

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE
ÁGUA DE CHUVA EM UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO**

LUAN MOREIRA FERNANDES DE ALMEIDA

FEIRA DE SANTANA

AGOSTO DE 2021

Luan Moreira Fernandes de Almeida

ANÁLISE DA VIABILIDADE DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA
DE CHUVA EM UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECEA) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de mestre em Engenharia Civil e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Silvio Roberto Magalhães Orrico.

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Henrique Borges Cohim Silva.

FEIRA DE SANTANA

AGOSTO DE 2021

Ficha Catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

Almeida, Luan Moreira Fernandes de
A448a Análise da viabilidade de sistemas de aproveitamento de água de chuva em um campus universitário. / Luan Moreira Fernandes de Almeida . – 2021.
64 f.; il.

Orientador: Silvio Roberto Magalhães Orrico
Co-orientador: Eduardo Henrique Borges Cohim Silva
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana. Programa, de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Feira de Santana, 2021.

1. Água de chuva. 2. Abastecimento de água. 3. Demanda e energia acumulada.
I. Orrico, Silvio Roberto Magalhães, orient. II. Silva, Eduardo Henrique Borges Cohim, co-orient. III. Universidade Estadual de Feira de Santana. IV. Título.

CDU: 628.111

Maria de Fátima de Jesus Moreira - Bibliotecária - CRB-5/1120

FEIRA DE SANTANA

AGOSTO DE 2021

ANÁLISE DA VIABILIDADE DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA
DE CHUVA EM UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Luan Moreira Fernandes de Almeida

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL.

Aprovado por:

PROF. DR. SILVIO ROBERTO MAGALHÃES ORRICO
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

PROF. DR. EDUARDO HENRIQUE BORGES COHIM SILVA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

PROF. DR. ANDERSON DE SOUZA MATOS GÁDEA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

PROF. DR. FELIZARDO ADENILSON ROCHA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA

THIAGO ALBERTO DA SILVA PEREIRA
UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

FEIRA DE SANTANA, BA – BRASIL

AGOSTO/2021

DEDICATÓRIA

Aos amores incuráveis.

AGRADECIMENTOS

Aos Prof. Cohim e Prof. Orrico, pela competência, orientação, profissionalismo, dedicação e paciência. Obrigado por acreditarem em mim e pelos incentivos, tenho certeza que não chegaria aqui sem vocês.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, campus de Vitória da Conquista, nas pessoas do Prof. Felizardo Adenilson Rocha, Prof^a Camila Daniele Willers e aos estudantes de engenharia ambiental Manoel e Guilherme por toda ajuda e disponibilidade na realização desse trabalho.

A todos meus colegas da Pós-Graduação em Engenharia Civil e Engenharia Ambiental, a quem recorria ajuda e em especial, ao meu colega de mestrado e amigo Henrique Junqueira.

A todos os profissionais do colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Engenharia Ambiental pelo empenho e dedicação.

“O ronco da trovoadas
Estremece os corações
Nas capitais dos estados
Nos pequenos povoados
Lá pros lados dos sertões

Quando o tempo faz zoadas
Na voz grave dos trovões
Eu acho que alguém já disse
Que é como então se abrisse
a jaula para os leões [...]

Acredite se quiser [...]

Gilberto Gil e Milton Nascimento

Resumo da Dissertação apresentada ao PPGECEA/UEFS como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M. Sc.).

ANÁLISE DA VIABILIDADE DE SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA EM UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Luan Moreira Fernandes de Almeida

Agosto/2021

Orientador 1: Prof. Dr. Silvio Roberto Magalhães Orrico

Orientador 2: Prof. Dr. Eduardo Henrique Borges Cohim e Silva

A escassez hídrica e os custos crescentes no abastecimento de água têm levado a diversas instituições adotarem uma abordagem de abastecimento com foco na gestão da demanda, que tem como perspectiva de redução do consumo de água por meio do controle de perdas e desperdício e o aumento da oferta com uso de outras fontes de abastecimento com qualidade da água destinada ao propósito. Nesse cenário, o presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade no uso da água de chuva em instituição de ensino federal do Sudoeste baiano. Foi realizado o diagnóstico do sistema de abastecimento atual, realizado simulações hidrológicas por meio de balanços hídricos diários no software Netuno 4.0, econômicas e de intensidade energética para análise do uso da água de chuva e a possibilidade do uso de águas subterrâneas. Os resultados mostram que com um investimento de R\$ 322.118,59, em valores presente, é possível garantir atendimento de 43 % da demanda de água do *campus* com uso da água de chuva, representando um índice de 4,62 R\$.m⁻³ e uma economia anual de R\$ 23.019,36. A demanda de energia acumulada para o SAAC foi de 110 MWh com um índice de 1,96 kWh.m⁻³, representando 97 MWh de energia evitada relação ao abastecimento da rede. A garantia de água, redução no custo para abastecimento e energia da acumulada garantem a viabilidade econômica e ambiental, no uso da água de chuva como alternativa de abastecimento na instituição de ensino público federal.

Palavras-chave: Grandes consumidores de água. Água de Chuva. Demanda e energia acumulada. Abastecimento de água.

Abstract of the dissertation presented to PPGECEA/UEFS as part of the necessary requirements for obtaining a Master of Science degree (M. Sc.).

ANALYSIS OF THE FEASIBILITY OF RAINWATER HARVESTING SYSTEMS
IN A UNIVERSITY CAMPUS

Luan Moreira Fernandes de Almeida

August /2021

Advisor 1: Prof. Dr. Silvio Roberto Magalhães Orrico

Advisor 2: Prof. Dr. Eduardo Henrique Borges Cohim e Silva

Water scarcity and rising costs in water supply have led several institutions to adopt a supply approach focused on demand management, which has the perspective of reducing water consumption by controlling losses and waste and increasing water consumption. supply with the use of other sources of supply with water quality intended for the purpose. In this scenario, this study aims to analyze the feasibility of using rainwater in a federal educational institution in the Southwest of Bahia. The current supply system was diagnosed, hydrological simulations were carried out through daily water balances in the Netuno 4.0 software, economic and energy intensity for analysis of the use of rainwater and the possibility of using groundwater. The results show that with an investment of R\$ 322,118.59, in present values, it is possible to guarantee that 43% of the campus' water demand is met with the use of rainwater, representing an index of $4.62 \text{ R}\$.\text{m}^{-3}$ and annual savings of R\$23,019.36. The accumulated energy demand for the SAAC was 110 MWh with an index of $1.96 \text{ kWh}.\text{m}^{-3}$, representing 97 MWh of energy avoided in relation to the supply of the network. The guarantee of water, a reduction in the cost of supply and accumulated energy guarantee economic and environmental viability in the use of rainwater as an alternative supply in the federal public education institution.

Palavras-chave: Grandes consumidores de água. Água de Chuva. Demanda e energia acumulada. Abastecimento de água.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	OBJETIVOS	3
2.1	OBJETIVO GERAL.....	3
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
3.1	ESCASSEZ HÍDRICA.....	4
3.2	GRANDES CONSUMIDORES DE ÁGUA	5
3.2.3	<i>Consumo de água em escolas e universidades</i>	<i>7</i>
3.2.4	<i>Consumo de água em restaurantes e refeitórios coletivos</i>	<i>12</i>
3.3	OUTRAS FONTES DE ABASTECIMENTO E A INDEPENDÊNCIA DE ÁGUA	14
3.3.1	<i>Uso da água de chuva</i>	<i>15</i>
3.3.2	<i>Uso da água subterrânea</i>	<i>18</i>
3.3.3	<i>Uso de águas cinzas</i>	<i>18</i>
3.4	ENERGIA INCORPORADA AO ABASTECIMENTO DE ÁGUA	20
4	METODOLOGIA	25
4.1	DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	25
4.2	IDENTIFICAÇÃO DO CONSUMO E DOS USOS DA ÁGUA.....	28
4.3	ANÁLISE DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	31
5	RESULTADO E DISCUSSÕES	35
5.1	POPULAÇÃO EQUIVALENTE E ÍNDICE DE CONSUMO DE ÁGUA	35
5.1.2	<i>Consumo de água.....</i>	<i>36</i>
5.1.3	<i>Consumo especial de água.....</i>	<i>37</i>
5.1.4	<i>Indicador de consumo de água.....</i>	<i>39</i>
5.2	O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	41
5.3	DIMENSIONAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA	42
6	CONCLUSÕES	51
7	REFERÊNCIAS	54

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Planta Geral do Campus do IFBA de Vitória da Conquista.....	27
Figura 2. Esquemático do Sistema Integrado de Abastecimento de Vitória da Conquista e Belo Campo	28
Figura 3. Resumo dos usos finais de água em escolas técnicas e universidades.....	31
Figura 4. Fluxograma para análise do SAAC.....	32
Figura 5. Consumo mensal de água no IFBA.....	37
Figura 6. Detalhe do reservatório central	38
Figura 7. Histograma do consumo de água em restaurantes	39
Figura 8. Volume anual de água produzido no SIAAVBC e população total atendida com água	42
Figura 9. Potencial de aproveitamento de água de chuva centralizado	43
Figura 10. Distribuição dos reservatórios dos sistemas de SAAC	44
Figura 11. Simulações hidrológicas para cada SAAC.....	45
Figura 12. Simulação econômica SAAC 1	46
Figura 13. Simulação econômica SAAC 2	46
Figura 14. Simulação econômica SAAC 3	47
Figura 15. Simulação econômica SAAC 4.....	47
Figura 16. Simulação econômica SAAC 5	47
Figura 17. Simulação econômica SAAC 6.....	47
Figura 18. Simulação econômica SAAC 7	47
Figura 19. Simulação de intensidade energética SAAC 1.....	49
Figura 20. Simulação de intensidade energética SAAC 2.....	49
Figura 21. Simulação de intensidade energética SAAC 3.....	49
Figura 22. Simulação de intensidade energética SAAC 4.....	49
Figura 23. Simulação de intensidade energética SAAC 5.....	49
Figura 24. Simulação de intensidade energética SAAC 6.....	49
Figura 25. Simulação de intensidade energética SAAC 7.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Exemplo para obtenção da População Equivalente	8
Tabela 2. Proporção de volume de usos finais de água em escolas médias-técnicas e universidades.	11
Tabela 3. Valores de consumo de água por refeição servida em restaurantes.....	13
Tabela 4. Sistema de Tarifa da Embasa.....	34
Tabela 5. Intensidade energética dos materiais	35
Tabela 6. População Equivalente por categoria e prédio IFBA 2020	36
Tabela 7. Demanda de água predial.....	40
Tabela 8. Volume mensal de água por uso em cada prédio	41
Tabela 9. Resumo dos sistemas de captação de água de chuva.....	44
Tabela 10. Custos referentes às intervenções para SAAC.....	46
Tabela 11. Resumo dos resultados da análise econômica dos SAACs	48
Tabela 12. Resumo de análise de intensidade energética.....	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Descrição do espaço dos prédios do IFBA.....	25
--	----

LISTA DE ABREVIATURAS

ADASA - Agência Reguladora de águas, Energia e Saneamento do Distrito Federal

ANA – Agência Nacional de Águas

ANQIP - National Association for the Quality in Technical Installations

CAESB - Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal

IFBA - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia

INEMA - Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos

NBR - Norma Brasileira

ORSE – Orçamento de Obras de Sergipe

P1MC – Programa 1 Milhão de Cisternas Rurais

PE - População Consumidora Equivalente

PNCDA - Programa Nacional Combate ao Desperdício Água

PNRH - Plano Nacional de Recursos Hídricos

SAAC - Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva

SIAAVBC - Sistema Integrado de Abastecimento de Água de Vitória da Conquista e Belo Campo

SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

SNIS – Sistema Nacional de Informação Sobre Saneamento

UFAL – Universidade Federal de Alagoas

UFPE – Universidade Federal de Pernambuco

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

UFBA – Universidade Federal da Bahia

USP – Universidade de São Paulo

WELL - Water Efficiency Labelling

WELS - Water Efficiency Labeling and Standards

CED – Demanda de Energia Acumulada

1 INTRODUÇÃO

O abastecimento de água nas cidades é um dos fatores determinantes para a qualidade de vida urbana, a oferta insuficiente de água limita as atividades econômicas e o desenvolvimento das cidades.

O crescimento populacional, o aumento do consumo de água, a poluição dos corpos d'água, a deterioração da infraestrutura, os custos com a energia futura e as mudanças climáticas têm impulsionado o debate sobre a vulnerabilidade e a natureza finita dos recursos hídricos. Por esses motivos, a água e sua governança constam como um dos capítulos centrais na agenda internacional do século XXI.

Nesse cenário de mudanças, a disponibilidade da água, que no início da urbanização mostrava-se suficiente, já não são mais. O aumento na necessidade pela busca por mananciais cada vez mais distantes dos centros urbanos, resultou em maiores investimentos em infraestrutura, encarecendo o serviço (SNIS, 2019).

Instituições e pesquisadores consideram equivocada a abordagem com foco na disponibilidade permanente de água, pois enfrentará dificuldades devido as pressões geradas decorrentes ao aumento populacional e da renda *per capita*, que, associadas às mudanças climáticas e o risco de escassez hídrica, pode resultar em limitações no abastecimento (SILVA et al., 2019; TZANAKAKIS; PARANYCHIANAKIS; ANGELAKIS, 2020).

Como alternativa têm-se adotado a abordagem com foco na gestão da demanda de água, que, consiste em reduzir o consumo de água e aumentar a oferta por meio de ações de minimização das perdas, desperdícios, manutenção, difusão dos conceitos sobre o uso racional da água e no uso de outras fontes de abastecimento.

Estudos apontam que ações de redução da dependência do consumo de água da rede apresentam economia nos custos referentes a tarifa de água e esgoto e na mitigação dos impactos ambientais relacionados aos sistemas de abastecimento de água (BARBOSA; KIPERSTOK; COHIM, 2020; BAXTER; SRISAENG; WILD, 2018; KARIM et al., 2021).

O aumento da oferta de água com uso de fontes alternativas é uma das prerrogativas dessa abordagem. Entre o aumento da oferta, o uso da água de chuva tem se tornado uma

alternativa mais atrativa, pois, com o dimensionamento adequado dos sistemas é possível substituir parte da demanda total de água com custos mais barato que o uso da água da rede em diversos consumidores (GARCIA et al., 2013; MORAIS, 2016; SALOMÃO et al., 2019; SANT'ANA; MEDEIROS; ALVARES, 2017).

Além de reduzir a dependência de água da rede, o uso da água de chuva amortiza as pressões de água sobre os sistemas de drenagem, mitigando os efeitos das enchentes e alagamentos, e reduz o uso da energia associada ao abastecimento (ARAUJO et al., 2021; JESUS, 2018).

Nesse cenário instituições de ensino vem buscando alternativas para redução do consumo, seja por monitoramento, controle e redução de perdas (CAZAES et al., 2019; MARINHO; FREIRE; KIPERSTOK, 2019; ODURO-KWARTENG et al., 2009), ou, na ampliação da oferta com uso de outras fontes de abastecimento (KARIM et al., 2021; SÁNCHEZ, 2014).

Em Vitória da Conquista – BA as pressões de demanda de água exercidas sobre o manancial das barragens da Bacia de Água Fria I e II, a estiagem em 2016, e o aumento do consumo de água nas últimas décadas, fizeram com que a barragem chegasse a 31% da sua capacidade hídrica (INEMA, 2017), problema que só foi amenizado com a ampliação do sistema de captação, mas que ainda não foi capaz de estabelecer níveis de capacidade anterior ao período de estiagem (CONCEIÇÃO, 2018).

Diante do aumento dos custos relativo ao abastecimento de água, os impactos ambientais e da falta de gerenciamento efetivo do uso da água, o presente trabalho tem como objetivo analisar a viabilidade ambiental e econômica no uso da água de chuva em uma instituição federal de ensino.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar a viabilidade econômica e ambiental no uso da água de chuva em instituição federal de ensino.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar o abastecimento de água no instituto federal;
- Estimar o indicador de consumo de água na instituição federal;
- Analisar o desempenho econômico do sistema de água de chuva;
- Analisar o desempenho energético do sistema de água de chuva.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 ESCASSEZ HÍDRICA

Os impactos das mudanças climáticas agravarão o número de pessoas com dificuldades de abastecimento de água. Segundo relatório das Nações Unidas (2019) a quantidade de pessoas sem acesso à água potável em quantidades suficientes será de 4,4 bilhões até 2050.

O estresse hídrico atinge, com níveis críticos, a costa do pacífico da América do Sul, 17 % do território europeu, e o estado do Arizona nos Estados Unidos, que devido aumento ao consumo de água necessitará aumentar a importação de água para essas bacias (BOULAY et al., 2018; CROSSON, 2018; MCGLADE, 2005).

O Brasil, apesar de ser o país com maior disponibilidade de recursos hídricos, 46 % das cidades brasileiras é atingida com algum problema com disponibilidade de água (ANDRADE et al., 2020). Essas pessoas estão concentradas no Nordeste, em que a principal condição é a climática, e no Sudeste, que, apesar dos índices elevados de precipitação, apresenta elevada concentração de municípios populosos e indústrias, com maior consumo *per capita* de água.

Na Região Metropolitana de São Paulo o problema de escassez de água está relacionado com a falta de planejamento estratégico, que afeta a região desde o ano de 2005 e manifestou-se de maneira mais intensa nos anos de 2013 e 2014 (CÔRTEZ et al., 2015).

Enquanto o manancial que abastece o Distrito Federal, na seca de 2016, atingiu menos de 20% de sua capacidade (ADASA, 2016). Desde então, a concessionária vem operando no limite de sua capacidade de produção, sem margem de segurança, que para atender às necessidades da crescente demanda urbana, está elevando cada vez mais o volume de extração de água de outros mananciais locais (CAESB, 2014).

A frequência de falta de água revelou a necessidade de mudança na política de governança da água no Brasil, que levou a mudança na Política Nacional de Recursos Hídrico, Lei nº 9.433/2017, incluindo em seus objetivos a necessidade de incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais. Outras discussões sobre aproveitamento e reuso de águas servidas também entraram em pauta no

congresso nacional com a Lei nº 58/2016, arquivada, e o Projeto de Lei nº 8.277/2017, porém encontram-se parado na comissão orçamentária da câmara (BRASIL, 2018).

Em Vitória da Conquista – BA as pressões de demanda de água exercidas sobre o manancial das barragens da Bacia de Água Fria I e II, a estiagem em 2016, e o aumento do consumo de água nas últimas décadas, fizeram com que a barragem chegasse a 31% da sua capacidade hídrica (INEMA, 2017), problema que só foi amenizado com a ampliação do sistema de captação, mas que ainda não foi capaz de estabelecer níveis de capacidade anterior ao período de estiagem (CONCEIÇÃO, 2018).

3.2 GRANDES CONSUMIDORES DE ÁGUA

Grandes consumidores de água são instituições não residenciais, que concentram grande quantidade de pessoas, ou processo, e por isso consome elevado volume de água dentro da infraestrutura urbana de abastecimento. São considerados grandes consumidores os aeroportos, escolas, universidades, indústrias, shoppings centers e hospitais.

Vários países têm adotado políticas para reduzir sua dependência de fontes externas, aumentar a importação da água incorporada aos produtos e realizar práticas de gestão da demanda de água. Políticas de gestão da demanda tem como objetivo reduzir o consumo final dos usuários do sistema, sem prejuízo dos atributos de higiene e conforto.

Além das medidas de uso racional, a diversidade de alternativas oferecidas para edificações tem levado ao desenvolvimento de sistemas de etiquetagem de eficiência hídrica em todo o mundo, como o National Association for the Quality in Technical Installations (ANQIP), Water Efficiency Labelling (WELL) e o Water Efficiency Labeling and Standards (WELS), aproveitados pelos setores comerciais marketing do selo verde como diferencial competitivo no mercado.

Análises que simulam o desempenho da eficiência hídrica em grandes consumidores, levando em consideração o uso da água de chuva (GHISI; SCHONDERMARK, 2013; RASHIDI MEHRABADI; SAGHAFIAN; HAGHIGHI FASHI, 2013), uso da água cinza e o uso de água subterrânea (DO COUTO et al., 2013), mostram que, apesar da variabilidade de resultados, explicada pelas diferenças de contextos e hipóteses bases, as medidas trazem benefícios em termos de economia de água.

