CHENG, C. L.; HONG, Y. T. Evaluating water utilization in primary schools. **Building and Environment**, v. 39, n. 7, p. 837-845, 2004.

FERNANDES, Ana Cláudia Araújo; MOREIRA, Micheline Damião Dias; ARAÚJO, André Luis Calado. Utilização de águas pluviais: uma alternativa para minimizar a crise hídrica–estudo de caso no Instituto Federal do Rio Grande do Norte. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL CAMPINA GRANDE/PB, 7., 2016, Campina grande. **Anais** [...]. Campina Grande: IBEAS, 2016.

FRANÇA, P. A. R.; GUIMARÃES, M. G. V. A educação ambiental nas Escolas Municipais de Manaus (AM): um estudo de caso a partir da percepção dos discentes. **Revista Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 3128-3138, mar. 2014.

FREITAS Antonio Coelho de; SILVA, Ailton Braz da. **Reúso de água em empreendimentos de lavagem de veículos**. Ponta Grossa: Atena Editora, 2019.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Certificação AQUA-HQE de sustentabilidade se propaga no mercado brasileiro**. São Paulo: Fundação Vanzolini, 2021. Disponível em: http://vanzolini.org.br/aqua/certificacao-aqua-hqe/. Acesso em: 5 mar. 2021.

GBC Brasil. **LEED para edifícios existentes - Operação e Manutenção**. São Paulo: GBC Brasil, 2021. Disponível em: http://www.gbcbrasil.org.br/leed-OM.php/ Acesso em: 11 mar. 2021.

GELFAND, Lisa. **Sustainable school architecture:** design for elementary and secondary schools. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010.

HELLER, Léo; PÁDUA, Valter L. **Abastecimento de água para consumo humano**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA RIO GRANDE DO NORTE. **Plano de Gestão de Logística Sustentável**. Deliberação n. 04/2015 -CODIR/IFRN, de 03/03/2015. Natal: IFRN, 2015.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA RIO GRANDE DO NORTE. **IFRN é considerada a quinta melhor instituição federal de ensino do país**. Natal: IFRN, 2019a. Disponível em: https://portal.ifrn.edu.br/campus/mossoro/noticias/ifrn-e-considerada-a-quinta-melhor-instituicao-federal-de-ensino-do-pais. Acesso em: 5 mar. 2021.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA RIO GRANDE DO NORTE. **Plano de Desenvolvimento Institucional - IFRN** 2019/2026. Natal: IFRN, 2019b. Disponível em: https://portal.ifrn.edu.br/institucional/pdi-2019-2026. Acesso em: 20 jan. 2021.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA RIO GRANDE DO NORTE. **Histórico - O IFRN em números**. Natal: IFRN, 2021. Disponível em: https://portal.ifrn.edu.br/institucional/historico. Acesso em: 5 mar. 2021.

KUSTERKO, S.K.; ENSSLIN, S.R.; ENSSLIN, L. Avaliação de desempenho quanto à gestão de perdas em sistemas de abastecimento de água através da Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão - Construtivista (MCDA-C). *In*: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22., 2015, Bauru, SP. **Anais...** Bauru, 2015.

MARCATTO, Celso. **Educação ambiental**: conceitos e princípios. Belo Horizonte: FEAM, 2002.

MARINHO, Ana Paula de França *et al*. **Gerenciamento de uso dos recursos hídricos e geração de efluentes sanitário no campus Natal central do IFRN**. Natal: IFRN, 2017.

MARQUES, Rafael Vargas. Recursos hídricos no Brasil: um panorama histórico e institucional. **R. Tecnologia & Cultura**, v. 19, n. 29, p. 15-23, 2017.

MIRANDA, Donizeti Leão de *et al*. Educação Ambiental a partir da Agenda 2030: experiências da conscientização e do uso racional da água na educação municipal de Varginha (MG). **Revista Brasileira de Educação Ambiental (RevBEA)**, v. 16, n. 2, p. 174-190, 2021.

MONTEIRO, Laura; PISSARRA, Patrícia; MENDES, Maria Paula. Rega de espaços verdes urbanos com água para reutilização: o que esperar?. *In*: CONGRESSO DA ÁGUA, 15., 2019, Lisboa. **Anais** [...]. Lisboa: APRH, 2019.

MOURA, Adriana Maria Magalhães de (org.). **Governança ambiental no Brasil**: instituições, atores e políticas públicas. Brasília: IPEA, 2016.

MOURA, Micaella Raíssa Falcão de; SILVA, Simone Rosa da. A medição individualizada de água como instrumento de redução do consumo em edifícios residenciais. **Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes**, v. 7, n. 15, 2019.

NUNES, Luiz Gustavo Costa Ferreira *et al*. Indicadores de consumo de água, vazamentos e perdas: estudo de caso das escolas públicas de Recife. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 10, n. 20, 2017.

OLIVEIRA, J. T.; MACHADO, R. C. D.; OLIVEIRA, E. M. Educação ambiental na escola: um caminho para aprimorar a percepção dos alunos quanto à importância dos recursos hídricos. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, São Paulo, v. 11, n. 4, p. 311-324, 2015.

PAHL-WOSTL, Claudia *et al*. The Growing Importance of Social Learning in Water Resources Management and Sustainability Science**. Ecology and Society**, v. 13, n. 1, 2008. Disponível em: www.jstor.org/stable/26267907. Acesso em: 25 fev. 2021.

RABAB I. EL-Nwsany; MAAROUF, Ibrahim; ABD EL-AAL, Waled. Water management as a vital factor for a sustainable school. **Alexandria Engineering Journal**, vol. 58, n. 1, p. 303-313, 2019. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016818302424. Acesso em: 5 mar. 2021.

ROCHA, Camila R.; FALCÃO, Daniel Ferreira. Comparação entre as principais certificações ambientais: Aqua, Leed e Selo Casa Azul. *In*: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DA LARES, 17., 2017, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: Selo Casa Azul, 2017.

SCHERER, F. A.; GONCALVES, O. M. Uso Racional da Água em Escolas Públicas: Diretrizes para Secretarias de Educação. **Boletim da Escola Politécnica da USP-Departamento de Eng. Civil**. São Paulo: EPUSO, 2004.

NATAL (Rio Grande do Norte). **Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo**. Natal: SEMURB, 2021. Disponível em: https://natal.rn.gov.br/semurb/. Acesso em: 26 fev. 2021.

VEIGA, L. A. K.; ZANETTI, M. A. Z.; FAGGION, P. L. **Fundamentos de topografia**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2012.

VISSER, Martine *et al*. Economizando água nas escolas da Cidade do Cabo usando medição inteligente e mudança comportamental. **Recursos Hídricos e Economia**, p. 100175, 2021.

WANG, Jingjing; CHERMAK, Janie M. Is less always more? Conservation, efficiency and water education programs, Ecological Economics. **Ecological Economics**, v. 184, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.106994. Acesso em: 5 jun. 2021.