

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA,
CAMPUS VITÓRIA DA CONQUISTA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

MANOEL MESSIAS COUTINHO MEIRA

**CARACTERIZAÇÃO DA QUANTIDADE DE CONSUMO DE ÁGUA *PER CAPITA*
NO IFBA *CAMPUS* VITÓRIA DA CONQUISTA**

Vitória da Conquista - BA

Fevereiro de 2022

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA,
CAMPUS VITÓRIA DA CONQUISTA
COORDENAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

MANOEL MESSIAS COUTINHO MEIRA

**CARACTERIZAÇÃO DA QUANTIDADE DE CONSUMO DE ÁGUA *PER CAPITA*
NO IFBA *CAMPUS* VITÓRIA DA CONQUISTA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, *Campus* Vitória da Conquista como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientadora: Camila Daniele Willers

Vitória da Conquista - BA

Fevereiro de 2022

M514c Meira, Manoel Messias Coutinho,

Caracterização da quantidade de consumo de água per capita no IFBA campus Vitória da Conquista. / Manoel Messias Coutinho Meira -Vitória da Conquista / BA, 2022

56 f.: il.: color.

Orientadora: Camila Daniele Willers

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) Engenharia Ambiental- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - Campus de Vitória da Conquista - BA, 2022.

1. Uso racional de água . 2. Água - indicadores de consumo 3. Consumo de água per capita . I. Willers, Camila Daniele. II. Título.

CDD:556

Catálogo na fonte: Sônia Iraína Roque Andrade – CRB 5/1203
IFBA – Campus Vitória da Conquista – BA

MANOEL MESSIAS COUTINHO MEIRA

**CARACTERIZAÇÃO DA QUANTIDADE DE CONSUMO DE ÁGUA PER
CAPITA NO IFBA CAMPUS VITÓRIA DA CONQUISTA**

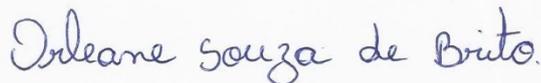
A presente Monografia, apresentada em sessão pública realizada em primeiro de fevereiro de 2022, foi avaliada como adequada para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Ambiental, julgada e aprovada em sua forma final pela Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Vitória da Conquista.

Data da Aprovação: 01 de Fevereiro de 2022

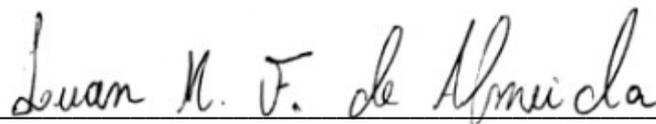
BANCA EXAMINADORA



Profª. Msc. Camila Daniele Willers
Orientadora – IFBA Campus Vitória da Conquista



Profª. Msc. Orleane Souza de Brito
IFBA Campus Vitória da Conquista



Eng. Msc. Luan Moreira Fernandes de Almeida
CEEP Áureo de Oliveira Filho

Vitória da Conquista, 01 de Fevereiro de 2022.

AGRADECIMENTOS

À professora Camila Daniele Willers, pela confiança depositada a mim, e aos ensinamentos dados, estes tanto no âmbito científico e profissional;

À minha família: Lourdes, Manoel, Vinicius, Uallas, Manuela e Emanuelle pelo apoio em minhas escolhas e pelo amor, acima de tudo;

À Luan, por todo suporte e ensinamentos durante a realização deste trabalho;

À minha companheira de longa data Clea Lamêgo por toda dedicação e colaboração ao longo dos anos;

Às Professoras Polyane, Orleane e Deise pelas contribuições para minha formação, dedicação e paciência ao longo dessa jornada juntos;

Aos amigos de graduação pelo apoio e companheirismo e em especial à minha colega Lara Carvalho;

Ao IFBA pela oportunidade de realização deste curso de graduação;

E por fim, a todos que, de alguma forma contribuíram para que eu pudesse desenvolver este trabalho, e que não foram explicitados neste momento, contudo, implicitamente fazem parte desta conquista.