Os aeroportos em geral demandam grande quantidade de água em suas atividades, influenciando no consumo do local onde estão instalados. Na maioria dos casos, esses volumes são utilizados para atender demandas não potáveis, que podem ser atendidos por outras fontes de abastecimento e, como observado, reduzir o consumo de água da rede.

Em muitos aeroportos no Brasil e no exterior, esforços vêm sendo empreendidos pelas autoridades na busca do uso racional da água em suas instalações aeroportuárias, e na ampliação da oferta para atendimento da demanda não potável.

Como o Aeroporto de Copenhague (CPH), que tem na sua política ambiental e climática priorizar, sempre que possível, o uso de águas não potáveis, como águas subterrâneas e água de chuva, nas torres de resfriamentos, descargas das bacias sanitárias em alguns terminais e para lavagens de carros. Assim, consegue alcançar valores de consumo de água de $9 \text{ L.}(\text{passageiro.dia})^{-1}$ (BAXTER; SRISAENG; WILD, 2019).

O Aeroporto Internacional de Atlanta, que possui um consumo de $38 \text{ L.}(\text{passageiro.dia})^{-1}$ em decorrência de maior esforço para economizar água (CARVALHO et al., 2013).

A partir do uso de fontes não potáveis para descargas sanitárias, rega de jardins e lavagem de asfalto o Aeroporto Internacional Kansai, na Baía de Osaka, Japão, apresentou uma redução de $70 \text{ L.}(\text{passageiro.dia})^{-1}$, no ano de 2003, para menos de $30 \text{ L.}(\text{passageiro.dia})^{-1}$ em 2016 (BAXTER; SRISAENG; WILD, 2018).

Após implantar sistemas de reaproveitamento de efluentes e esgoto e água de chuva, o consumo de água no Aeroporto do Galeão – RJ apresentou redução de $105.000 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$ para $99.200 \text{ m}^3.\text{mês}^{-1}$, mesmo com aumento de 106 % no número de passageiros no período (CARVALHO et al., 2013).

Enquanto no Aeroporto Internacional de Salvador verificou-se a possibilidade de reduzir até 70 % do consumo de água apenas com medidas de manutenção e regulagem periódica dos aparelhos sanitários, incentivo ao uso de mictórios, implantação de mictórios femininos e treinamento para profissionais de manutenção, que ocorreram no (FREIRE, 2011).

Os shopping centers nas grandes cidades pertencem a uma categoria importante em relação ao consumo de água, tanto em função do seu crescente número de usuários como de seu grande consumo de água.

Quanto o consumo de água nessas edificações, Giovanni e Gomez Sanchez (2001) verificaram, em levantamento realizado em um Shopping na Região Metropolitana de São Paulo, que o maior uso ocorreu na praça de alimentação (38%), seguido do consumo pelo público somado à lavagem geral do shopping (32%), e pelo ar condicionado (14%).

Esses edifícios comerciais têm optado por medidas economizadoras de água, como o Centro Comercial Colombo, em Lisboa, em que a adoção do uso de água de chuva para o sistema de ar condicionado, um sistema de uso de águas cinzas em descargas e troca de aparelhos sanitários por aparelhos hidroeeficientes, reduziu o consumo de água de 1,9 L.visitante⁻¹ para 1,5 L.visitante⁻¹, sendo 40% do consumo nas lojas e praça de alimentação (SOUSA; SILVA; MEIRELES, 2019).

Nunes (2006) verificou que o reuso de água cinza e aproveitamento de água de chuva é uma opção ambientalmente viável capaz de reduzir até 30 % do consumo de água do shopping Rio Sul, Rio de Janeiro – RJ. Enquanto de Gois, Rios e Costanzi (2015), verificou que as instalações de sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva é uma opção econômica, apresentando uma redução mensal de US\$ 41,429.64 nos custos com abastecimento de água no shopping center de Londrina – PR.

3.2.3 Consumo de água em escolas e universidades

As instituições de ensino superior que desenvolvem atividades de ensino pesquisa e extensão e possuem uma diversificada infraestrutura, como salas de aulas, laboratórios, oficinas e escritórios, que dentro da conjuntura ambiental atual, necessitam atribuir uso mais eficiente aos recursos hídricos disponíveis.

O trabalho de gestão da demanda de água na Universidade Federal da Bahia (UFBA) apresenta resultados positivos na administração desses recursos, durante os anos de 2001 a 2004. Houve uma redução do consumo de água de 26 % e, até 2008, uma redução adicional de 12 %. Ainda que nesse mesmo período, a população acadêmica tivesse aumentado de 25.000 para 30.000 pessoas, resultando em uma redução do consumo *per*

capita de 46,6 L.(p.dia)⁻¹ para 23,6 L.(p.dia)⁻¹, correspondendo a 49,5 %, e uma economia de R\$ 24 milhões em economia de água (MARINHO; FREIRE; KIPERSTOK, 2019).

Após finalizada duas etapas do Programa de Uso Racional da Água (PURA-USP), na Cidade Universitária Armando Salles de Oliveira (CUASO), foi registrada uma redução de 38% no consumo de água e um benefício econômico de R\$ 52,98 milhões entre os anos de 1998 e 2003, o consumo de água passou de 114 L.(p.dia)⁻¹ para 70 L.(p.dia)⁻¹, menor valor desde o início do PURA-USP (SILVA, 2005).

Apesar dos esforços para caracterizar o consumo de água nessas instituições em relação a população total de estudantes, pesquisadores como Nakagawa (2009) e Soares, do Prado e Silva (2019) relatam a dificuldade de se atribuir um indicador de consumo *per capita* a uma população com horários não contínuos, como em escolas técnicas e universidades.

Para superar essa dificuldade Nakagawa (2009) apresenta uma metodologia com base no tempo de permanência do agente consumidor na instituição. Nesse caso, uma unidade de População Equivalente (PE) representa um agente consumidor em 8 horas de permanência diária durante 5 dias por semana, nessas condições, o peso atribuído a cada categoria variou de acordo com a carga horária de trabalho. Para os estudantes foi adicionado um fator de frequência de 0,75, equivalente a carga horária mínima para aprovação, conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Exemplo para obtenção da População Equivalente

Categoria do Agente Consumidor	Peso
Estudante de Graduação	0,75
Estudante de Pós-Graduação	0,28
Técnicos Administrativos 30 h	0,75
Técnicos Administrativos 40 h	1
Portaria/Segurança	1,5
Limpeza	1
Terceirizados	1
Professores 40 h	1
Professores 20 h	0,5
Funcionários da Cantina	1
Outros	1
Atendimento Diário – 3h/dia	0,38
Estágio e Pesquisa	0,5

Fonte: (NAKAGAWA, 2009).

Seguindo essa metodologia, encontrou-se um consumo médio de água na UFBA de 30 L.(PE.d)⁻¹. Resultados superiores à média, como os 51 L.(PE.d)⁻¹ no Instituto de Química e os 120 L.(PE.d)⁻¹ no Hospital Veterinário, são porque estas unidades não participam ativamente do monitoramento diário e do acompanhamento de manutenção nas instalações (NAKAGAWA, 2009).

A continuidade das medidas de controle, e gestão da demanda, redução de perdas e desperdícios e conscientização sobre uso da água conseguiu reduzir o indicador médio de consumo de água na UFBA para 20 L.(PE.d)⁻¹ no ano de 2017, com destaque para 9 L.(PE.d)⁻¹, na escola de administração e 10 L.(PE.d)⁻¹ na escola politécnica (CAZAES et al., 2019).

Metodologia semelhante foi realizada na Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), que resultou em um consumo de 33 L.(PE.d)⁻¹ (JÚNIOR et al., 2018). Enquanto na Universidade Estadual de Maringá, as três áreas de medição independente, Campus Novo, Campus Velho e Garagem, obtiveram consumos, respectivamente, de 46 L.(PE.d)⁻¹, 56 L.(PE.d)⁻¹ e 45 L.(PE.d)⁻¹ (PEREIRA et al., 2015).

Para estudo do consumo de água em prédios da Faculdade de Ciência e Administração de Pernambuco FCAP/UFPE, Soares, do Prado e Silva (2019), utilizaram uma metodologia mais simplificada, na qual, para o cálculo do agente consumidor não foram considerados o tempo de permanência nos prédios, mas, apenas os dias. Nessas condições, o consumo calculado, durante os anos de 2012 a 2014, foi de 12 L.(ag.consumidor.d)⁻¹. Nos anos de 2015 a 2017, após a implantação de políticas de controle de perdas e desperdícios, o valor foi reduzido para 9 L.(ag.consumidor.d)⁻¹.

Na Escola Politécnica de Pernambuco, com 16 % dos seus aparelhos com alguma tecnologia economizadora de água Soares et al. (2015), encontrou o consumo médio anual de 6,42 L.(ag.consumidor.d)⁻¹, enquanto Vasconcelos et al. (2015) registrou 8,03 L.(ag.consumidor.d)⁻¹ no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco e Souza, Almeida e Sousa (2015) 6,21 L.(ag.consumidor.d)⁻¹ no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. Todos relatam possibilidade de redução desse índice com aumento da gestão sobre o consumo de água.

Na Universidade de Kwame Nkrumah, localizada na cidade de Kumasi, Gana, foi estimado que o uso médio de água entre os estudantes era de 115 ± 5 L.(p.dia)⁻¹ (ODURO-KWARTENG et al., 2009). Na Universidade da Califórnia – Berkeley, foi apontado um

IC médio de 146 L.(p.dia)⁻¹ no ano de 2009 (ZHANG, 2010) e no Campus Penryn/Tremough (Cornwall, Inglaterra, Reino Unido), o consumo foi de aproximadamente 45 L/aluno/dia, considerando 200 dias letivos (UNIVERSITY OF EXETER, 2010). O consumo maior nessas instituições é devido ao dormitório para o corpo discente.

Assim percebe-se que, mesmo com vários resultados encontrados, devido à variabilidade metodológica nos estudos apresentados, a gestão de uso da água nos edifícios apresenta redução do consumo de água e benefícios econômicos no longo prazo.

Além do controle de perdas e desperdícios e o monitoramento, outro mecanismo da gestão integrada dos recursos hídricos é a utilização de outras fontes de abastecimento para o uso não potável da água, aumentando a oferta e reduzindo a dependência de água da rede.

Com o princípio de que nem todo uso precisa que a qualidade da água seja potável, é possível reduzir o consumo da água da rede com identificação dos usos finais da água na edificações.

Para realização desse procedimento é necessário identificar as parcelas de volumes de água da demanda, destinada aos usos considerados não potáveis. Nesse sentido Marinoski e Ghisi (2008) verificaram que 63,5 % do consumo de água, em instituições de ensino médio-técnico na cidade de Florianópolis – SC, eram destinados a uso não potáveis, sendo a maior parcela, 45 % do consumo total de água, para as bacias sanitárias. Nessa instituição o consumo *per capita* diário de água foi de 15,5 litros.

Com o mesmo objetivo Fasola et al. (2011) estimou, em escolas de nível médio-técnico, em 72 % do consumo total de água para uso não potáveis. O maior consumo foi no mictório, com 37,7 % e um consumo *per capita* de 25,3 litros. Para os autores, o volume de água destinada aos usos não potáveis poderia ser abastecido por outras fontes.

Buscando implantar um sistema de captação e aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis na Universidade Presidente Antônio Carlos-Teófilo Otoni – MG, Salomão et al. (2019) verificou que 76,2 % do uso da água na universidade era destinada para fins não potáveis, com maior uso nas bacias sanitárias, cerca de 51,37 %, que podem ser substituído pelo uso da água de chuva, um potencial de redução do valor de R\$ 7.182,73 na conta de água.

A Faculdade de Ciências Ambientais (FCA), na Universidade Tecnológica de Pereira, Colômbia, apresenta 61 % do consumo total de água para usos não potáveis, o consumo médio *per capita* de água 15,5 litros, 13 % desses estão relacionados a perdas e desperdícios (MANCO-SILVA; GUERRERO-ERAZO; MORALES-PINZÓN, 2017).

Na Universidade de Denver, Colorado – EUA, 43 % do consumo é destinado a uso não potável, sendo que o maior consumo estava relacionado ao uso doméstico nos alojamentos da universidade, com 47,8 %.

No Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, no *campus* de Boa Vista, foi possível observar que 74,7 % do consumo de água é destinado para fins não potáveis, sendo 72,7 % para bacias sanitárias. O consumo de água estimado por aluno foi de 25,30 L.dia⁻¹ (ARAÚJO, 2018).

A Tabela 2 resume a média dos percentuais de uso final em instituições de ensino médio-técnico e superior apresentadas nas referências.

Tabela 2. Proporção de volume de usos finais de água em escolas médias-técnicas e universidades.

USOS FINAIS	INSTITUIÇÃO							Média
	Senai- SC ¹	UNIPAC ²	IFRO ³	Ensino Médio ⁴	Centro Tecnológico UFSC ⁵	UTP- COL ⁶	Politécnica UFPE ⁷	
Bacia Sanitária	45 %	51,37 %	72,7 %	29,8 %	62 %	50 %	*38 %	50%
Mictório	11,1 %	9,07 %	2 %	37,7 %	7 %	15 %	7 %	13%
Limpeza do Prédio	5 %	15,79 %	-	4,5 %	8 %	2 %	-	5%
Torneira de Cozinha	15,2 %	3,02 %	-	24,2 %	-	2 %	-	6%
Destiladores	0,9 %	5,64 %	-	-	-	6 %	2 %	2%
Irrigação	0,5 %	-	-	-	-	3 %	-	1%
Chuveiro	0,3 %	-	3 %	-	-	-	6 %	1%
Lavagem de Carros	2 %	-	-	-	-	-	-	0%
Bebedouro	1,2 %	4,37 %	4,1 %	0,7 %	3 %	2 %	3 %	3%
Torneira Lavatório	18,7 %	10,74 %	18,2 %	3,1 %	20 %	18 %	44 %	19%

* Foi considerado para Bacia sanitária o consumo de 9 % com a Ducha Higiênica.

Fonte: ¹Marinoski (2007); ²Salomão et al. (2019); ³Araújo (2018); ⁴Fasola et al. (2011); ⁵Botelho (2008); ⁶Manco-Silva, Guerrero-Erazo e Morales-Pinzón (2017); ⁷Soares et al. (2015).

O maior consumo de água em escola técnicas e universidades foi nas bacias sanitárias, com 50 % do consumo total de água. Para Fontoura et al. (2008) parte desse consumo de água pode ser evitado, pois, cerca de 70 % dos usuários de banheiros afirmam que usam o aparelho sanitário para urinar, e que poderiam substituir pelo mictório, se esse, atendesse suas exigências de privacidade (divisórias com boxes isolados).

Os estudos apontam que cerca de 71 % do uso da água em universidades e escolas são gastos para fins não potáveis, indicando assim a possibilidade de economia de recursos financeiros com a utilização de fontes não potáveis de abastecimento para esses fins.

3.2.4 Consumo de água em restaurantes e refeitórios coletivos

Com a vida moderna, cada vez mais pessoas estão realizando refeições fora de casa na Europa Ocidental, Estados Unidos e América Latina (MATOS; PROENÇA, 2003), portanto, o setor de alimentação coletiva está se tornando um mercado representativo na economia mundial e, em consequente, no consumo de água.

Inspirados nas agendas ambientais, no PNCDA e incentivados pelo aumento da produção de alimentos e do consumo de água, os restaurantes têm aderido à prática de uso sustentável da água. Para isso, deve-se destacar o uso de indicadores, pois, são uma importante ferramenta de apoio à tomada de decisões, permitindo uma análise real da evolução do consumo de cada setor e a comparação com casos similares constantes na bibliografia.

Procurando o melhor indicador para o consumo de água em restaurantes Boger e Cruz (2012), verificou que o número de refeições servidas é o melhor indicador de consumo de água em restaurantes, que apresentou um coeficiente de ajuste à regressão de 0,76. Nesse estudo o consumo médio de água nos restaurantes foi de 11 L.refeição⁻¹ com 115 refeições diárias servidas, enquanto a literatura recomenda 25 L.refeição⁻¹.

Beal e Santos (2012) encontrou um valor de ajuste à regressão do consumo de água por refeição servida de 0,80, enquanto o indicador de ajuste por área de serviço foi de 0,46, enfatizando o consumo de água por refeição como indicador mais ajustado aos restaurantes. Nesse estudo o consumo de água de 13 litros por refeição servida em uma média de 119 refeições diárias.

Apesar do consumo de água por refeição ser um bom indicador de consumo em restaurantes, outras variáveis devem ser levadas em consideração, pois, existem atividades que independem do número de refeições, como a limpeza o ambiente, higiene e consumo dos funcionários, que interferem no consumo de água. Portanto Kaminagakura (2005), no seu estudo, determinou faixas de indicadores por número de refeições servidas, observando que quanto maior a quantidade de refeições menor é o indicador de consumo.

Com o objetivo de implantar um programa de produção mais limpa no restaurante universitário da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Tesche (2016) encontrou um consumo de água médio de 6,04 L.refeição⁻¹, para 8.043 refeições servidas, porém, nos finais de semana o consumo de água sobe para 12,97 L.refeição⁻¹ com 1.860 refeições. Para o autor esse resultado ocorre devido à parcela de água fixa necessária para o funcionamento do refeitório.

No restaurante universitário da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Silva (2019), observou que são servidas, entre desjejum, almoço e jantar, em média 4.000 refeições, de segunda a sexta, e 1.000 refeições durante os finais de semana. Foi registrado um consumo médio de água de 10,79 L.refeição⁻¹ um resultado abaixo dos 25 L.refeição⁻¹ recomendado pela literatura (SABESP, 2012).

Araújo (2018) verificou que no refeitório do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, *campus* de Boa Vista, são servidas, em média, 200 refeições diárias, representando um consumo de 11 L.refeição⁻¹, e um consumo mensal de 48.400 litros de água por mês.

No refeitório do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, *campus* II, foi observada nos lavatórios uma redução de, cerca de, 50 % do consumo de água com adição de aeradores, com 60 % de ar. O consumo de água por refeição foi reduzido de 13,17 litros para 6,58 litros, com 1.500 refeições diárias, entre almoço e jantar, garantindo aos dispositivos arejadores uma economia de água (SOARES, 2010). A Tabela 3 apresenta os valores de consumo médio de água por refeições servidas e o número de refeições diárias.

Tabela 3. Valores de consumo de água por refeição servida em restaurantes

Número de Refeições Diárias	Consumo de Água (L.refeição ⁻¹)
1.500	6,58
200	11
4000	10,79
8043	6,04
1860	12,97
119	13
115	11
-	25
1000	20,83
2000	16,99
3000	14,48
4000	12,65

Fonte: Soares (2010) Araújo (2018) Silva (2019) Tesche (2016) Beal e Santos (2012) Boger e Cruz (2012) SABESP (2012) Kaminagakura (2005).

Além do número de refeições diárias e o uso de dispositivos redutores de vazão, o consumo de água em restaurantes varia com o tipo de refeição, sendo o almoço a refeição com maior consumo de água, enquanto lanches e jantares têm um consumo menor (SOARES, 2010).

3.3 OUTRAS FONTES DE ABASTECIMENTO E A INDEPENDÊNCIA DE ÁGUA

Em determinadas tipologias de edifícios, principalmente naquelas em que existe um sistema de gestão da demanda de água, o emprego de outras fontes de abastecimento para usos que prescindam da água potável, como descargas de bacias sanitárias, lavagem de pisos, irrigação paisagística, entre outros, tem apresentado resultados positivos para a redução do consumo de água.

Nesse sentido, a água pluvial, a água subterrânea e as águas residuárias, têm sido utilizadas no suprimento de água dos edifícios de forma complementar ao abastecimento da rede pública. Evidentemente que, quando se adota uma fonte alternativa de água, a gestão da água de abastecimento passa a ser dividida e não mais de exclusiva responsabilidade das concessionárias, devendo-se atentar para possíveis riscos à saúde pública envolvidos em um sistema como esse.

As recentes condições de estiagem prolongada, os incidentes prejudiciais associados às mudanças climáticas, a deterioração da infraestrutura de transporte de água e as incertezas com os custos energéticos têm fomentado as discussões e busca de soluções para a redução da dependência de água dos sistemas coletivos.

Para Crosson (2018), a independência de água é a capacidade de um sistema de abastecimento atender todas as necessidades de água com recursos no local do projeto, em que qualquer água no solo ou na superfície deve ser administrada para benefício ecológico.

O Bullitt Center em King County, Washington é o maior projeto certificado de independência de água, contendo três sistemas de abastecimento. O sistema de coleta e aproveitamento de água da chuva, coletada no telhado, armazenada e tratada para atender à demanda de água potável do projeto, o sistema de água cinza de pias de banheiro, pias de cozinha e chuveiros e o sistema de compostagem para água dos sanitários (CROSSON, 2018).

3.3.1 Uso da água de chuva

Apesar da percepção sobre a possibilidade de captar a água precipitada nos telhados e armazená-la em reservatórios para uso posterior ser antiga e já praticada no ambiente rural, em programas como o P1MC e o Água para Todos.

Seu uso no ambiente urbano ainda é recente, sendo considerado como possibilidade para abastecimento apenas no ano de 2017, quando, motivada pela crise hídrica que se manifestou em 2013, a necessidade de incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais foram incluídos nos objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH).

Devido a recorrentes crises de escassez de água e a redução nos níveis dos mananciais tradicionais nas regiões metropolitanas, o aproveitamento da água de chuva está se tornando uma alternativa promissora dentro da infraestrutura urbana de abastecimento, tanto pela garantia de água, quanto pela viabilidade financeira para o uso comercial, industrial e residencial.

Como foi possível observar em unidades habitacionais populares de Salvador - BA, que apresentou viabilidade econômica para consumos superiores à tarifa mínima para sistema elevado de captação de água de chuva e em Varginha – MG, com um tempo de retorno de 15 anos, sem uso de recalque e com um reservatórios de 1 m³ (GARCIA et al., 2013; RIBEIRO; GOMES, 2018).

Na Faculdade de Ciências Agrárias na Universidade Federal do Amazonas foi possível observar um tempo de retorno de 15 anos para sistema de captação e aproveitamento de água de chuva (MORAIS, 2016), enquanto na escola municipal de Lagarto – SE a viabilidade financeira foi atestada pelo tempo de retorno sobre o capital investido de 3,7 anos (TRINDADE; ALVARADO; SANTANA, 2017).

Incentivados pelos resultados financeiros e pelo endurecimento da legislação ambiental o setor industrial também tem voltado suas ações para implantação de SAAC. A indústria de pipocas e salgados de milho KIGAROT, em Tabira – PE, apresentou um período de retorno financeiro de 7,8 anos e uma economia anual de R\$ 4.071,60 para uso de água de chuvas em fins não potáveis (BATISTA, 2018), enquanto indústrias de

refrigeração no Rio de Janeiro – RJ possuem um tempo de retorno de 6 anos e 3 meses (SANTOS et al., 2016).

O sistema de captação de água de chuva é composto pelo local onde a água é captada, tubulações de transporte da água e local de armazenamento da água para consumo. Para que essa água esteja em qualidade adequada para utilização, alguns procedimentos devem ser seguidos. No entanto, a falta de conhecimento da população sobre o que fazer, ou a falta de recursos para manutenção do sistema, ou ainda a não adequação aos procedimentos, resultam em uma qualidade de água fora de padrões estabelecidos pela resolução.

Quanto maior a possibilidade de contaminação das águas, maior deve ser o rigor na proteção sanitária das cisternas. O risco depende, principalmente: da origem das águas, das condições de uso da água de chuva (público, multifamiliar ou unifamiliar); das condições da superfície de captação (material, situação, facilidade de limpeza, etc.); da exposição a contaminantes (localização rural ou urbana, isolada ou exposta); das condições epidemiológicas da região (doenças endêmicas, hígidez ambiental, risco de surtos, etc.), e da operação e manutenção do sistema (ANDRADE NETO, 2004).

O correto dimensionamento do reservatório de captação também é uma garantia de viabilidade técnica do sistema, pois, a eficiência dos SAAC e, em consequente, a viabilidade financeira está relacionado ao desempenho do reservatório.

A NBR 15527 apresenta diversos modelos e métodos para dimensionamento de reservatórios. Rupp; Munarim e Ghisi (2011) observou que alguns desses métodos não são adequados, pois resultam sempre no mesmo volume de reservatório, independentemente do regime de chuvas, ou da demanda de água pluvial, resultando em volumes ora superdimensionados, ora subdimensionados.

O modelos que calculam o balanço entre a quantidade de chuva captada e a demanda para esta água, utilizando como parâmetros a precipitação local, a área de captação e demanda em dados diários de utilização apresentam melhor desempenho, sendo o software Netuno o único método cujo o dimensionamento ajustou-se de modo mais racional (DORNELLES; TASSI; GOLDENFUM, 2010).

Dessa forma, o volume do reservatório está diretamente associado à eficiência do sistema em fornecer água. Volumes muito grandes representam um aumento no custo do

sistema e, muitas vezes, parte desse volume não é transformado em fornecimento de água, pois a saída de água devido à demanda pode superar a entrada, impedindo o enchimento completo do reservatório e deixando parte do volume ocioso (COHIM; ORRICO, 2015; VELOSO; COHIM, 2018). Nesses casos são necessários aumento da área de captação (ALMEIDA et al., 2021).

O grau de concentração de precipitação e o período de concentração de precipitação também influencia na escolha do volume de reservatórios. Segundo Simões, Cohim e Araújo (2017) chuvas mais concentradas dependem de reservatórios maiores para garantias de abastecimento no resto do ano.

Programas de ampliação no uso da água que padronizam o volume do reservatório e não levam em consideração todas as variáveis envolvidas apresentam redução da capacidade de atendimento da demanda de água, por necessidades de volumes maiores ou aumento na área de captação (DOSS-GOLLIN; DE SOUZA FILHO; DA SILVA, 2016; SCHVARTZMAN; PALMIER, 2007)

Entre os modelos de dimensionamento de reservatórios o Software Netuno destaca-se por diversas simulações dos volumes dos reservatórios e o potencial de uso diário de água de chuva em edificações com resultados.

Para Rocha (2009) os valores estimados pelos algoritmos do Software Netuno predizem satisfatoriamente o potencial de economia de água quando os reservatório dispunham água suficiente para atendimento integral da demanda diária com acúmulo de dados semanais e séries com mais de 10 anos de precipitação.

Dessa forma, devido aos seus resultados adaptados às diferentes situações de área de captação, precipitação e demanda diária, o software Netuno vêm sendo utilizado de forma eficiente para o dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água de chuva, com o objetivo de obter tanto o melhor desempenho hídrico, quanto financeiro (CHAIB et al., 2015; GHISI; SCHONDERMARK, 2013; MOURA; SILVA; BARROS, 2018; RUPP; MUNARIM; GHISI, 2011).

Com relação às discussões sobre direito de acesso a água, o uso da água de chuva apresenta-se como a forma mais democrática de acesso a água, provendo a emancipação de comunidades dispersas, principalmente de mulheres e crianças, pois cabem a eles a

responsabilidade pela busca de água, impactando na ascensão do papel da mulher dentro da família e da sociedade (GRAHAM; HIRAI; KIM, 2016).

3.3.2 Uso da água subterrânea

O uso de água subterrânea é um atrativo para o abastecimento de água em áreas urbanas e rurais. Para o contexto rural os motivos são o crescimento populacional, o desenvolvimento econômico e a mudança na dieta alimentar (WADA; VAN BEEK; BIERKENS, 2012). Enquanto o contexto urbano está relacionado a população em megacidades sem acesso a água limpa e a redução do custo relativos às tarifas de água com a substituição da água da rede (FOSTER, 2001).

Algumas questões precisam ser consideradas para o seu aproveitamento como a superexploração, subsidência e intrusão salina (BIERKENS; WADA, 2019). Assim como a água de abastecimento público, o aproveitamento da água subterrânea também utiliza energia na extração de água, portanto, os impactos resultantes dessas ações devem ser avaliados.

Quanto a qualidade da água subterrânea, é observado que na maioria dos tipos de aquíferos, exceto os extremamente vulneráveis, haverá proteção natural suficiente das águas subterrâneas para eliminar os patógenos fecais na infiltração de águas residuais do saneamento urbano, embora o perigo possa aumentar marcadamente com a construção de poços de água abaixo do padrão e / ou certos tipos de saneamento informal (FOSTER; HIRATA; HOWARD, 2011).

3.3.3 Uso de águas cinzas

O reuso de águas cinzas são capazes de fornecer reduções significativas no consumo predial e garantir o abastecimento contínuo nas principais atividades consumidoras de água em um novo modelo de abastecimento descentralizado.

Se por um lado essa medida, quando tomada em larga escala, é capaz de reduzir os impactos gerados pela exploração de recursos hídricos, por outro, seus custos de investimentos podem gerar uma barreira para implementação.

A instalação de sistemas de reuso de águas cinzas é uma alternativa melhor que o uso de água de chuva, para prédios residenciais de alto padrão em Brasília – DF, que, no geral,

não possuem área de captação para suprir a demanda por água de chuva. Nesses casos, o alto consumo de água fornece uma fonte significativa, constante e confiável de abastecimento de água com economias de $65 \text{ m}^3 \cdot \text{ano}^{-1}$, com um potencial de redução de 27 %, rentabilidade equivalente a $9.858,69 \text{ R}\$. \text{residência}^{-1}$ ao longo do ano e um indicador de $5,04 \text{ R}\$. \text{m}^{-3}$ de água economizado (SANT'ANA; MEDEIROS; ALVARES, 2017).

Do ponto de vista ambiental o reuso da água cinza apresenta possibilidade de redução da intensidade energética relacionada ao abastecimento de água, com uma Demanda de Energia Acumulada (CED) de $2,51 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-3}$ para uma demanda de $3,51 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-3}$ no sistema da rede em Feira de Santana (SILVA, 2018). Outros resultados também são encontrados na literatura, mas no geral, a intensidade energética do sistema de reuso varia de acordo com as concepções do projeto, demanda a ser atendida, volume de água utilizado e escolha dos materiais (MARINOSKI; GHISI, 2011).

Apesar da ausência de incentivos fiscais e econômicos para subsidiar uma rápida disseminação destas tecnologias, o poder legislativo e os órgãos públicos federais vêm apresentando uma série de leis e resoluções que estimulam, direta ou indiretamente o reuso de água em edificações.

O primeiro foi em 2001, quando foi apresentado o projeto de lei nº 4.946/2001 que dispõe da concessão de condições especiais de crédito para empresas que investirem na recuperação de águas usadas em seu processo de produção, até então a legislação ambiental brasileira tinha sido elaborada visando estabelecer obrigações, infrações e penalidades e não existia, praticamente, incentivo instituído por lei que levasse a uma visão positiva da proteção e recuperação do meio ambiente.

O PL nº 4.946/2001 ficou Comissão de Finanças e Tributação até o ano de 2011, quando foi anexado ao PL 1.310/2011, que dispõe sobre a política Nacional de Gestão e Manejo Integrado de Águas Urbanas e propõe o reuso planejado de águas cinzas e plano de manejo e drenagem de águas pluviais para municípios com mais de cem mil habitantes, municípios com históricos problemas de enchentes associada a impermeabilização do solo e os municípios integrem região metropolitana e edifícios públicos situado em área urbana oferecendo como incentivos fiscais aos empreendimentos.

O debate voltou ao cenário nacional com o PLS nº 12/2014 e o PLS 112/2013, inativado pela crise de hídricas de 2013 no sudeste brasileiro, propõe reduzir em 75% o imposto de renda e zero de contribuição de Pis-Pasep e Cofins para empresas produtoras e distribuidoras de água de reuso além de zero a alíquota de imposto sobre produto industrializado e contribuição de Pis e da Cofins em aquisições de máquinas e equipamentos destinado a modernização da planta de tratamento de água de reuso.

3.4 ENERGIA INCORPORADA AO ABASTECIMENTO DE ÁGUA

As mudanças climáticas é um dos principais problemas ambientais do século XXI, o seu efeito é agravado pelas emissões de gases de efeito estufa, associado principalmente ao uso energético. Mesmo com os esforços para redução no uso da energia e na utilização de fontes mais limpas, ainda não há sinais claros de redução do uso de energia fóssil (BP, 2020).

Segundo balanço energético nacional 45 % da energia consumida no Brasil é derivada de fontes renováveis, todavia devido aos impactos ambientais negativos decorrentes do uso de hidroelétricas e dos biocombustíveis (39,2 % da matriz energética brasileira) há questionamentos sobre a sua sustentabilidade (FEARNSIDE, 2015; HOFFMANN, 2006).

O uso da hidroeletricidade como principal fonte de energia elétrica do país, cerca de 60 % (BEN, 2018), traz insegurança quanto ao fornecimento de energia futura, pois, a parte das usinas estão localizadas em regiões com índices preocupantes de escassez de água (PFISTER; SCHERER; BUXMANN, 2020).

Devido às incertezas referentes a sustentabilidade e disponibilidade de energia para o futuro, países tem procurado reduzir o uso e aumentar a eficiência energética em todos os setores. Entre eles o saneamento, que corresponde no Brasil a 30,8 % da energia consumida no setor de serviços públicos e 2,5 % do consumo total de energia, com 12,6 Twh no ano (SNIS, 2019).

Do total da energia elétrica consumida no setor, cerca de 90 a 95 % está relacionada ao uso do bombeamento do abastecimento de água. Sendo que o consumo médio de energia elétrica para produção de água no Brasil varia entre 0,4 kWh.m⁻³ no estado Amapá a 1,4 kWh.m⁻³ no Estado de Sergipe (SNIS, 2019).

Uso que poderia ser reduzido com a gestão e administração das perdas de água, que chegam a 38 % no Brasil, resultando em um desperdício de 3,57 Twh em bombeamento de água e renovação da infraestrutura existente com dimensionamento adequado das válvulas, barriletes e adutoras, que possuem um potencial de economia de mais 2,52 Twh (BRASIL, 2011; SNIS, 2019).

Estudos também têm demonstrado possibilidade de economia de energia com a substituição dos dispositivos redutores de pressão pela utilização de bombas como turbina em pontos da rede com excesso de vazão. Essa possibilidade apresentou redução de até 23 % da dependência elétrica em alguns sistemas de abastecimento (GARCÍA; FERRAS; NABOLA, 2019).

Para além da energia elétrica utilizada nos sistemas de abastecimento de água, estudos tem procurado quantificar, por meio da análise de ciclo de vida, a energia incorporada aos produtos utilizados nos sistemas, sendo eles a energia com a utilização dos insumos químicos, substituição de tubos na rede e transportes dos insumos ao local de aplicação.

Nesse cenário o Ecoinvent é uma ampla biblioteca de inventários com valores de cargas ambientais (entradas e saídas de materiais, substâncias e energia) associadas ao ciclo de vida de um grande número de produtos, processos, sistemas de energia, de transporte, de disposição de resíduos, dentre outros, sendo o mais amplamente reconhecido como o maior banco de dados de avaliação de ciclo de vida do mercado.

No sistema integrado de abastecimento de água em Feira de Santana, com altura manométrica de 223,3 m.c.a. e 42.875 1.000 m³ de água produzidos, Guanais, Cohim e Medeiros (2017) calcularam que 86 % da demanda de energia acumulada está associada a eletricidade necessária para o bombeamento.

Vale ressaltar que os percentuais de energia elétrica no abastecimento de água variam com o tipo de captação, tecnologias de tratamento de água, parâmetros de potabilidade, distância do manancial e altura manométrica (COHEN; NELSON, 2004). Sendo a dessalinização por osmose reversa a tecnologia de tratamento com maior consumo de energia nos sistemas, representando até 81% do consumo de energia (VINCE et al., 2008).

O abastecimento e água na Região Metropolitana de Salvador consome 0,708 kWh.m⁻³ de energia na etapa de recalque e destruição de água no sistema, acrescidos a

energia consumida para transporte e produção dos insumos químicos utilizados no tratamento da água, esse valor vai para $0,769 \text{ kWh.m}^{-3}$, nessas condições o sistema de bombas e distribuição de água consumiu 92,1 % de toda energia (SÁNCHEZ, 2014).

Ao analisar a energia incorporada em dois modelos de abastecimento Stokes e Horvath (2006) observaram que sistemas que utilizam a dessalinização possui 5 vezes maior demanda energética. A fase de operação nos sistemas de captação superficial de rios obteve 86 % da demanda energética do sistema, enquanto na dessalinização a maior demanda foi no tratamento com 85 % de toda intensidade energética.

Na cidade de Scottsdale, Arizona, o sistema de abastecimento superficial teve uma intensidade energética de $1,36 \text{ kWh.m}^{-3}$, com 88,5 % dessa energia consumida na fase de transporte de água. O uso de água reciclada apresentou uma demanda energética menor, com $0,91 \text{ kWh.m}^{-3}$. A dessalinização também apresentou maior consumo de energia com $6,72 \text{ kWh.m}^{-3}$, sendo que 53 % referiu-se ao tratamento da água (LYONS et al., 2009).

Práticas de conservação de água são recomendadas como estratégias para reduzir o uso da energia e as emissões de gases de efeito estufa no sistema municipal de abastecimento de água em Toronto. Nesse sistema foi observado uma intensidade energética de $0,73 \text{ kWh.m}^{-3}$, e $128,13 \text{ gCO}_2\text{eq.m}^{-3}$ em emissões de carbono, o sistema de bombeamento de água responsável por 94 % da demanda energética e 90 % das emissões de carbono (RACOVICIANU et al., 2007).

Estudam mostram que minimizando a dependência de fontes externas de água também pode diminuir a intensidade energética, pois, as fontes de abastecimento não convencional apresentam consumo menor de energia. A intensidade energética dos SAACs variam, principalmente, com o volume do reservatório, portanto, com o seu dimensionamento apropriado é possível encontrar valores de até $0,51 \text{ kWh.m}^{-3}$ em Feira e Santana – BA, valor muito abaixo da literatura, mas nesse caso foi considerado a energia de *feedstock* dos materiais (JESUS, 2018).

Em alguns estudos, apenas a energia operacional é considerada com um consumo energético entre $0,31$ e $0,86 \text{ kWh.m}^{-3}$ (CHIU; LIAW; CHEN, 2009; VIEIRA; GHISI, 2016), outros que consideraram a energia incorporada à produção dos materiais usados na implantação encontram valores de $2,49$ e $4,64 \text{ kWh.m}^{-3}$ (MARINOSKI; GHISI, 2018).

Os percentuais de demanda energética dos componentes de um SAAC também São importantes na composição do sistema, demandas de água de chuva relativamente menores e com grandes áreas de captação, podem apresentar maior intensidade energética nas calhas e bomba, que podem apresentar mais de 52 % da energia total Segundo (DE JESUS; KIPERSTOK; COHIM, 2020). O ideal é ter área de captação e volume de reservatório adequado à demanda e ao regime de chuvas.

Ao não considerar os balanços energéticos dos reservatórios, mas apenas o percentual de atendimento da demanda de água para seu dimensionamento, a intensidade energética dos SAAC pode ser superior ao abastecimento externo, como apresentado por Marinovski e Ghisi (2011), em domicílios populares. SAAC para atendimento de 30 %, 40 % e 50 %, possuíram indicadores energéticos de, respectivamente, 2,49 kWh.m⁻³; 4,27 kWh.m⁻³ e 4,54 kWh.m⁻³, enquanto o abastecimento externo era de 1,32 kWh.m⁻³.

Outro fator que pode interferir na intensidade energética de um SAAC é quantidade de vezes em que a bomba é acionada, sistemas que exigem uma ativação constante da bomba exigem mais energia (TJANDRAATMADJA et al., 2012). A utilização de sistema por gravidade ou bombas mais eficientes poderiam reduzir a energia utilizada.

Foi observado em 16 cidades na Espanha que nem sempre o SAAC mais viável financeiramente será o que apresentará menor impacto ambiental. Os potenciais de uso de energia ficaram entre 0,16 e 4 kWh.m⁻³. Os menores valores foram encontrados em apartamentos e grupos de apartamento, ou seja, em maiores consumos de água. Entre os materiais utilizados no reservatório o poliéster de fibra de vidro teve menor intensidade energética (MORALES-PINZÓN et al., 2012).

Segundo Jesus (2018), diferente do reuso de água cinza e do aproveitamento de água de chuva, não existem estudos sobre a intensidade energética em abastecimentos doméstico de água a partir de mananciais subterrâneos. A intensidade energética no abastecimento subterrâneo varia principalmente com a profundidade do poço, com 1,74 kWh.m⁻³ para 5 metros de profundidade até 2,97 kWh.m⁻³ para 25 metros de profundidade.