Your focus determines your reality

Qui-Gon Jinn (Star Wars)

RESUMO

A urbanização acelerada tem pressionado as fontes de recursos de água nas áreas urbanas. Cidades com dificuldades para captação ou escassez de recursos hídricos superficiais importam água para atender às necessidades da população em rápido crescimento, podendo desequilibrar o abastecimento em outros locais. Nas instituições de ensino, a má gestão das águas gera custos econômicos e ambientais que afetam toda a comunidade acadêmica. A quantificação do volume de água demandada pelos usuários é uma ferramenta auxiliar nessa gestão, sendo fundamental para projetos de dimensionamento, expansão e controle de perdas. Com base nas medições realizadas nos hidrômetros do IFBA *campus* Vitória da Conquista nos anos de 2019 e 2020, apresenta-se um estudo sobre a quantificação do consumo de água *per capita* por quatro diferentes metodologias. O cálculo do consumo *per capita* bruto foi de 8,31 L/dia, enquanto a demanda *per capita* pelo consumo efetivo resultou em 9,64 L/dia e o Isolamento de Variáveis 4,29 L/hab/dia. Já a ferramenta que se demonstrou mais adequada para o instituto foi a metodologia das Populações Equivalentes, que foi de 12,99 L/PE/dia. Sua efetividade deve-se ao fato de que a ferramenta foi pouco afetada, pois, leva em consideração a população flutuante nos blocos, e os consumos especiais como os destiladores e o preparo de refeições.

Palavras-chave: Consumo de água *per capita*. Indicadores de consumo. Uso racional de água.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEFET - Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia
CH - Carga Horária
CVT - Centro Vocacional Tecnológico
DTA - Documento Técnico de Apoio
EAmbJr - Empresa Júnior de Engenharia Ambiental
EJEEL - Empresa Júnior de Engenharia Elétrica
Embasa - Empresa Baiana de Águas e Saneamento
ETA - Estação de tratamento de água
GAE - Gestão da Assistência Estudantil
IFBA - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia
IDHM - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
NAPNEE - Núcleo de Atendimento a Pessoas com Necessidades Educacionais Específicas
PAAE - Programa de Assistência e Apoio ao Estudante
PE - População Equivalente
PET - Programa de Educação Tutorial
PNCDA - Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água
PPC - Projeto Pedagógico do Curso
PURA – Programa de Uso Racional de Água
RU - Restaurante Universitário
SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UEM - Universidade Estadual de Maringá
UFAL - Universidade Federal de Alagoas
UFBA - Universidade Federal da Bahia
UNESCO - Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura
UN-WATER – Organização das Nações Unidas para a Água
UTS - Unidade de Tratamento Simplificado

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da área de estudo: Vitória da Conquista - BA	15
Figura 2 - Planta do IFBA <i>campus</i> Vitória da Conquista	18
Figura 3 - Consumo mensal de água (m ³) no IFBA <i>campus</i> Vitória da Conquista	33
Figura 4 - Consumo de Água no IFBA (m ³).....	34
Figura 5 - Planilha de dados das disciplinas da graduação (exemplo).....	36
Figura 6 - Planilha de dados das disciplinas do ensino médio (exemplo).	37
Figura 7 - Gráfico de Pareto do consumo mensal por setor	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores médios de consumo de água em atividades de ensino.....	21
Tabela 2 - Média mensal do consumo diário e por consumidor equivalente na bibliografia.....	22
Tabela 3 - Consumo de água por refeição na bibliografia.....	22
Tabela 4 - Equações para o cálculo de consumo mensal de água de referência	23
Tabela 5 - Elementos identificados na universidade para a composição da população equivalente com os respectivos pesos.....	25
Tabela 6 - Distribuição temporal dos estudantes no Bloco H.....	36
Tabela 7 - População Equivalente dos estudantes de graduação no Bloco H.....	37
Tabela 8 - Distribuição da População Equivalente no IFBA (2019).....	40
Tabela 9 - Consumo <i>per capita</i> por unidade de economia.....	43