A composição de um abastecimento de água que leve em consideração todas as fontes disponíveis podem, além de reduzir o consumo de água e preservar os mananciais, obter ganhos financeiros com a redução da despesa com a conta de água e ganhos ambientais

com a redução do impacto associado à energia intrínseca ao sistema de abastecimento de água.

4 METODOLOGIA

4.1 DEFINIÇÃO E CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

O trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, pois, devido à sua natureza, utiliza toda informação disponível para elucidação de um problema, apresentando como objeto o sistema de abastecimento de água do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia no *campus* de Vitória da Conquista, localizado na Av. Sérgio Vieira de Mello, 3150.

A instituição oferta cursos técnicos em nível médio de Informática, Edificações, Eletromecânica, Segurança do Trabalho, Eletromecânica, Eletrônica Informática e Meio Ambiente. No nível superior, oferece os cursos de graduação em Engenharia Ambiental, Engenharia Civil, Engenharia Elétrica e Sistemas de Informação. Além do o curso de especialização em Desenvolvimento Web e está em fase de elaboração do Projeto Pedagógico do Curso (PPC) para implantação do curso de Engenharia Mecânica.

O instituto possui o Programa de Educação Tutorial, o PET Engenharias; duas empresas juniores: Empresa Júnior de Engenharia Ambiental (EambJr) e a Empresa Júnior de Engenharia Elétrica (EJEEL); Estudantes de iniciação científica e de Programas de Extensão. Ao todo são 1.858 estudantes, 154 professores e 60 servidores que fazem parte da comunidade acadêmica do instituto, distribuídos em 15 prédios em uma área de 38.773 m² de acordo com o Quadro 1.

Quadro 1. Descrição do espaço dos prédios do IFBA

Prédio	Espaço	Área de captação (m²)
Bloco A	Setores administrativos; Direção geral; Copa; Pátio; Lanchonete.	1.914,1
Bloco B	Salas de aula; Sala de professores; Coordenação de cursos; Laboratório de informática; Empresa Jr.; Grêmio estudantil; Assistência social.	1.125,7
Bloco C	Biblioteca; Coordenação de curso.	1.008,3
Bloco D	Laboratórios; Sala de coral.	1.140,5
Bloco E	Laboratórios de Física; Laboratórios de Biologia; Salas de aula.	971,8

Quadro 1. Continuação

Prédio	Espaço	Área de captação (m²)
Bloco F	Laboratórios de elétrica; Laboratórios de eletrônica; Laboratórios de computação; Sala de professores.	865,3
Bloco G	Salas de aula; Setores administrativos; Laboratório de robótica.	877,9
Bloco H	Salas de aula; Laboratórios de Química.	1.821,9
Restaurante	Refeitório universitário; Gestão da assistência estudantil.	923,6
CVT	Laboratórios de informática; Setores administrativos; Programa de Educação Tutorial.	1748,6
Secretária	Secretária acadêmica.	260,3
Ginásio	Ginásio poliesportivo	1748,6
Auditório	Auditório	462,8
Guarita	Guarita	12,8

Fonte: IFBA (2020).

Além dos prédios escritos no Quadro 1, a instituição conta com um depósito, duas quadras: uma quadra aberta e uma quadra de areia, um quiosque, alguns espaços de convivência próximos aos Blocos, um estacionamento e um depósito.

O sistema de abastecimento de água é realizado pela concessionária estadual de forma centralizada e com um único medidor que conduz a água para um reservatório central que abastece os demais prédios. O instituto possui também um poço de água instalado entre os Blocos B e H conforme apresentado na Figura 1 e que atualmente, encontra-se fora de operação.

Figura 1. Planta Geral do Campus do IFBA de Vitória da Conquista.

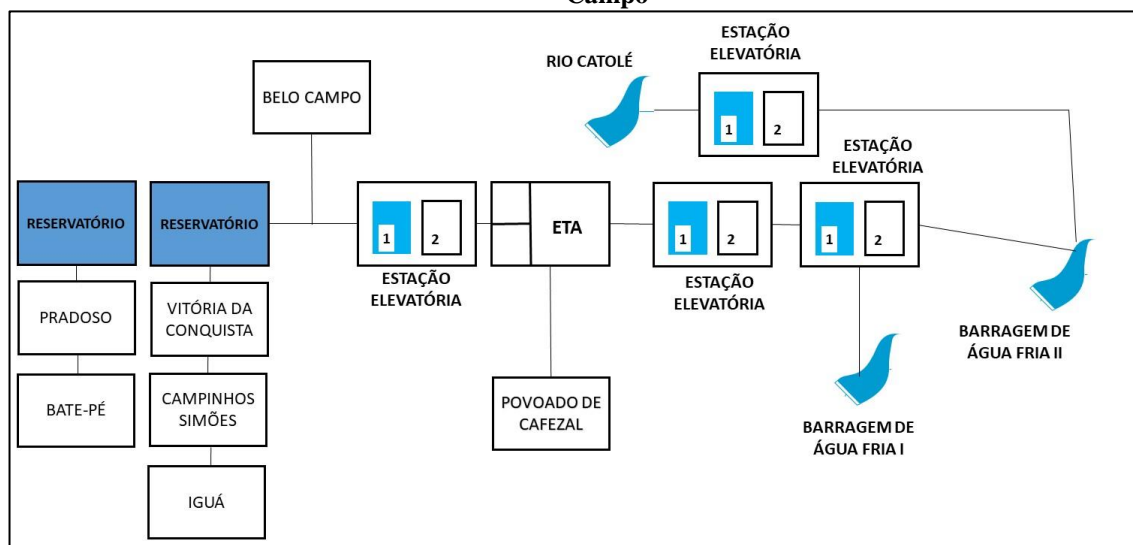


Fonte: IFBA (2020)

O sistema de abastecimento de água de Vitória da Conquista é operado pela EMBASA e faz parte do Sistema Integrado e Abastecimento de Água dos Municípios de Vitória da Conquista e Belo Campo (SIAAVBC) suprido por dois mananciais, das barragens de Água Fria I e II e, atualmente, um reforço do Rio Catolé.

O sistema é composto pela captação no Rio Catolé, uma estação elevatória, passando pela adutora de água bruta que deságua nos reservatórios da barragem de Água Fria II, onde é captada e bombeada para a estação de tratamento de água. Em seguida é bombeada e encaminhada por uma adutora de água tratada até os reservatórios de distribuição da cidade, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2. Esquemático do Sistema Integrado de Abastecimento de Vitória da Conquista e Belo Campo



Fonte: (EMBASA, 2015).

O percentual de perdas na distribuição da água do sistema é 33,72 %, o volume de água produzido pelo sistema para abastecer a cidade de Vitória da Conquista no ano de 2018, foi de 17.033,83 km³ de água. Desse volume, 16.805,84 km³ foi produzido no próprio sistema e 227,99 1000.m³ importados. O consumo total de eletricidade para essa operação foi de 20.816,00 MWh, resultando em um indicador energético de 1,22 kWh.m⁻³ de água produzido (SNIS, 2019).

Foi utilizado dados do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS) de produção de água e população atendida pelo SIAAVBC para verificar a evolução do abastecimento de água, e os ciclos de crises no abastecimento.

4.2 IDENTIFICAÇÃO DO CONSUMO E DOS USOS DA ÁGUA

O consumo médio mensal foi calculado a partir das contas mensais de água fornecidas pelo instituto no período de 01 de janeiro de 2019 até outubro de 2020. Para prever o consumo futuro de água foi realizado uma análise de tendência a partir do método de Mann-Kendall, enquanto o cálculo do indicador de consumo *per capita* foi utilizado a metodologia da população equivalente descrita por Nakagawa (2009).

O consumo de água no *campus* foi dividido no consumo comum aos prédios e no consumo especial. O consumo especial é aquele que não depende diretamente da

população do acadêmica, sendo ela as perdas físicas nas instalações, o consumo do refeitório e o consumo dos destiladores.

A População Consumidora Equivalente (PE) é definida como o usuário integral que passa 8 h.dia^{-1} , durante $5 \text{ dias.semana}^{-1}$ em determinado prédio. O objetivo dessa informação é padronizar a população de diferentes unidades consumidoras, facilitando a comparação do desempenho em relação ao consumo de água naquelas unidades com a mesma tipologia.

O estudo da População Consumidora Equivalente se inicia pela classificação dos usuários e o tempo de permanência desses em cada prédio do instituto. Dessa forma, a população acadêmica é composta por professores, estudantes de graduação, estudantes de ensino médio e servidores técnicos e terceirizados.

As informações para o cálculo da PE dos professores foram disponibilizadas pela administração do *campus* por meio dos horários e local de aula por disciplina lecionada. O tempo de permanência extraclasse dos professores foi adotado em 40% do tempo excedente para aqueles que possuem gabinete individual e 20% do tempo para aqueles que não possuem gabinete individual.

A PE dos estudantes foi calculada considerando o tempo de sua permanência no local de aula e número de alunos por turma e levando em consideração uma taxa de frequência de 75% e acrescido 1 hora de permanência semanal dos estudantes no pátio do Bloco A. Foi considerado para os estudantes membros das empresas juniores e do programa de educação tutorial um tempo de permanência de 5 horas semanal nas respectivas salas.

Os servidores técnicos e terceirizados do instituto possuem jornada de trabalho de 40 horas semanais, portanto cada um deles representou 1 PE no seu local de trabalho. Os profissionais de limpeza e manutenção, que não possuem local fixo de trabalho, foram locados com toda carga horária na área de convivência, que em um anexo do Ginásio (Figura 1).

Os seguranças permanecem no *campus* durante os sete dias da semana e não 5 dias. Portanto, para essa função foi utilizado um coeficiente de ajuste de 1,4. O cálculo da População Equivalente do auditório foi realizado com a agenda de reserva do espaço e a lista de presença nos eventos, disponibilizada pelo audiovisual do *campus*.

O indicador de consumo para o IFBA de Vitória da Conquista foi calculado de acordo com a Equação 1. A separação do consumo especial serve para calcular a demanda de água que entra em cada prédio, nesse caso, temos a demanda especial e a demanda comum nos prédios (Equação 2).

$$C = \frac{C_t \times 1000}{PE \times 30} \quad \text{Equação 1.}$$

$$D_i = C \times PE_i - C_E \times 1000 \quad \text{Equação 2.}$$

Em que C = Indicador de consumo ($L.PE^{-1}d^{-1}$); C_t = Consumo médio mensal de água (m^3); D_i = Demanda predial (m^3); i = Número do Prédio (variando de 1 a 12); C_E = Somatório dos consumos referentes a perdas físicas, refeitório e destiladores (m^3); PE = População consumidora equivalente.

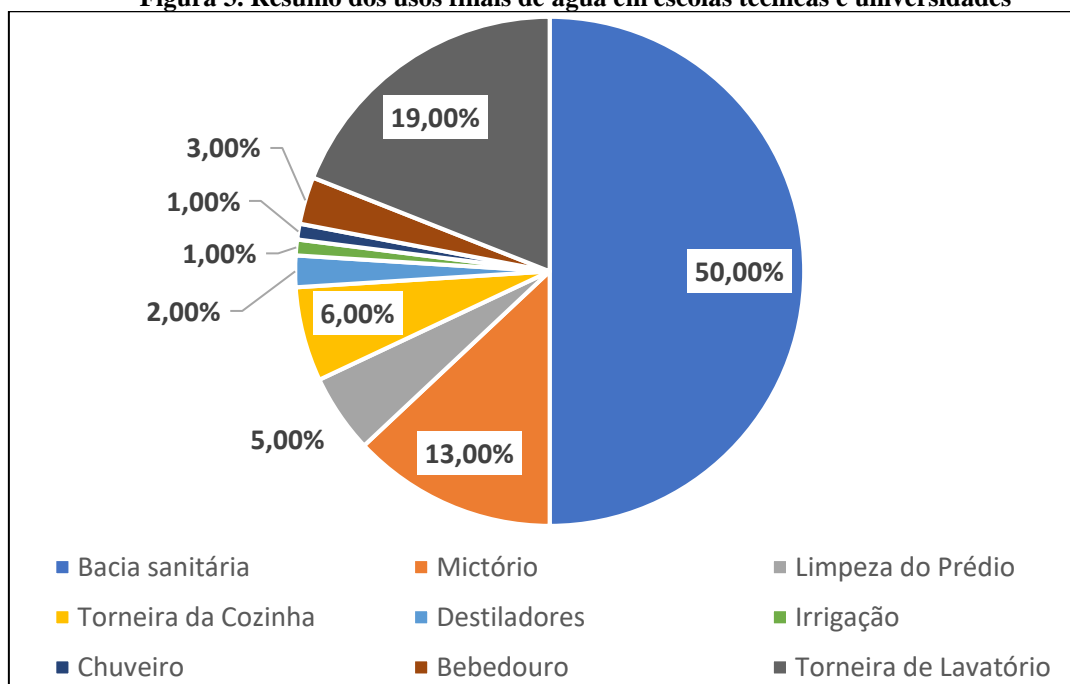
O consumo de água nos prédios foi calculado como o consumo de água total, subtraído o consumo para o restaurante e para os destiladores de água nos laboratórios. O método utilizado para o cálculo de perdas físicas consistiu em calcular o volume de água que o reservatório de (1,30 x 2,70 m) perde, pelo rebaixamento do nível de água, com a bomba desligada em um período de 14 horas.

O Instituto possui quatro destiladores, três deles do tipo Pilsen da marca Quimis, modelo Q341-25, presentes nos laboratórios de química orgânica e físico-química e o outro também do tipo Pilsen da marca Marte. O volume mensal de água utilizada nos destiladores foi estimado por Souto (2020) em 1,5 m^3 .

Segundo a administração do refeitório *campus* do IFBA, são servidas 800 refeições diárias, sendo 400 referentes ao almoço e outras 400 divididas entre lanche da manhã e lanche da tarde. O consumo de água no refeitório universitário foi calculado um histograma com dados bibliográficos.

Após definir a distribuição do consumo de água entre os prédios do *campus* verificou-se a fração de usos finais de água em cada prédio, de acordo com a Figura 3.

Figura 3. Resumo dos usos finais de água em escolas técnicas e universidades



Fonte: ¹Marinoski (2007); ²Salomão et al. (2019); ³Araújo (2018); ⁴Fasola et al. (2011); ⁵Botelho (2008); ⁶Manco-Silva, Guerrero-Erao e Morales-Pinzón (2017); ⁷Soares et al. (2015).

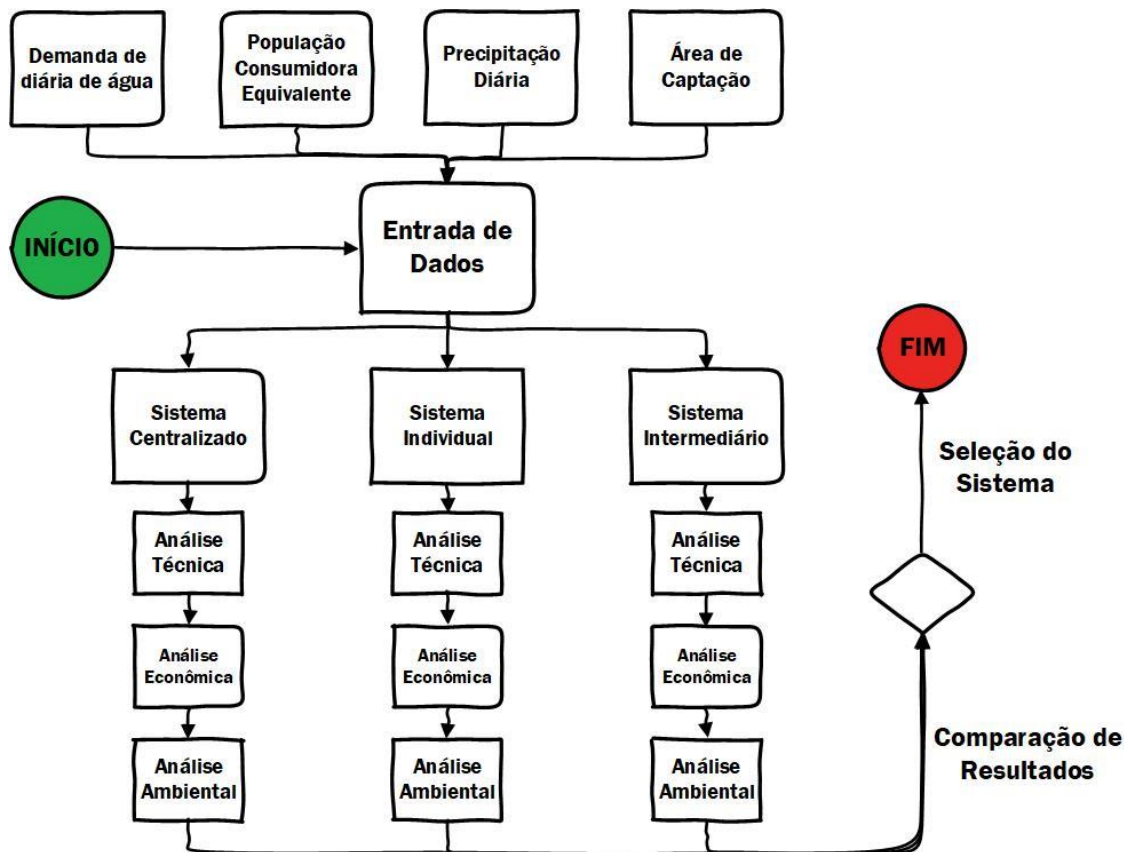
4.3 ANÁLISE DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA

O Sistema de Aproveitamento de Água de Chuva (SAAC) previsto em captar a água nos telhados dos prédios, conduzi-las por meio das calhas e tubos e armazená-la em um reservatório, que será encaminhado, para uso posterior por um sistema de recalque, para um reservatório superior e depois distribuído aos usos finais.

Também foram consideradas medidas para preservação da qualidade da água de chuva, como mecanismo de descarte do primeiro milímetro, peneiras autolimpantes e freio hídrico, que geralmente são suficientes para limpeza da atmosfera e da superfície de captação.

Nesse modelo foi analisado três configurações de sistema, a primeira com um sistema centralizado, ou seja, um único reservatório para abastecer todos os prédios, o segundo com sistema individuais, cada prédio com um reservatório individual e o terceiro, um sistema intermediário, em que cada reservatório abastece os prédios, conforme Figura 4.

Figura 4. Fluxograma para análise do SAAC.



Os valores da área de captação e o espaço para locação dos reservatórios inferiores foram obtidos por meio da planta cadastral disponibilizado pela direção do *campus* (Quadro 1). Os dados de precipitação foram retirados do banco de dados do Hidroweb, disponibilizado pela Agência Nacional de Águas (ANA), com uma série pluviométrica diária de Vitória da Conquista, no período de 1980 a 2012.

A produção de água de chuva foi estimada pela Equação 3 e foi adotado como coeficiente de escoamento C o valor de 0,80 correspondente a telhados de fibrocimento (GHISI; BRESSAN; MARTINI, 2007). A equação da intensidade, distribuição e frequência de chuvas para cidade de Vitória da Conquista estimada por Gonçalves et al., (2015) em uma série de 24 anos, conforme Equação 4.

$$Q_t = P_t \times C \times A \quad \text{Equação 3.}$$

Onde: Q_t = Volume de água produzido no dia t (m^3); P_t = Precipitação no dia t (mm); C = Coeficiente de escoamento superficial; A = Área de captação (m^2).

$$i = \frac{640,32T_r^{0,198}}{(t+10)^{0,727}} \quad \text{Equação 4.}$$

i = Intensidade de chuva (mm.h^{-1}); T_r = Período de retorno (anos); t = Tempo de permanência (min).

O dimensionamento das calhas, tubos e conexões do sistema ocorreu de acordo com a NBR 10.844 e a NBR 5626, respectivamente, instalações prediais de águas pluviais (ABNT, 1989) e instalação predial de água fria (ABNT, 1998).

O dimensionamento do volume das cisternas a partir de simulações de balanço hídrico com volumes que variam de 500 até 500.000 L e com o auxílio do software Netuno 4.0.

A metodologia do software baseia-se em modelos comportamentais genéricos proposto por Fewkes (1999), ou seja, a partir de um conjunto de variáveis conhecidas, em que um algoritmo descreve a operação do reservatório em balanços hídricos diários, com $\theta = 1$ para antes do enchimento do reservatório, e $\theta = 0$ a regra de produção depois do enchimento do reservatório, conforme a Equação 5 e a Equação 6:

$$Y_t = \min \left\{ \begin{array}{l} D_t \\ V_{t-1} + \theta Q_t \end{array} \right. \quad \text{Equação 5.}$$

$$V_t = \min \left\{ \begin{array}{l} (V_{t-1} + Q_t - \theta Y_t) - (1 - \theta) Y_t \\ S - (1 - \theta) Y_t \end{array} \right. \quad \text{Equação 6.}$$

Onde: Y = Rendimento do armazenamento (m^3); D = demanda (m^3); V = volume de chuva no tanque de armazenamento (m^3); Q = volume total de chuva coletada pelo sistema (m^3); S = volume do tanque de armazenamento (m^3).

Com o objetivo de selecionar um reservatório mais eficiente foi realizado uma análise econômica em cada volume simulado. Para isso foram utilizados valores necessários para implantação dos sistemas obtidos a partir da planilha de preços do Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil (SINAPI) (IBGE, 2020) e custo necessário para operação, estimado pela energia necessária para o bombeamento e manutenção dos sistemas.

O benefício financeiro dos sistemas foi estimado pelo valor do volume de água da rede que deixa de ser utilizado. Esse valor foi calculado pelo custo da tarifa de água cobrada ao IFBA. A tarifa possui uma importância mínima fixa equivalente a 6 m^3 e outra relativa ao consumo excedente. Todo consumo que ultrapassar o mínimo estabelecido, será considerado como consumo excedente e terá tarifa diferenciada para cada m^3 conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Sistema de Tarifa da Embasa

Faixas de Consumo (m³)	Valor cobrado
Até 6	86,80 (R\$.mês ⁻¹)
7 a 10	3,32 por m ³
11 a 50	19,03 por m ³
> 50	22,45 por m ³

Fonte: (EMBASA, 2020).

O benefício é diferença entre a redução futura dos custos na conta de água com a substituição pelo uso da água de chuva, portanto, foi considerado a transformação desses resultados em valores presentes (FVP) pela Equação 7, a uma taxa de juros de 5 % a.a. e um tempo de vida útil de 25 anos. Período de tempo considerado adequado para análises de SAAC (GHIMIRE et al., 2014).

$$FVP = \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \quad \text{Equação 7.}$$

O custo total do abastecimento de água será calculado pelo o valor do sistema de Tarifa da Embasa (Tabela 4), referente ao percentual de água utilizado da embasa, acrescidos do custo (em fator presente) de implantação mais operação do SAAC, conforme Equação 8.

$$C_a = C_e + C_i + C_o \quad \text{Equação 8.}$$

FVP = Fator de valor presente; C_i = Custo de implantação do SAAC; C_o = Custo de operação do SAAC; i = taxa de juros; n = período de tempo analisado; C_a = Custo de abastecimento do sistema; a = número do sistema.

O somatório do custo de abastecimento de água de todos os sistemas será equivalente ao Custo total do abastecimento de água do *campus*. Esse valor ser comparado com o custo do abastecimento pelo SIAAVBC.

Para análise energética foi estimado a demanda de energia acumulada nos materiais e implantação (calhas, tubos, acessórios, bomba e reservatório) dos sistemas de aproveitamento de água de chuva e do transporte dos mesmos até o *campus* disponíveis nos dados do Ecoinvent 3.6, disponíveis na Tabela 5, e a energia de operação necessária para o recalque da bomba (Equação 9).

$$E = 0,00273 \frac{HV}{\eta} \quad \text{Equação 9.}$$

Em que E = Gasto energético da bomba (kWh); H = Altura manométrica (m); V = Volume de água bombeado e η = eficiência média do sistema de recalque equivalente a 35 %.

Tabela 5. Intensidade energética dos materiais

Material	Unidade de Medida	Intensidade Energética (MJ)
Polietileno de Alta Densidade	kg	79,69
Transporte	kg.km	0,00276
Zinco	kg	54,77
Tubo de PVC	m	139,90
Pump, 40W {RoW} production	und.	139,85

Fonte: Ecoinvent 3.6 (2020)

Com as simulações de intensidade energética para cada volume de reservatório foi calculado a energia evitada pelo uso da água de chuva em substituição do uso da água da rede. Para energia do SIAAVBC foi considerado o indicador de energia elétrica 1,22 kWh.m⁻³, mais um percentual de 14% para energia utilizada para produção dos insumos químicos, substituição de tubos e transporte dos materiais em sistemas semelhantes (GUANAIS; COHIM; MEDEIROS, 2017) e um valor acréscimo de 73 % para transformação da energia utilizada no sistema em energia primária.

Com os resultados das simulações foi observada as diferenças quantitativas nos usos finais de água nos aparelhos hidráulicos (Figura 3) e os percentuais de substituição do uso de água da rede pela água de chuva, como um elemento de consideração e adequação das instalações hidráulicas.

Foi considerada a análise técnica, econômica e ambiental para cada um dos modelos (Centralizado, Individual e Intermediário) e selecionado aquele que apresenta o melhor resultado (Figura 4).

5 RESULTADO E DISCUSSÕES

5.1 POPULAÇÃO EQUIVALENTE E ÍNDICE DE CONSUMO DE ÁGUA

Com os horários, localização das aulas e a quantidade de funcionários por prédio foi estimada a População Equivalente por categoria nos prédios do *campus*, os resultados são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. População Equivalente por categoria e prédio do IFBA 2020

PRÉDIO	CATEGORIAS				TOTAL
	Estudante	Professores	Servidores	Visitantes	
Bloco A	46,4	2,0	13,0	-	61,4
Bloco B	69,1	25,3	-	-	104,4
Bloco C	-	-	2,0	-	2,0
Bloco D	-	-	10,0	-	10,0
Bloco E	70,8	7,7	-	-	78,5
Bloco F	-	7,1	4,0	-	11,1
Bloco G	4,4	2,1	10,0	-	16,5
Bloco H	356,0	21,7	-	-	377,8
Auditório	-	-	2,0	18,3	20,3
Ginásio	9,4	0,5	19	-	28,9
Guarita	-	-	7,0	-	7,0
CVT	1,7	1,1	7,0	-	9,85
Secretaria	-	-	7,0	-	7,0
TOTAL	558	67	81	18	725

Fonte: Próprio autor (2020).

A partir da Tabela 6 observa-se que os estudantes representam a maior proporção populacional do instituto, com uma População Equivalente de 558, concentradas no Bloco H, e nos Blocos E e B.

A população de permanência dos servidores é de 81 PE, e dos professores 67 PE, observa-se que apesar da quantidade de professores ser maior o tempo de permanência no *campus* é menor. Isso ocorre porque a jornada de trabalho dos servidores é maior que a dos professores.

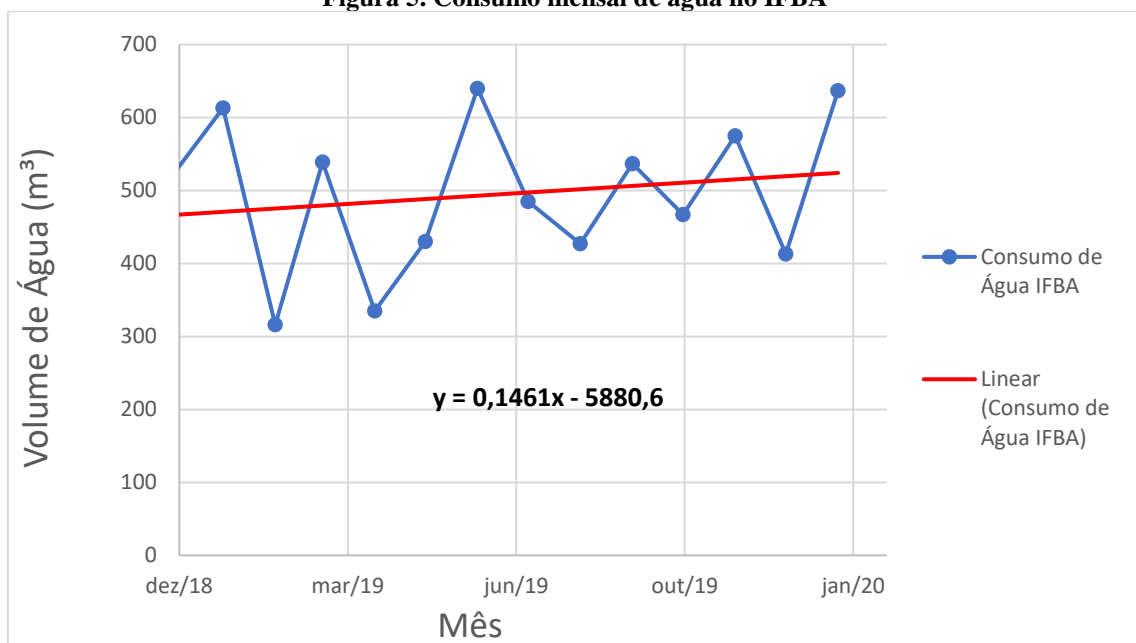
Os professores possuem mais permanência no Bloco H, onde ocorre a maioria das aulas e no Bloco B, onde possuem gabinetes. Enquanto os servidores possuem mais permanência no espaço para convivência dentro do Ginásio.

Como o *campus* possui um sistema centralizado de medição, o consumo de água nos prédios foi associado ao tempo de permanência das pessoas naquele prédio. Portanto, podemos observar que a maior demanda de água está no Bloco H e no Bloco B, onde há a maior permanência de pessoas.

5.1.2 Consumo de água

O volume de água consumido no IFBA de Vitória da Conquista apresenta sazonalidade entre o período de férias (dezembro a fevereiro) e o período letivo (Março a Novembro). Realizado o teste de Mann-Kendall foi encontrado o valor de 0,44, indicando que não há tendências significativas de alteração do consumo de água conforme mostra Figura 5.

Figura 5. Consumo mensal de água no IFBA



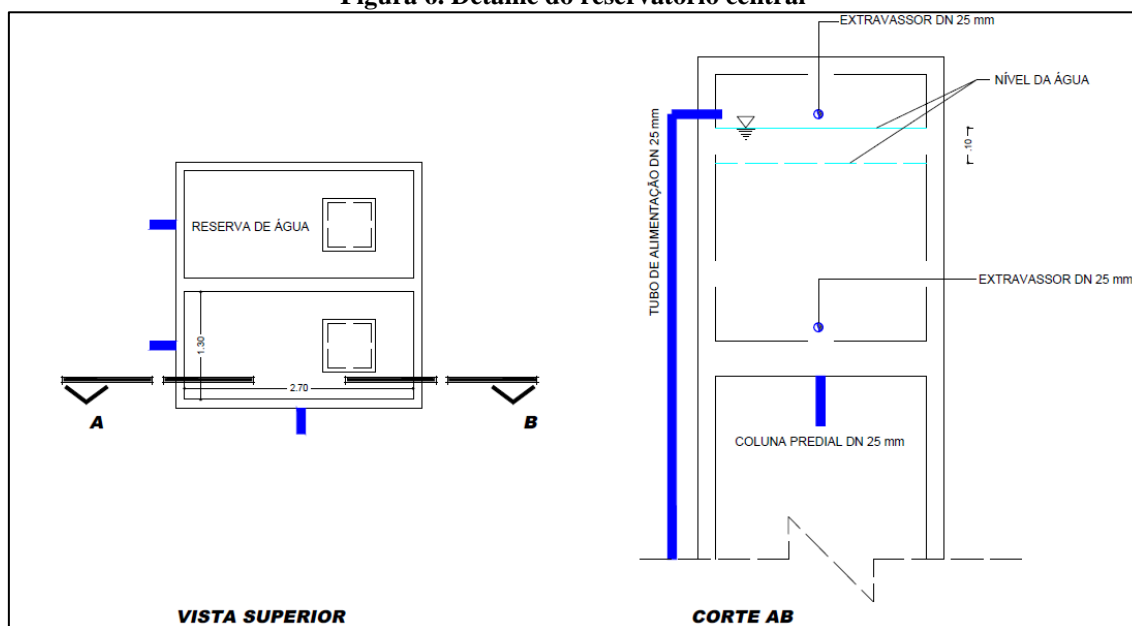
Fonte: Próprio autor (2020).

Nesse período o consumo mensal de água no campus foi de 495 m³, e no segundo semestre de 2019 o consumo de água foi de 484 m³.mês⁻¹. Valor esse utilizado para análise devido a permanência da comunidade no segundo semestre ser diferente do primeiro.

5.1.3 Consumo especial de água

Para o cálculo de perdas foi verificado um rebaixamento de 10 centímetros entre as medidas no nível de água do reservatório, que compreende um volume médio para perdas físicas no sistema de 18 m³ mensais de água. Esse resultado representa 3,7 % do consumo médio mensal no *campus*. Os detalhes e dimensões do reservatório é apresentado na Figura 6.

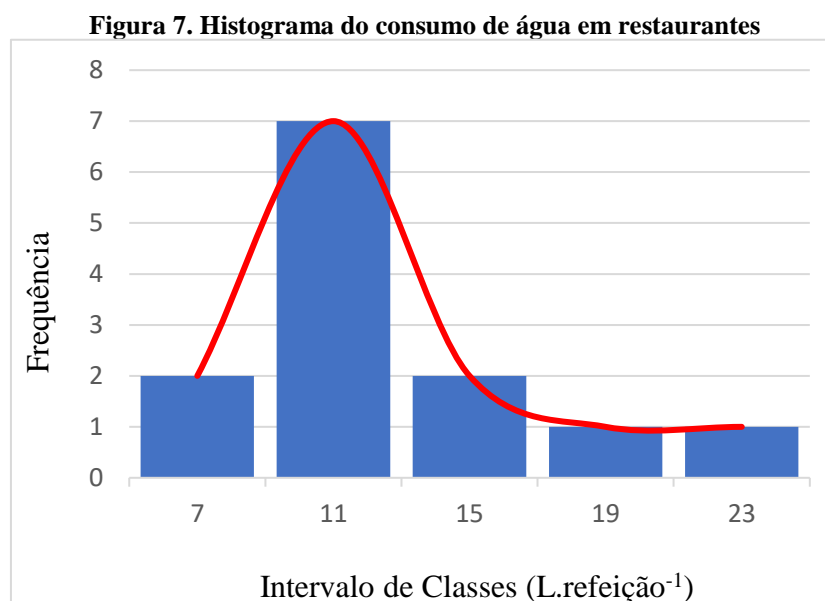
Figura 6. Detalhe do reservatório central



Fonte: Próprio autor (2020).

O índice de perdas em 3,7 % ficou muito abaixo dos valores encontrados na literatura, para um prédio com estrutura antiga e sem programa de gestão e controle e perdas. O projeto AGUAPURA na UFBA conseguiu reduzir 42 % do consumo de água no período de 1998 a 2007 apenas com ações de redução de perdas (NAKAGAWA, 2009). Enquanto o PURA na USP verificou um percentual de perdas mensal de 41,2 % (TAMAKI, 2003). O resultado abaixo dos valores ocorre pelo fato do resultado encontrado se referir apenas às perdas físicas e não ao desperdício.

Para definição do consumo de água por refeição servida no instituto foi realizado o histograma (Figura 7) com os dados do consumo de água por refeição servida da Tabela 3.



Fonte: Próprio Autor (2021).

A maior frequência de valores para consumo de água em restaurantes está no segundo intervalo, com o valor médio de 11 L.refeição⁻¹. Como para esses restaurantes são considerados apenas refeições de almoço, e, no caso do IFBA, metade das refeições consumidas são lanches, adotou-se a média do intervalo mais baixo, 7 L.refeição⁻¹, o que resultou em um consumo de água mensal para o refeitório de 112 m³.

Somando o consumo relativo às perdas físicas de água, ao refeitório e aos destiladores dos laboratórios temos um consumo especial (C_E) mensal de 131,5 m³ de água.

5.1.4 Indicador de consumo de água

Com o resultado para a População Equivalente e um consumo médio mensal de água é de 484 m³, foi calculado o indicador de consumo para o *campus* universitário de 22 L.(PE.d)⁻¹.

O valor é inferior aos 50 L.(aluno.d)⁻¹ recomendado pela literatura técnica para previsão de demanda em prédios públicos e em trabalhos que utilizaram a mesma metodologia, como na UFBA, em Salvador – BA (30 L.(PE.d)⁻¹), na UFAL, Maceió – AL (33 L.(PE.d)⁻¹), e na Universidade Estadual de Maringá (46 L.(PE.d)⁻¹) (JÚNIOR et al., 2018; NAKAGAWA, 2009; PEREIRA et al., 2015).

O resultado encontrado na UFBA por Nakagawa (2009) refere-se a um período anterior a aplicação de medidas de controles de perdas e desperdício. A continuidade na

aplicação dessas medidas reduziu o consumo de água para 20 L.(PE.d)⁻¹ em 2017 (CAZAES et al., 2019).

Utilizando os resultados da População Equivalente, do consumo de água e a Equação 2 foi determinado a demanda predial de água em cada prédio do *campus*, apresentado na Tabela 7.

Tabela 7. Demanda de água predial

Prédio	População de permanência	Demanda de água mensal (m³.mês⁻¹)	Área de Captação (m²)
Bloco A	61	31	1.914,1
Bloco B	104	52	1.125,7
Bloco C	2	1	1.008,3
Bloco D	10	5	1.140,5
Bloco E	79	40	971,8
Bloco F	11	6	865,3
Bloco G	17	9	877,9
Bloco H	377	196	1.821,9
Refeitório	800*	112	923,6
Ginásio	17	9	1.748,6
Auditório	20	10	462,8
CVT	10	5	412,7
Guarita	7	4	12,8
Secretaria	7	4	260,3
TOTAL	725	484	13.546,3

*refere-se a número de refeições diárias e não população equivalente.

Fonte: Próprio autor (2021);

A distribuição da demanda mensal de água nos prédios e suas respectivas áreas de captação, apresentados na Tabela 7, são um fator determinante para eficiência na análise dos sistemas de aproveitamento de água de chuva, pois, é possível observar prédios com pouca demanda de água e grandes disponibilidade para área de captação, como nos Blocos C e D.

Enquanto existem prédios com maiores demandas de água como o Bloco H e refeitório, com demandas mensais de, respectivamente, 196 e 112 m³.mês⁻¹, mas pouca disponibilidade de área de captação. Observa-se também, que as maiores demandas de água estão associadas aos prédios com maior tempo de permanência de pessoas.

Os dados com valores médios para os usos finais de água em institutos federais, universidades e escolas técnicas conseguem refletir empiricamente os usos da água no IFBA Vitória da Conquista, que possui poucos automóveis e uma pequena área de rega de jardim, assim como relatado por Gupta; Sant'ana e Chandiwala (2007), dois terços dos usos estão destinados ao fins não potáveis, com 50 % utilizado nas bacias sanitárias.

Utilizando a Figura 3 e Tabela 7, estimou-se o volume e água destinado a cada uso nos prédios, necessário, para determinação dos usos hidráulicos da água de chuva. O resultado é apresentado na Tabela 8.

Tabela 8. Volume mensal de água por uso em cada prédio

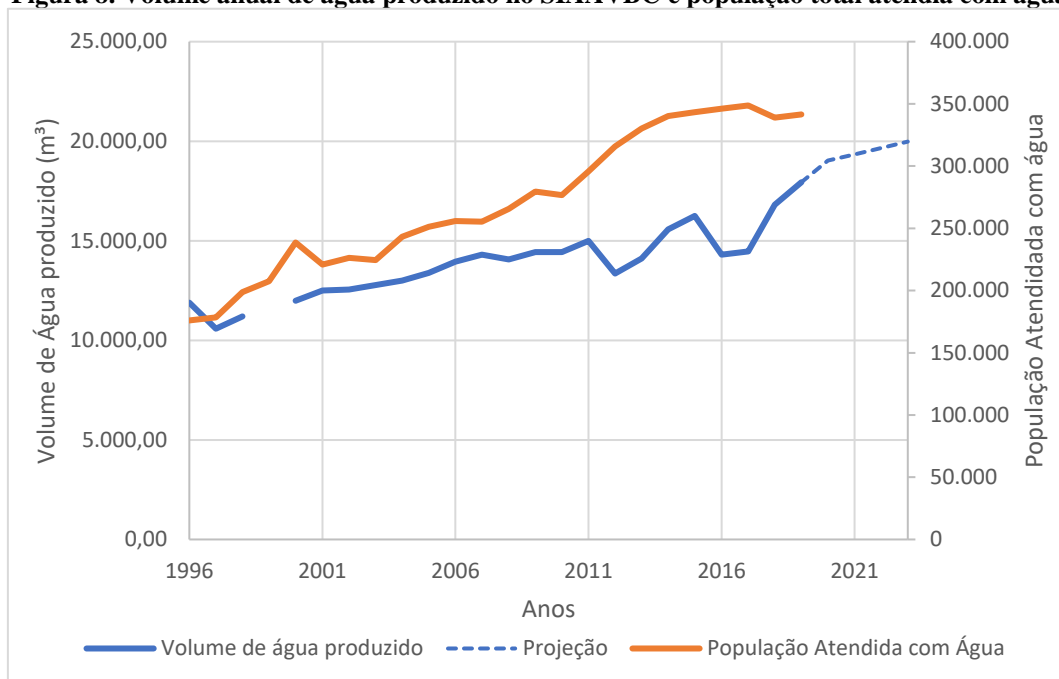
Prédio	Bacia Sanitária (m ³)	Mictório (m ³)	Limpeza do Prédio (m ³)	Cozinha (m ³)	Destiladores (m ³)	Irrigação (m ³)	Chuveiro (m ³)	Bebedouro (m ³)	Lavatório (m ³)
Bloco A	17	4,5	1,7	-	-	0,3	-	1	6,5
Bloco B	28,6	7,4	2,9	-	-	0,6	-	1,7	10,9
Bloco C	0,5	0,1	0,1	-	-	0	-	0	0,2
Bloco D	2,7	0,7	0,3	-	-	0,1	-	0,2	1
Bloco E	22	5,7	2,2	-	-	0,4	-	1,3	8,6
Bloco F	3,3	0,8	0,3	-	-	0,1	-	0,2	1,25
Bloco G	4,9	1,3	0,5	-	-	0,1	-	0,3	1,9
Bloco H	106,9	27,8	10,7	-	1,5	2,1	-	6,4	40,6
Guarita	2,2	0,6	0,2	-	-	0	-	0,1	0,8
Ginásio	2,7	0,7	0,3	-	-	0	4	0,2	1,1
Secretaria	2,2	0,6	0,2	-	-	0	-	0,1	0,9
Auditório	5,5	1,4	0,6	-	-	0,1	-	0,3	2,1
CVT	2,7	0,7	0,3	-	-	0	-	0,2	1,1
Refeitório	45,6	11,9	4,6	29	-	0,9	-	2,7	17,3

Fonte: Próprio autor (2021).

Observa-se na Tabela 8 que o maior uso hidráulico da água em todos os prédios no *campus* é na bacia sanitária, com 50 % do volume total de água. Para Fontoura et al. (2008), em 70 % dos casos, o uso da bacia sanitária está associado à veiculação de urina, e a redução do consumo de água poderia ocorrer se os mictórios atendessem as necessidades de privacidade dos usuários.

5.2 O SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A figura 8 apresenta o volume de água produzida e a população atendida pelo sistema de abastecimento de água de Vitória da Conquista.

Figura 8. Volume anual de água produzido no SIAAVBC e população total atendida com água

Fonte: SNIS (2021).

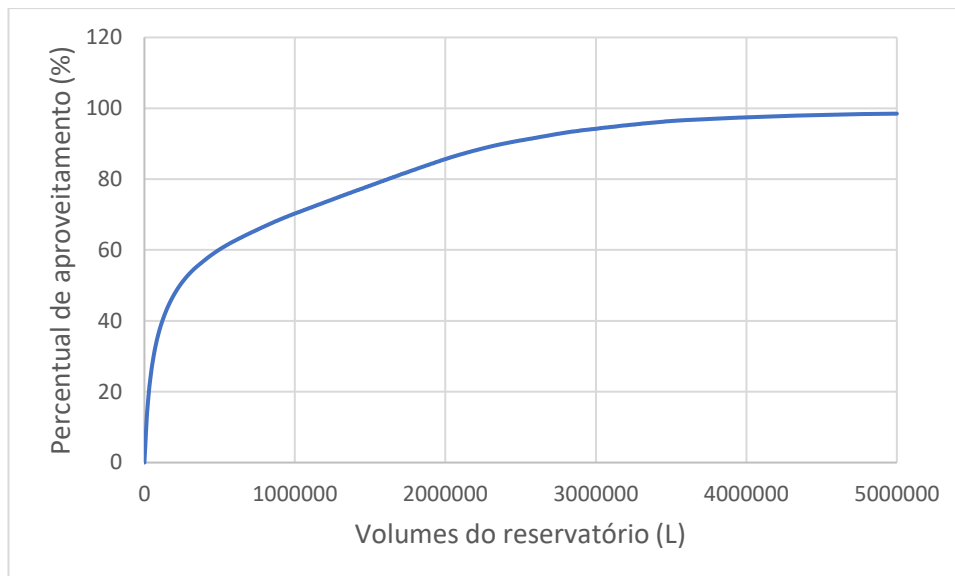
É observado pela Figura 8 que o aumento no volume de água produzido pelo sistema de não consegue atender o aumento crescente da população, evidenciando os índices preocupantes de estresse hídrico nos mananciais do sistema (ANDRADE et al., 2020; BOULAY et al., 2018).

Um consumo de água de 484 m³ por mês no *campus*, representa uma despesa mensal de R\$ 10.604,58, uma retirada nos mananciais de 730 m³ de água, devido às perdas na distribuição e um uso de energia elétrica equivalente a 890 kWh.

Acrescidos 14 % de energia devido ao transporte e produção dos materiais e insumos químicos para operação do sistema obtêm-se um valor de 1.035 kWh de demanda de energia acumulada no sistema. Transformando esse valor em energia primária encontramos uma demanda de energia total de 1.790 kWh, ou, um indicador de 3,7 kWh.m⁻³ de água utilizada no sistema.

5.3 DIMENSIONAMENTO DA ÁGUA DE CHUVA

Com os dados diários de precipitação, demanda diária de água e área de captação disponíveis a Figura 9 apresenta a simulação de um sistema individualizado, com todas as áreas de captação centralizadas em um único reservatório.

Figura 9. Potencial de aproveitamento de água de chuva centralizado

Fonte: Próprio autor (2021)

Foi possível observar que é possível atender até 90 % de toda a demanda de água no *campus* com um reservatório de 3.500.000 L. O tamanho do volume do reservatório inviabiliza a possibilidade de abastecimento centralizado.

Por outro lado, a individualização dos sistemas reduz a eficiência do uso da água de chuva, pois, o consumo de água nos Blocos C e D é pequeno em relação a quantidade de água produzida pelo sistema, enquanto prédios com maiores demandas, como o Bloco H, precisariam de acréscimos na área de captação para aumentar sua eficiência.

Portanto, para aumentar a eficiência, os SAACs foram distribuídos de forma um sistema pode atender os prédios circunvizinhos, assim, prédios com maiores áreas de captação contribuem para sistemas com maiores demandas de água. A Figura 10 apresenta a distribuição dos SAACs no campus.

Figura 10. Distribuição dos reservatórios dos sistemas de SAAC



Fonte: Próprio Autor (2021).

De acordo com a Figura 10, foram locados 6 reservatórios para captar e abastecer as demandas prediais com água de chuva. A Tabela 9 resume a distribuição dos reservatórios para cada prédio.

Tabela 9. Resumo dos sistemas de captação de água de chuva.

Sistemas	Prédios Abastecidos	Demanda Comum (L.PE ⁻¹ .d ⁻¹)	Demanda Especial (L.d ⁻¹)	Área de captação (m ²)	PE	Demanda Diária (L)
SAAC 1	Auditório Bloco H Bloco B	17,0	100	4.418,70	501	8.617
SAAC 2	Ginásio Bloco A	17,0	0	3.662,70	78	1.326
SAAC 3	Secretária Bloco E	17,0	0	1.232,10	86	1.462
SAAC 4	Bloco D Bloco C	17,0	0	1.140,50	12	204
SAAC 5	CVT Bloco F Bloco G	17,0	0	2.155,90	38	646
SAAC 6	Refeitório	0	5.600	923,6	800*	5.600
SAAC 7	Guarita	17,0	0	12,8	7	119

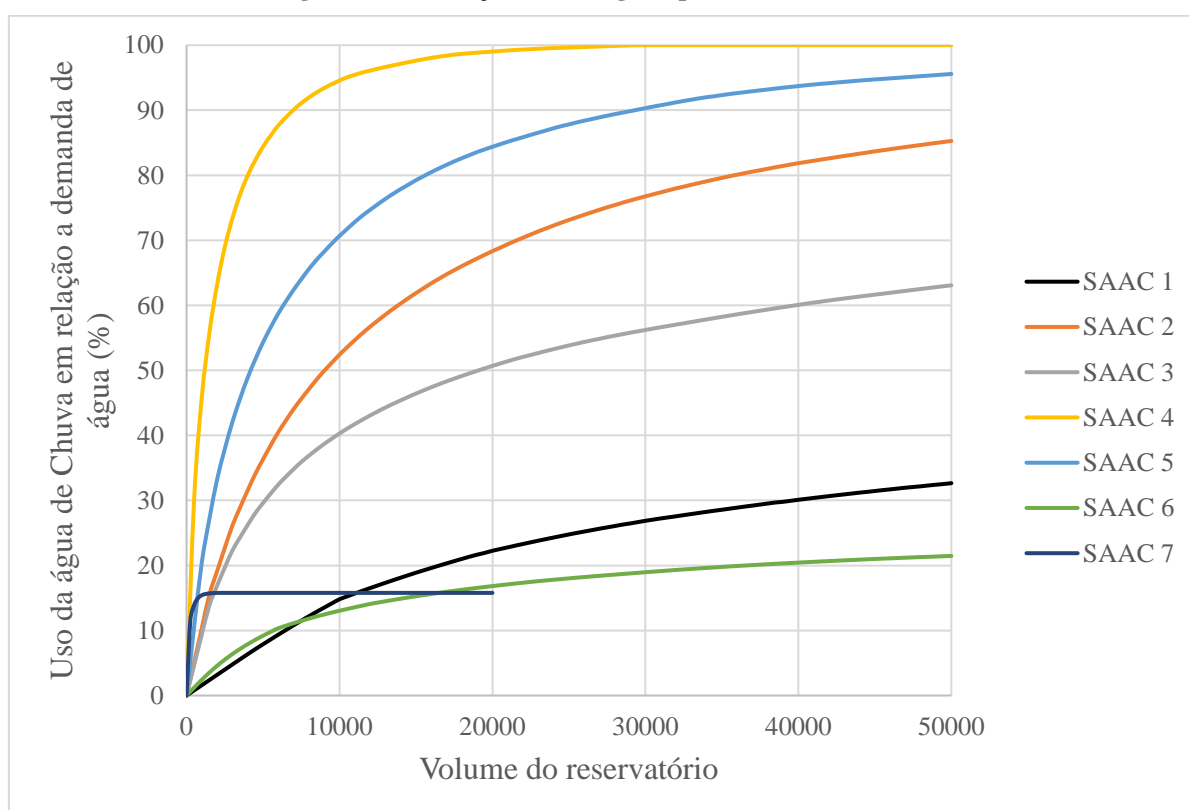
Fonte: Próprio autor (2021).

* Refere-se ao número de refeições servidas

Pode-se observar que foram destinadas, sempre que possível, maiores áreas de captação para os sistemas com maiores demandas, como no SAAC 1 que possui uma área de 4.418,70 m² para atender uma demanda de 8.167 L diários.

Definido as locações dos reservatórios, as áreas de contribuição e com os dados de demanda dos prédios, área de captação, População Equivalente e a série pluviométrica de Vitória da Conquista (HidroWeb), o descarte do primeiro milímetro de água e um coeficiente de escoamento superficial de 0,8, foi realizado a simulações com uso do software Netuno para cada um dos SAACs. O resultado é apresentado na Figura 11.

Figura 11. Simulações hidrológicas para cada SAAC.



Fonte: Próprio autor (2021).

Observa-se que o volume de uso de água de chuva aumenta exponencialmente até determinado valor e, a partir de então, permanece constante. Isso ocorre porque, a partir desse ponto, a saída de água para atendimento da demanda torna-se superior ao volume produzido pelo sistema, impossibilitando o atendimento maior da demanda, mesmo com reservatórios maiores, como observado nos SAACs 1, 6, 7, em que o percentual de atendimento é inferior até 30 %.

Os SAACs 2, 4 e 5 possuem potencial de atendimento acima de 80 % da demanda total de água, pois nesses sistemas, há área de captação suficientemente grandes para que

o sistema produtor garanta níveis alto de atendimento, também são os sistemas que possuem as menores demandas (Tabela 9).

Para a análise econômica dos SAACs foram levantadas as intervenções necessárias na infraestrutura já existente do *campus*, como tubos, calhas, conexões, reservatório superior e dispositivos e, por meio das planilhas do SINAPI-BA e ORSE (IBGE, 2021). A Tabela 10 apresenta os custos relativos às intervenções nos SAACs, com exceção do volume do reservatório superior.

Tabela 10. Custos referentes às intervenções para SAAC.

Sistemas de Captação de Água de Chuva	Custo financeiro das intervenções
SAAC 1	R\$ 35.218,00
SAAC 2	R\$ 13.133,00
SAAC 3	R\$ 10.567,00
SAAC 4	R\$ 8.453,00
SAAC 5	R\$ 19.613,00
SAAC 6	R\$ 4.723,00
SAAC 7	RS 1.100,00

Fonte: Próprio autor (2021).

Com os custos para implantação dos sistemas, as considerações de taxa de juros, tempo de vida útil, e economia no valor das contas de água (Tabela 4) para cada sistema de aproveitamento de água de chuva, foi possível calcular volume do reservatório com menor custo de abastecimento de água.

As Figuras 12 a 18 mostram as simulações econômicas para cada um dos SAACs.

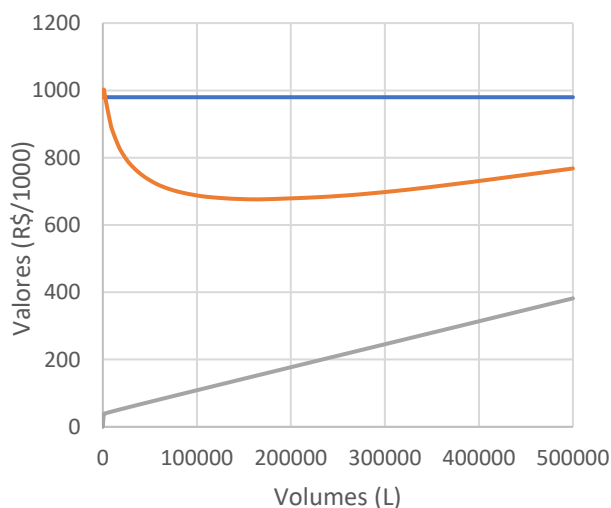


Figura 12. Simulação econômica SAAC 1

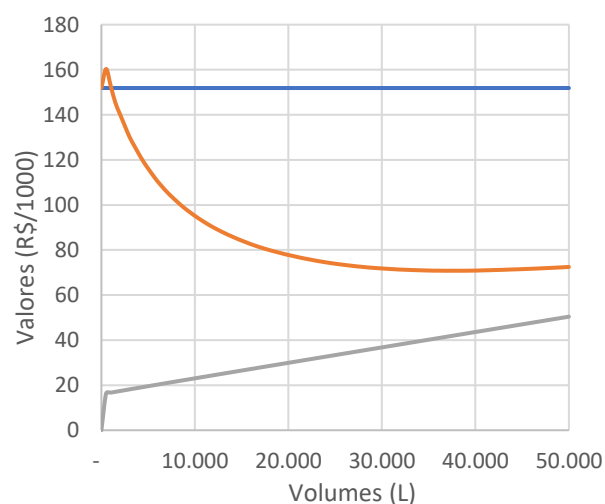


Figura 13. Simulação econômica SAAC 2

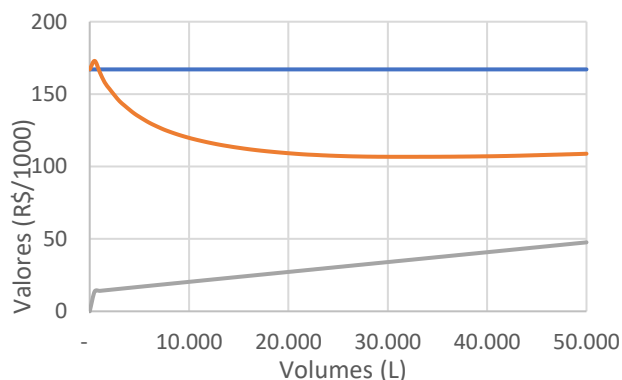


Figura 14. Simulação econômica SAAC 3

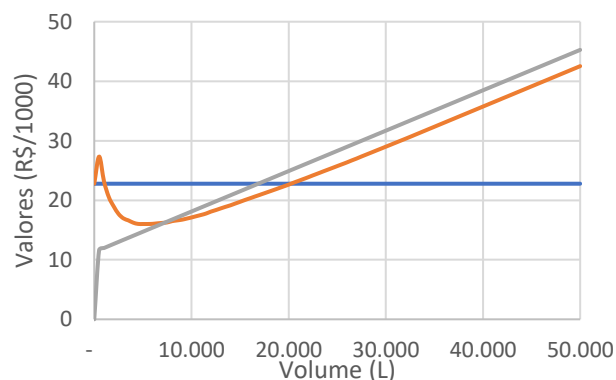


Figura 15. Simulação econômica SAAC 4

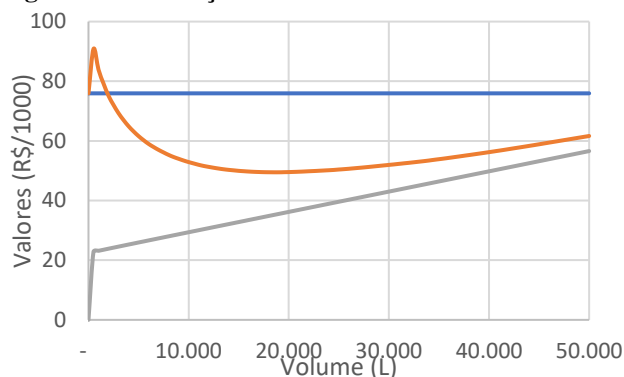


Figura 16. Simulação econômica SAAC 5

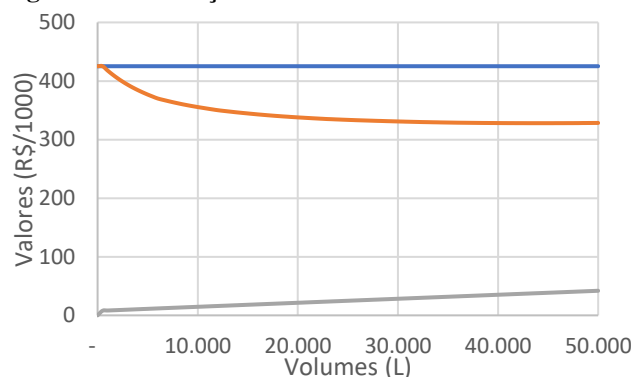


Figura 17. Simulação econômica SAAC 6

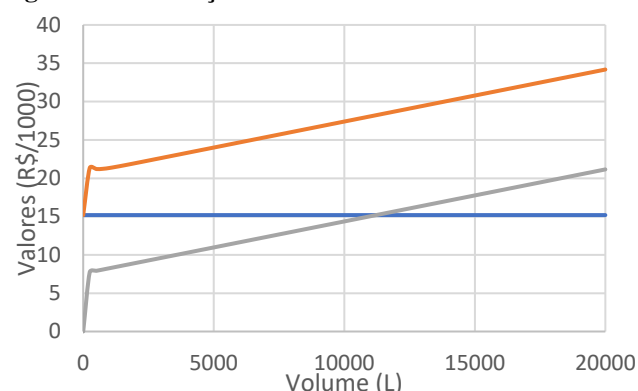
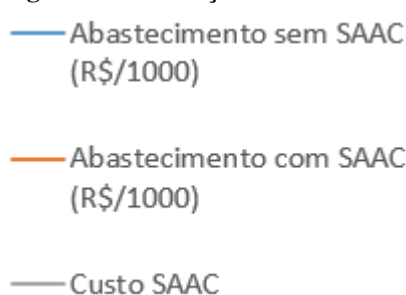


Figura 18. Simulação econômica SAAC 7



Os resultados das simulações mostram que os custos dos SAACs variam linearmente com o volume os reservatórios, como apresentado por (Velo and Cohim, 2018), enquanto os custos com abastecimento de água assumem um valor mínimo em função do percentual de aproveitamento de água, após esse valor os custos para ampliação dos reservatórios passam a ser superiores aos benefícios com economia de água.

Existe, portanto, um reservatório que fornecerá o melhor resultado econômico para cada sistema, as variáveis área de captação, precipitação e demanda, os sistemas não conseguem produzir mais água, a utilização de volumes maiores resulta em volume ocioso e, conseqüentemente, perda na eficiência (Bashar, Karim and Imteaz, 2018).

A Tabela 11 apresenta os volumes com menor custo de abastecimento para cada um dos SAACs e os respectivos indicadores econômicos e hidrológicos.

Tabela 11. Resumo dos resultados da análise econômica dos SAACs

SAAC	Reservatório econômico (L)	Custo total (R\$)	Percentual de atendimento	Benefício (R\$)	Custo do SAAC (R\$/m ³)	Custo do abastecimento (R\$/m ³)	Tempo de retorno (anos)	B/C
1	165.000	155.995,18	46 %	303.551,00	4,13	14,10	8,39	2,98
2	37.000	42.028,38	80 %	81.103,00	4,35	8,03	8,47	2,95
3	31.000	34.950,70	56 %	60.365,00	4,68	12,48	9,12	2,74
4	5.500	15.101,47	93 %	6.767,00	8,85	9,60	17,25	1,45
5	19.000	35.706,92	83 %	26.464,00	7,35	10,30	14,33	1,75
6	44.500	38.375,95	21 %	97.235,00	3,62	16,53	7,06	3,54
7	-	-	-	-	-	22,45	-	-
TOTAL		322.118,59	43 %	575.484,00	4,62	13,87	8,9	

Fonte: Próprio Autor (2021)

De acordo com a Tabela 11 os sistemas de aproveitamento de água de chuva custaram um total de R\$ 322.118,59 e promoverão um retorno anual, com substituição de parte da demanda de água pela água de R\$ 35.904,10. O uso da água de chuva diminuiu 30,9 % os custos com abastecimento, e substituir até 43 % demanda de água. O custo do abastecimento de água do instituto é reduzido para 13,87 R\$/m³, com 4,62 R\$/m³ para produção de água pelo SAAC.

A relação do benefício-custo de todos os SAACs é maior que 1, sendo o SAAC 6 que possui o retorno mais rápido, com 3,54 anos, pois possui baixos custos de implantação e atende a segunda maior demanda de água. O SAAC 4 apresenta o menor benefício-custo, 1,45, devido ao custo de implantação e uma demanda pequena.

Os SAACs com melhor retorno financeiro são os SAAC 1 e 6, com, respectivamente R\$ 303.551,00 e R\$ 97.235,00, pois são eles que possuem maiores demandas de água. O baixo percentual de atendimento ocorre devido ao tamanho da área de contribuição, que impede o sistema de produzir mais água. Nesses sistemas o custo para produção da água é de 4,13 R\$.m⁻³ no SAAC 1 e R\$ 3,62 R\$.m⁻³ no SAAC 6, o tempo de retorno para esses sistemas foi de, respectivamente, 8.39 e 7.06 anos.

O SAAC 7 não possui volume de reservatório economicamente viável, isso ocorreu devido a área de captação ser pequena o suficiente para não produzir volumes de água necessários para um retorno financeiro, sendo assim, optou por não utilizar esse sistema. As Figuras 19 a 25 apresentam as simulações de balanço energético para cada SAAC.

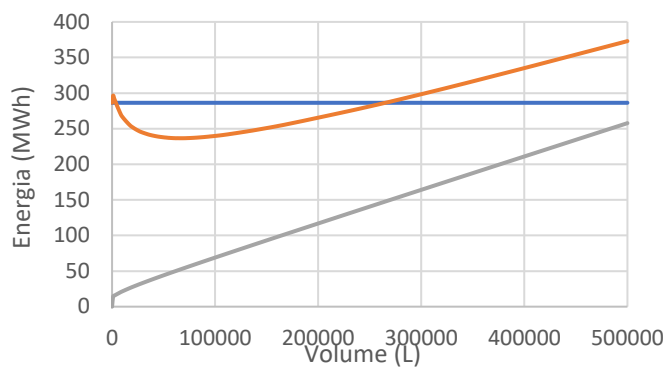


Figura 19. Simulação de intensidade energética SAAC 1.

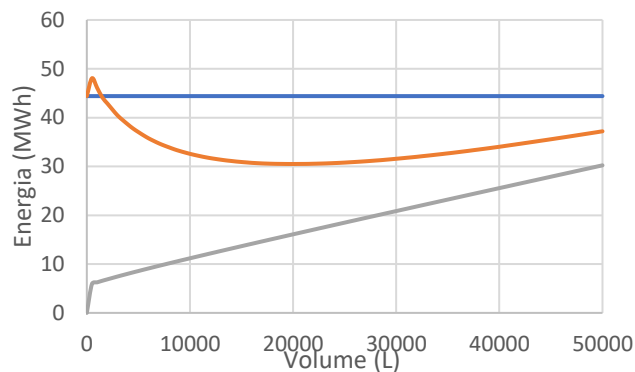


Figura 20. Simulação de intensidade energética SAAC 2

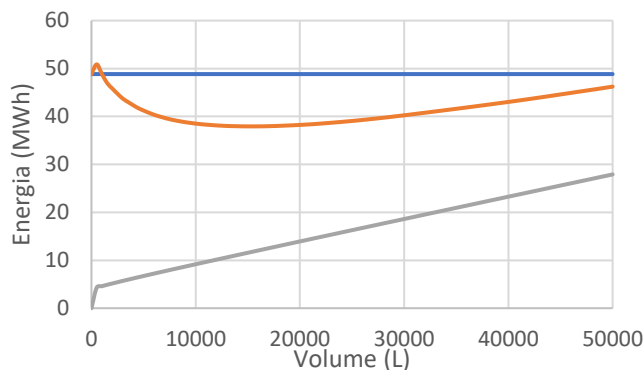


Figura 21. Simulação de intensidade energética SAAC 3

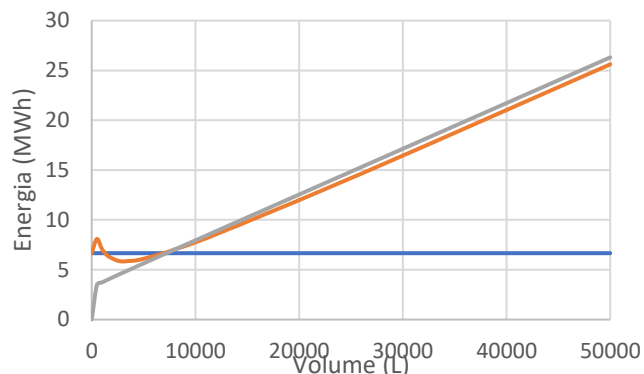


Figura 22. Simulação de intensidade energética SAAC 4.

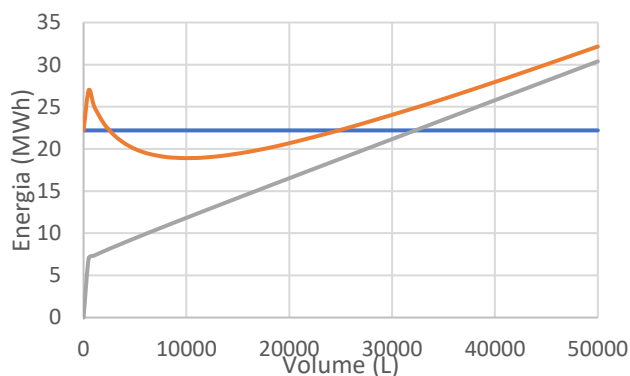


Figura 23. Simulação de intensidade energética SAAC 5.

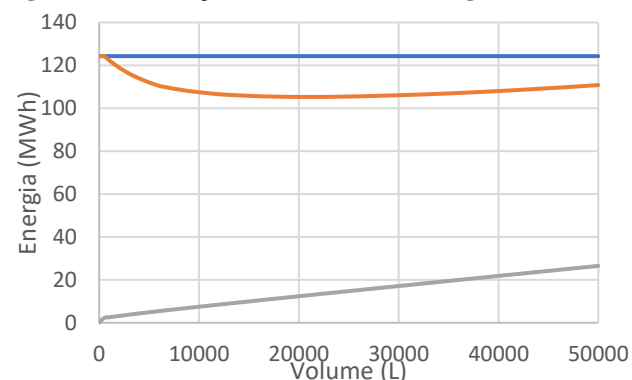


Figura 24. Simulação de intensidade energética SAAC 6.

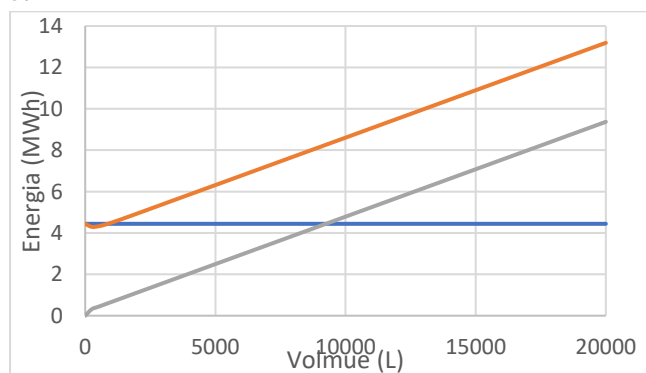


Figura 25. Simulação de intensidade energética SAAC 7

— Energia Embasa (MWh)
 — Energia Embasa + SAAC (MWh)
 — Energia SAAC (MWh)

Assim como as simulações econômicas a demanda energética dos SAACs variam linearmente com o volume dos reservatórios utilizados, enquanto a demanda de energia assume um valor mínimo em função do potencial de atendimento da demanda de água,

após esse valor a demanda de energia para ampliação é superior a energia evitada pela produção de água pelo sistema.

Da mesma forma existe um reservatório que possuirá a menor demanda de energia. As escolhas dos materiais utilizados e a combinação das variáveis como área de captação, demanda e precipitação influenciaram os resultados ambientais.

A tabela 12 resume os volumes com melhores resultados ambientais para cada um dos sistemas e os seus respectivos indicadores.

Tabela 12. Resumo de análise de intensidade energética

SAAC	Reservatório ambiental (L)	Intensidade de energia (MWh)	Energia evitada (MWh)	Demanda energética SAAC (kWh/m ³)	Demanda energética abastecimento (kWh/m ³)
1	68.000	53,2	49,77	1,91	3,06
2	20.000	16,1	13,90	1,98	2,54
3	15.500	11,8	10,91	1,92	2,87
4	3.000	4,7	0,83	3,15	3,24
5	10.000	11,8	3,28	2,90	3,15
6	21.000	12,8	19,03	1,49	3,13
7	250	0,3	0,15	2,53	3,58
TOTAL		110,4	97,87	1,96	3,03

Fonte: Próprio Autor (2021)

É possível observar na Tabela 12, que o melhor desempenho ambiental tem uma intensidade energética total de 110,4 MWh e evitam a utilização de 97,87 MWh, uma redução de 19 % no uso da energia para o abastecimento de água. O indicador de energético para o SAAC é de 1,96 kWh.m⁻³ de água produzida, e 3,03 kWh.m⁻³ para abastecimento do campus.

Devido a variabilidade metodológica nos diversos estudos é possível encontrar uma diversidade de resultados, motivados pela escolha nos diferentes tipos de materiais, variáveis envolvidas e percentual de atendimento da demanda. Valores que vão desde 0,51 kWh.m⁻³ (JESUS, 2018), 5,51 kWh.m⁻³ (Ghimire et al., 2017) e 4,0 kWh.m⁻³ (Marinoski and Ghisi, 2011).

Os melhores resultados ambientais são os SAAC 1 e 6 com, respectivamente, 49,77 e 19,03 MWh, são os sistemas responsáveis pelo atendimento das maiores demandas de água, portanto, o indicador de uso da energia nesses sistemas é de, respectivamente, 1,91 kWh.m⁻³ e 1,49 kWh.m⁻³.

Os SAACs 2 e 3 possuem o menor indicador energético para abastecimento de água, com, 2,54 e 2,87 kWh.m⁻³, pois, são os sistemas que possuem as melhores combinações de área de captação e demanda e, conseqüentemente, conseguem atender maior parte da demanda com água de chuva.

É observado um deslocamento entre o ponto de reservatório ideal econômico e ambiental, pois, o modelo tarifário penaliza consumidores com mais de 50 m³ mensais de água. Esse deslocamento pode ser reduzido com aumento dos custos com a eletricidade devido a dificuldade de produção de energia nas usinas hidroelétricas em regiões de níveis preocupantes de estresse hídrico (PFISTER; SCHERER; BUXMANN, 2020).

Outra fonte de água que pode ser utilizada como alternativa ao abastecimento é a água subterrânea por meio do poço que existe no *campus*. A utilização da água subterrânea, em poços rasos, obteve resultados financeiros positivos em grandes consumidores urbanos de água (BAXTER; SRISAENG; WILD, 2018).

Do ponto de vista ambiental a intensidade energética aumenta com a profundidade do poço, com o indicador de 1,27 kWh.m⁻³ de água para profundidade de 60 m, apresentando o melhor índice que o uso da água de chuva. Enquanto para Jesus (2018) a utilização da água subterrânea só possui viabilidade ambiental até 20 m de profundidade, com um indicador de 2,66 kWh.m⁻³, porém foi observado a utilização de bombas com baixo rendimento.

Para viabilidade ambiental em abastecimento por poços rasos é necessário o bom dimensionamento do sistema de recalque. A baixa eficiência de operação da bomba pode resultar em uma intensidade energética superior ao sistema integrado de abastecimento.

6 CONCLUSÕES

O indicador de consumo com base no tempo de permanência de todas as categorias presentes no prédio demonstra-se, apropriado para comparação entre instituições semelhantes com populações não contínuas, visto que, a normalização do consumidor reduz às distorções quanto ao período de ocupação do espaço por cada consumidor.

A simplificação matemática em associar o consumo de água ao tempo de permanência das pessoas conseguiu estimar satisfatoriamente a distribuição do consumo de água no *campus* do IFBA, sendo recomendado para utilização em instituições com medições centralizadas. Uma das limitações foi a associação que as necessidades fisiológicas humanas são proporcionais ao tempo e a não consideração das preferências individuais na utilização dos dispositivos hidráulicos.

O índice de consumo de água calculado para o IFBA foi de 22 L.(PE.d)⁻¹, valor relativamente menor que os valores encontrados na literatura, mas que ainda apresenta possibilidades de redução no consumo com medidas de controle, no uso consciente da água e no uso de aparelhos hidro eficientes.

O índice de perdas na infraestrutura hidráulica do prédio foi cerca de 3,7 % o consumo médio mensal, valor relativamente baixo aos resultados encontrados na literatura, é sugerido que seja feito novas medições no reservatório.

O estudo confirmou que os estudantes são responsáveis pela maior parte do consumo de água nessas instituições, quase 77 % de toda água consumida. Apesar do maior número de professores no *campus* foi observado que essa categoria possuíam um tempo de permanência menor que os servidores, e, conseqüentemente, menor participação no consumo de água.

A substituição do consumo de água da rede pela água de chuva mostrou-se satisfatória do ponto de vista hidrológico com percentual de atendimento de 43 % da demanda de água, financeiro com redução de 30,9 % dos custos com abastecimento e ambiental com redução de 19 % na intensidade ambiental. O SAAC possui capacidade de substituir até 208 m³ de água da rede, com uma economia anual R\$ 23.019,36, um retorno financeiro de R\$ 575.484,00 em valores presente e uma redução de demanda energética de 97,9 MWh durante a vida útil do sistema.

O deslocamento entre os pontos de eficiência da simulação econômica e na simulação ambiental ocorre devido ao modelo de tarifa penalizar consumidores com demanda mensal acima de 50 m³ de água. Esse deslocamento pode ser reduzido devido às incertezas na produção e custo da hidroeletricidade, pois, partes das usinas brasileiras estão localizadas em regiões de com níveis preocupantes de estresse hídrico.

Foi calculado um índice de 4,62 R\$.m⁻³ para o abastecimento de água no sistema de aproveitamento de água de chuva, e uma redução para 13,87 R\$.m⁻³ no abastecimento geral do *campus*, todos indicadores de Benefício-Custo foram superiores a 1, com exceção do SAAC 7, comprovando o desempenho financeiro dos sistemas.

Do ponto de vista ambiental o desempenho do sistema de aproveitamento de água de chuva também foi superior ao sistema integrado de abastecimento, com um índice de 1,96 kWh.m⁻³, e uma redução na intensidade energética relativa ao abastecimento de água para 3,03 kWh.m⁻³.

Os sistemas que não possuem áreas de captação suficientemente grande para atender maior percentual de demanda, como o SAAC 1, 3 e 6, podem substituir, respectivamente, 46 %, 56 % e 21 %, da demanda de água não potável, nesses sistemas a água de chuva pode ser utilizada substituir os usos não potáveis, que representam 71 % do consumo de água no instituto.

Existe a possibilidade de substituição da água da rede pela água subterrânea, por meio do poço que já existe no campus, que possui um desempenho na demanda de energia menor que a água de chuva, com $1,27 \text{ kWh.m}^{-3}$ de água, para 60 metros de profundidade. É necessário a realização de um teste de bombeamento para estimativa de vazão disponível no poço e definição do percentual de substituição da demanda de água.

Fica sob responsabilidade da direção do instituto a utilização de reservatórios que possuem áreas suficientemente grandes para atender uma demanda maior que o percentual não potável.

Os resultados do trabalho demonstram que a água de chuva pode ser utilizada como alternativa ao uso da água da rede como forma de atender com quantidade e qualidade destinada ao propósito, parte da demanda urbana de água. Reduzindo as pressões de água sobre os mananciais, que já apresentam níveis preocupantes, e no uso de energia.

7 REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 10844 - Instalações prediais de águas pluviais**Rio de JaneiroAssociação Brasileira de normas Técnicas, , 1989.

ABNT. **NBR 5626 - Instalação predial de água fria**, 1998. Disponível em:
<www.abntcatalogo.com.br>

ADASA. **Níveis dos reservatórios de Santa Maria e Descoberto**. Disponível em:
<<http://www.adasa.df.gov.br>>. Acesso em: 19 maio. 2021.

ALMEIDA, L. M. F. et al. VOLUME DE CISTERNAS RURAIS: UMA CONTRIBUIÇÃO PARA ABASTECIMENTO REGULAR DE ÁGUA. **REVISTA AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales: Investigación, desarrollo y práctica.**, v. 14, n. 2, p. 639–656, 2021.

ANDRADE, E. P. et al. Water scarcity in Brazil: part 1—regionalization of the AWARE model characterization factors. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 25, n. 12, p. 2342–2358, 2020.

ANDRADE NETO, C. O. **Segurança Sanitária das Águas de Cisternas Rurais**. 4^o Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de água de Chuva. Anais (Croma). **Anais...2004**

ARAÚJO, H. B. **Ações para racionalização do consumo de água no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Roraima – na cidade de Boa Vista**. [s.l.] UNESP, 2018.

ARAUJO, M. C. et al. The role of rainwater harvesting in urban stormwater runoff in the semiarid region of Brazil. **Urban Water Journal**, v. 18, n. 4, p. 248–256, 2021.

BARBOSA, T. BARBOSA; KIPERSTOK, A. COSTA; COHIM, E. BORGES. Life cycle assessment of rainwater harvesting systems for Brazilian semi-arid households. **Water and Environment Journal**, v. 34, n. 3, p. 322–330, 2020.

BATISTA, G. H. M. **VIABILIDADE TÉCNICA-ECONÔMICA DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA INDÚSTRIA EM TABIRA – PE**. [s.l.] Universidade Federal deAlagoas, 2018.

BAXTER, G.; SRISAENG, P.; WILD, G. An assessment of sustainable airport water management: The case of Osaka's Kansai international airport. **Infrastructures**, v. 3, n. 4, 2018.

BAXTER, G.; SRISAENG, P.; WILD, G. An assessment of airport sustainability: Part 3-water management at Copenhagen Airport. **Resources**, v. 8, n. 3, 2019.

BEAL, C. R.; SANTOS, R. F. Estudo Sobre O Consumo De Água Em Restaurantes Na Cidade De Cascavel - Pr. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 1, n. 2, p. 1–6, 2012.

BEN. **Balço Energético Nacional - Brazilian Energy Balance Ministério De Minas E Energia**. Brasília - DF: [s.n.]. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-419/BEN2018__Int.pdf>.

BIERKENS, M. F. P.; WADA, Y. Non-renewable groundwater use and groundwater depletion: A review. **Environmental Research Letters**, v. 14, n. 6, 2019.

BOGER, W.; CRUZ, S. Estimativa Do Consumo De Água Em Restaurantes Na Cidade De Cascavel - Pr. **Acta Iguazu**, v. 1, n. 3, p. 50–63, 2012.

BOTELHO, A. N. **Estimativa dos Usos Finais de Água Potável na Universidade Federal de Santa Catarina**. Florianópolis: [s.n.].

BOULAY, A. M. et al. The WULCA consensus characterization model for water scarcity footprints: assessing impacts of water consumption based on available water remaining (AWARE). **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 23, n. 2, p. 368–378, 2018.

BP. **Statistical Review of World Energy globally consistent data on world energy markets . and authoritative publications in the field of energy The Statistical Review world of World Energy and data on world energy markets from is The Review has been providing**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2020-full-report.pdf>>.

BRASIL. **Plano Nacional de Eficiência Energética** Ministério de Minas e

Energiaergia. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.mme.gov.br>.

BRASIL. **Coordenação de publicações** Brasília - DF Câmara de deputados, , 2018.

CAESB. **Siágua 2014: Sinopse do sistema de abastecimento de água do Distrito Federal**. Brasília - DF: [s.n.].

CARVALHO, I. D. C. et al. Sustainable airport environments: A review of water conservation practices in airports. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 74, p. 27–36, 2013.

CAZAES, T. R. S. et al. CONSERVAÇÃO DE ÁGUA EM EDIFICAÇÕES UNIVERSITÁRIAS. FATORES QUE INFLUENCIAM O CONSUMO E CRITÉRIOS PARA SUA AVALIAÇÃO: COMPARAÇÃO DE TRÊS UNIDADES DA UFBA. WATER. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA) CONSERVAÇÃO**, v. 7, n. 1, p. 76–85, 2019.

CHAIB, E. et al. Avaliação do potencial de redução do consumo de água potável por meio da implantação de sistemas de aproveitamento de água de chuva em edificações unifamiliares. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 3, p. 605–614, 2015.

CHIU, Y. R.; LIAW, C. H.; CHEN, L. C. Optimizing rainwater harvesting systems as an innovative approach to saving energy in hilly communities. **Renewable Energy**, v. 34, n. 3, p. 492–498, 2009.

COHEN, R.; NELSON, B. Energy down the drain: The Hidden Costs of California's Water Supply. **Natural Resources Defense Council: Pacific Institute**, n. August, p. 1–78, 2004.

COHIM, E.; ORRICO, S. R. M. A Confiabilidade Do Volume Das Cisternas Da Zona Rural Para REservar Água de Chuva. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 3, n. 2, p. 91–99, 2015.

CONCEIÇÃO, R. S. Crise hídrica em Vitória da Conquista-BA : Subsídios às políticas públicas para o abastecimento de água. **Revista de Geociências do Nordeste**, v. 4, n. 1, p. 13, 2018.

CÔRTEZ, P. L. et al. Crise de abastecimento de água em São Paulo e falta de

planejamento estratégico. **Estudos Avançados**, v. 16, n. 2, p. 39–55, 2015.

CROSSON, C. Innovating the Urban Water System: Achieving a Net Zero Water Future Beyond Current Regulation. **Technology Architecture and Design**, v. 2, n. 1, p. 68–81, 2018.

DE GOIS, E. H. B.; RIOS, C. A. S.; COSTANZI, R. N. Evaluation of water conservation and reuse: A case study of a shopping mall in southern Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 96, p. 263–271, 2015.

DO COUTO, E. D. A. et al. Greywater production in airports: Qualitative and quantitative assessment. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 77, p. 44–51, 2013.

DORNELLES, F.; TASSI, R.; GOLDENFUM, J. A. Avaliação das Técnicas de Dimensionamento de Reservatórios para Aproveitamento de Água de Chuva. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 15, n. 2, p. 59–68, 2010.

DOSS-GOLLIN, J.; DE SOUZA FILHO, F. DE A.; DA SILVA, F. O. E. Analytic Modeling of Rainwater Harvesting in the Brazilian Semiarid Northeast. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 52, n. 1, p. 129–137, 2016.

EMBASA. **Relatório Anual de Informação ao Consumidor**. Salvador - BA: [s.n.].

EMBASA. **Tarifas da Embasa**. Disponível em:

<<http://old.embasa.ba.gov.br/centralservicos/index.php/tarifas?informacoes=sim>>.

Acesso em: 27 nov. 2020.

FASOLA, G. B. et al. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 4, p. 65–78, 2011.

FEARNSIDE, P. M. **Hidrelétricas na Amazônia Impactos Ambientais e Sociais na Tomada de Decisão Sobre Grandes Obras**. Manaus: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, 2015. v. 2

FEWKES, A. Modelling the performance of rainwater collection systems: towards a generalized approach. **UrbanWater**, v. 1, n. 4, p. 323–333, 1999.

FONTOURA, K. et al. **a Influência Do Design Dos Sanitários Públicos No. 25º**

Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...Recife - PE: ABES, 2008**

FOSTER, S. D.; HIRATA, R.; HOWARD, K. W. F. Groundwater use in developing cities: Policy issues arising from current trends. **Hydrogeology Journal**, v. 19, n. 2, p. 271–274, 2011.

FOSTER, S. S. D. The interdependence of groundwater and urbanisation in rapidly developing cities. **Urban Water**, v. 3, n. 3, p. 185–192, 2001.

FREIRE, M. T. M. **O consumo racional de água no aeroporto internacional de Salvador, Bahia/Brasil**. [s.l.] UFBA, 2011.

GARCIA, A. et al. **Viabilidade econômica de sistemas para captação de água de chuva em habitações populares de salvador, bahia**. (ABES, Ed.)XXVII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...Goiânia - GO: anais, 2013**

GARCÍA, I. F.; FERRAS, D.; NABOLA, A. M. Potential of energy recovery and water saving using micro-hydropower in rural water distribution networks. **Journal of Water Resources Planning and Management**, v. 145, n. 3, p. 1–11, 2019.

GHIMIRE, S. R. et al. Life cycle assessment of domestic and agricultural rainwater harvesting systems. **Environmental Science and Technology**, v. 48, n. 7, p. 4069–4077, 2014.

GHISI, E.; SCHONDERMARK, P. N. Investment Feasibility Analysis of Rainwater Use in Residences. **Water Resources Management**, v. 27, n. 7, p. 2555–2576, 2013.

GIOVANNI DO, E. S.; GOMEZ SANCHEZ, J. **Caracterização Do Uso Da Água Em Shopping Centers Da Região Metropolitana De São PauloXXI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**. João Pessoa - PB: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/brasil/i-034.pdf>>.

GONÇALVES, L. J. et al. Equação intensidade-duração-frequência das precipitações de algumas localidades do estado da bahia. **Semana de Engenharia Florestal da Bahia**, v. 1, n. 1, p. 3–8, 2015.

GRAHAM, J. P.; HIRAI, M.; KIM, S. S. An analysis of water collection labor among

women and children in 24 sub-Saharan African countries. **PLoS ONE**, v. 11, n. 6, p. 1–14, 2016.

GUANAIS, A. L. R.; COHIM, E. B.; MEDEIROS, D. L. Avaliação energética de um sistema integrado de abastecimento de água. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, n. 6, p. 1187–1196, 2017.

GUPTA, R.; SANT'ANA, D.; CHANDIWALA, S. **Building for the Future - Sustainable Construction for Professionals How to Conserve Water in Further Education Colleges** October London Affiliated to the association of colleges, , 2007.

HOFFMANN, R. Segurança Alimentar e Produção de Etanol no Brasil. **Segurança Alimentar e Nutricional**, v. 13, n. 2, p. 1–5, 2006.

IBGE. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil** Salvador Caixa, , 2020.

IBGE. **IBGE - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil** IBGE - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil Salvador - BACaixa, , 2021.

INEMA. **Gestão de Barragens e Reservatórios**. Salvador - BA: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/barragensreservatorios/>>.

JESUS, T. B. DE. **ALOCAÇÃO EFICIENTE DE FONTES DE ÁGUA EM UMA RESIDÊNCIA**. [s.l.] UEFS, 2018.

JÚNIOR, J. C. DA S. et al. **Consumo Per Capita De Água Em Instituição De Ensino Superior**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2018. **Anais...** Maceió - AL: 2018

KAMINAGAKURA, C. **AVALIAÇÃO DOS PRINCIPAIS FATORES INTERVENIENTES NO CONSUMO DE ÁGUA EM UNIDADES DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO COMO SUBSÍDIO PARA O SEU USO RACIONAL** **Dissertação**. [s.l.] UEL, 2005.

KARIM, M. R. et al. Rainwater harvesting potentials in commercial buildings in dhaka: Reliability and economic analysis. **Hydrology**, v. 8, n. 1, p. 1–16, 2021.

LYONS, E. et al. Life cycle assessment of three water supply systems: Importation, reclamation and desalination. **Water Science and Technology: Water Supply**, v. 9, n. 4, p. 439–448, 2009.

MANCO-SILVA, D.; GUERRERO-ERAZO, J.; MORALES-PINZÓN, T. Estimación de la demanda de agua en centros educativos: Caso de estudio facultad de ciencias ambientales de la universidad tecnológica de Pereira, Colombia. **Revista Luna Azul**, v. 44, n. 44, p. 153–164, 2017.

MARINHO, M. B.; FREIRE, M. T. M.; KIPERSTOK, A. The aguapura program for water consumption rationalization at the federal university of bahia. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n. 3, p. 481–492, 2019.

MARINOSKI, A. K. **APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM INSTITUIÇÃO DE ENSINO: ESTUDO DE CASO EM FLORIANÓPOLIS - SC**. [s.l.] UFSC, 2007.

MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 2, p. 67–84, 2008.

MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. Assessment of the environmental impact and investment feasibility analysis of rainwater use in houses. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, v. 148, p. 391–402, 2011.

MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. Avaliação de viabilidade ambiental e econômica de sistemas de aproveitamento de água pluvial em habitação de baixo padrão: estudo de caso em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 1, p. 423–443, 2018.

MATOS, C. H. DE; PROENÇA, R. P. DE C. Condições de trabalho e estado nutricional de operadores do setor de alimentação. **Revista de Nutrição**, v. 16, n. 4, p. 493–502, 2003.

MCGLADE, J. **The European Environment: State and Outlook 2005**. [s.l.: s.n.].

MORAIS, J. W. A. **VIABILIDADE TÉCNICA/ECONÔMICA NO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO DO AMAZONAS**. [s.l.] UFAM, 2016.

MORALES-PINZÓN, T. et al. Financial feasibility and environmental analysis of potential rainwater harvesting systems: A case study in Spain. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 69, n. 2012, p. 130–140, 2012.

MOURA, M. R. F. DE; SILVA, S. R. DA; BARROS, E. X. DO R. Análise de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial em um empreendimento residencial na cidade de Recife-PE. **Tecno-Lógica**, v. 22, n. 1, p. 66, 2018.

NAKAGAWA, A. K. **CACTERIZAÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA EM PRÉDIOS UNIVERSITÁRIOS: O CASO DA UFBA**. [s.l.] UFBA, 2009.

NUNES, R. T. S. **Conservação da água em edifícios comerciais: potencial de uso racional e reúso em shopping center**. [s.l.] UFRJ, 2006.

ODURO-KWARTENG, S. et al. Water conservation potential in educational institutions in developing countries: Case study of a university campus in Ghana. **Urban Water Journal**, v. 6, n. 6, p. 449–455, 2009.

PEREIRA, P. P. et al. **CÁLCULO DO CONSUMO DE ÁGUA PER CAPITA E DISTRIBUIÇÃO DAS DEMANDAS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR**. (ABRH, Ed.)XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. **Anais...Brasília - DF: Anais XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2015

PFISTER, S.; SCHERER, L.; BUXMANN, K. Water scarcity footprint of hydropower based on a seasonal approach - Global assessment with sensitivities of model assumptions tested on specific cases. **Science of the Total Environment**, v. 724, 2020.

RACOVICEANU, A. I. et al. Life-Cycle Energy Use and Greenhouse Gas Emissions Inventory for Water Treatment Systems. **Journal of Infrastructure Systems**, v. 13, n. 4, p. 261–270, 2007.

RASHIDI MEHRABADI, M. H.; SAGHAFIAN, B.; HAGHIGHI FASHI, F. Assessment of residential rainwater harvesting efficiency for meeting non-potable water demands in three climate conditions. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 73, p. 86–93, 2013.

RIBEIRO, D. DE F. F.; GOMES, G. A. M. **ANÁLISE DA VIABILIDADE DA CAPTAÇÃO E REUSO DE ÁGUA DA CHUVA ATRAVÉS DO SISTEMA DE**

CISTERNA WATERBOX EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NA CIDADE DE VARGINHA(MG). Varginha - MG: [s.n.].

ROCHA, V. L. **Validação do Algoritmo do Programa Netuno para Avaliação do Potencial de Economia de Água Potável e Dimensionamento de Reservatórios de Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial em Edificações.** [s.l.] UFSC, 2009.

RUPP, R. F.; MUNARIM, U.; GHISI, E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 4, p. 47–64, 2011.

SABESP. - NTS 181. . 2012, p. 23.

SALOMÃO, P. E. A. et al. Reaproveitamento de água pluvial: estudo de caso na Universidade Presidente Antônio Carlos-Teófilo Otoni-MG. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 5, p. e985914, 27 fev. 2019.

SÁNCHEZ, A. S. **Aproveitamento de Águas Pluviais na Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia.** [s.l.] UFBA, 2014.

SANT'ANA, D.; MEDEIROS, L.; ALVARES, K. **Aproveitamento de Águas Pluviais e Reúso de Águas Cinzas em Edificações - Princípios de políticas tarifárias baseados em uma análise de viabilidade ambiental e econômica.** Brasília - DF: [s.n.]. Disponível em:

<http://www.adasa.df.gov.br/images/storage/area_de_atuacao/abastecimento_agua_esgotamento_sanitario/regulacao/reuso_aguas_cinza_aproveitamento_aguas_pluviais/reuso_df_1_politicas_tarifarias.pdf>.

SANTOS, M. DOS et al. Análise de Viabilidade Econômica de um Sistema de Captação de Água da Chuva: Estudo de Caso de uma Indústria de Refrigerantes. **In: ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTE, XVIII., 2016, São Paulo**, p. 1–14, 2016.

SCHVARTZMAN, A. S.; PALMIER, L. R. **Sugestões Para O Aprimoramento dos Sistemas De Captação Água de Chuva Por Meio de Cisternas Na Região Semiárida de Minas Gerais.** 6o. Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. **Anais...**Belo Horizonte: ABCMAC, 2007

SILVA, G. S. DA. **Programas Permanentes de Uso Racional da Água em Campi Universitários: O Programa de Uso Racional da Água da Universidade de São Paulo.** [s.l.] USP, 2005.

SILVA, K. M. B. DA. **CONHECER PARA (SU) GERIR: DESPERDÍCIOS RELACIONADOS ÀS PRÁTICAS DE SUSTENTABILIDADE NO RESTAURANTE UNIVERSITÁRIO.** [s.l.] UFRN, 2019.

SILVA, H. D. A. S. N. **AVALIAÇÃO DA POTENCIALIDADE NO REÚSO DOMÉSTICO DA ÁGUA CINZA TRATADA PARA FINS NÃO POTÁVEIS.** [s.l.] UEFS, 2018.

SILVA, S. M. O. et al. Proposal of integrated urban waters management as a strategy to promote water security: The fortaleza case. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 24, n. 2, p. 239–250, 2019.

SIMÕES, Y. DE S.; COHIM, E.; ARAÚJO, H. A. DE. Rainfall zoning of Bahia State, Brazil: an update proposal. **Revista Ambiente e Agua**, v. 13, n. 1, p. 1–18, 2017.

SNIS. **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos - 2017.** Brasília - DF: [s.n.].

SOARES, A. E. P.; DO PRADO, A. R. M.; DA SILVA, S. R. O monitoramento como ferramenta da redução do consumo de água potável na faculdade de ciências da administração de pernambuco – FCAP/UPE. **Tecno-Lógica**, v. 23, n. 1, p. 42–48, 2019.

SOARES, A. E. PAZ et al. **Caracterização Do Consumo De Água Em Uma Universidade Pública Do Recife-Pe.** Congresso Brasileiro de Engenharia SANitária e Ambiental. **Anais...**São Paulo - SP: FENASAN, 2015

SOARES, G. DE O. **Avaliação da Redução do Consumo D'Água pelo Emprego de Arejadores.** [s.l.] UFSC, 2010.

SOUSA, V.; SILVA, C. M.; MEIRELES, I. Performance of water efficiency measures in commercial buildings. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 143, n. October 2018, p. 251–259, 2019.

SOUTO, K. L. V. **Estudo do desperdício de água dos destiladores dos laboratórios de química do IFBA, campus Vitória da Conquista Relatório.** Vitória da Conquista:

[s.n.]. Disponível em: <<http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>>.

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

STOKES, J.; HORVATH, A. Life cycle energy assessment of alternative water supply systems. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 11, n. 5, p. 335–343, 2006.

TAMAKI, H. O. **a Medição Setorizada Como Instrumento De Gestão Da Demanda De Água Em Sistemas Prediais – Estudo De Caso: Programa De Uso Racional Da Água Da Universidade De São Paulo**. [s.l.] USP, 2003.

TESCHE, D. B. **Proposta de implantação de um programa de produção mais limpa para o restaurante universitário da UFSC**. [s.l.] UFSC, 2016.

TJANDRAATMADJA, G. et al. Optimisation of Energy Use in Household Rainwater Supply Systems. Urban Water Security Research Alliance Technical Report. n. 89, p. 75, 2012.

TOMAZ, P. **Previsão de Consumo de Água – Interface das Instalações Prediais de Água e Esgoto com os serviços Públicos**. 1. ed. São Paulo: [s.n.].

TRINDADE, K. A.; ALVARADO, C. A. A.; SANTANA, N. R. F. Sistema para aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis e sua viabilidade econômica em escola municipal no município de Lagarto/SE. **Scientia Plena**, v. 13, n. 10, p. 1–5, 2017.

TZANAKAKIS, V. A.; PARANYCHIANAKIS, N. V.; ANGELAKIS, A. N. Water supply and water scarcity. **Water (Switzerland)**, v. 12, n. 9, p. 1–16, 2020.

UNESCO. **Relatorio-mundial-ONU-sobre-recursos-hidricos**, 2019.

UNIVERSITY OF EXETER. **Waste and Resource Management Strategy for the Exeter Campuses 2010-2015**. [s.l.: s.n.]. Disponível em:

<<https://www.exeter.ac.uk/media/universityofexeter/campusservices/sustainability/pdf/2010-2015-waste-strategy.pdf>>.

VASCONCELOS, A. H. A. DE et al. Avaliação do uso da água no IFPE através do diagnóstico das instalações hidrossanitárias e hábitos de consumo. **Revista de Ciência, Tecnologia e Humanidades do IFPE**, v. 7, n. 1, p. 56–64, 2015.

VELOSO, V. V. B. G.; COHIM, E. **Dimensionamento E Otimização De Volumes De Reservatórios De Água Da Chuva Para Uso Pecuário Na Região De Feira De Santana – Ba**. 11º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. **Anais...**Campina Grande: ABCMAC, 2018

VIEIRA, A. S.; GHISI, E. Water-energy nexus in houses in Brazil: Comparing rainwater and gray water use with a centralized system. **Water Science and Technology: Water Supply**, v. 16, n. 2, p. 274–283, 2016.

VINCE, F. et al. LCA tool for the environmental evaluation of potable water production. **Desalination**, v. 220, n. 1–3, p. 37–56, 2008.

WADA, Y.; VAN BEEK, L. P. H.; BIERKENS, M. F. P. Nonsustainable groundwater sustaining irrigation: A global assessment. **Water Resources Research**, v. 48, n. 1, 2012.

ZHANG, J. UC Berkeley water usage & conservation study report. 2010.