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	15
3.2 INSTITUTO FEDERAL DA BAHIA (IFBA) <i>CAMPUS</i> VITÓRIA DA CONQUISTA	16
3.2.1 Caracterização dos blocos	17
3.2.2 Sistema alimentício	19
3.3 CONSUMO DE ÁGUA NAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO	20
3.3.1 Metodologias de cálculo.....	23
3.3.2 População Equivalente (PE)	24
3.3.3 Consumo médio <i>per capita</i> de água - SNIS	26
3.3.3 Consumo efetivo <i>per capita</i> e consumo <i>per capita</i> a partir da leitura dos hidrômetros	27
3.3.4 Fatores de Pico.....	28
4 METODOLOGIA	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	33
5.1 CONSUMO <i>PER CAPITA</i> BRUTO	33
5.2 POPULAÇÃO EQUIVALENTE (PE).....	35
5.2.1 Estudantes de graduação.....	35
5.2.2 Estudantes de ensino médio.....	37
5.2.3 Corpo docente	38
5.2.4 Técnicos administrativos e terceirizados	38
5.2.5 Consumo especial.....	38

5.2.6 Aplicação da População Equivalente	39
5.3 CONSUMO EFETIVO <i>PER CAPITA</i> E CONSUMO <i>PER CAPITA</i>	43
5.4 CONSUMO <i>PER CAPITA</i> POR ISOLAMENTO DE VARIÁVEIS	44
5.5 SÍNTESE DOS RESULTADOS.....	44
5.6 OPORTUNIDADES PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NO IFBA CAMPUS VITÓRIA DA CONQUISTA.....	46
5.5.1 Implantação de micromedidores	46
5.5.2 Correção de vazamentos	47
5.5.3 Substituição de equipamentos	48
5.5.4 Campanhas de sensibilização.....	48
6 CONCLUSÕES	49
7 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

1 INTRODUÇÃO

A água é considerada como o recurso natural mais essencial à vida, ainda assim, as fontes de água potável disponíveis são diretamente afetadas pelas atividades humanas e mudanças climáticas de origem antrópica (KARL et al., 2009; PARANDVASH, 2016; UNESCO, 2003). Nas últimas décadas, houve um rápido crescimento da população e urbanização acelerada. Estima-se que 4 bilhões de pessoas, ou seja, mais da metade da população mundial, vive em áreas urbanas (RICHIE; ROSER, 2018). Essa ocupação gera uma alta demanda de água para usos agrícolas, industriais, domésticos, recreativos e ambientais (VAIRAVAMOORTHY, 2008).

A demanda de água já excede a oferta em várias regiões do mundo e, apesar de muitas políticas de recursos hídricos colocarem o abastecimento humano como prioridade sobre outros usos, há questões que limitam essa disponibilidade aos consumidores (VAIRAVAMOORTHY, 2008). Muitos locais que compartilham da mesma bacia hidrográfica ou aquífero, possuem dependência dos usuários à jusante em relação ao uso dos consumidores à montante do fluxo da água (UNESCO, 2003). Além disso, nos países em desenvolvimento, cerca de 70% dos efluentes industriais são despejados sem tratamento em águas utilizáveis (UN-WATER, 2013). Tais questões podem ter implicações na segurança de regiões que possuem tensões e conflitos.

Nesse sentido, boas práticas na gestão hídrica possibilitam lidar com o crescimento da escassez *per capita* de água, principalmente em regiões em desenvolvimento (UNESCO, 2003). A gestão dos recursos hídricos envolve os processos de captação, transporte e distribuição da água. Silva Júnior, Ferreira e Barboza (2018) destacam que para alcançar uma gestão das águas mais eficiente, bem como dimensionar sistemas de abastecimento e reaproveitamento hídrico, é necessário conhecer a demanda por água dos consumidores que fazem parte do sistema analisado.

O valor de consumo médio *per capita* de água no Brasil, de acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS (2019), é de 153,9 L/hab/dia. Na macrorregião Nordeste, o consumo médio em 2019 foi de 120,6 L/hab/dia, sendo o menor entre as macrorregiões do País. Além disso, o índice de

atendimento com redes de abastecimento de água à população nordestina foi de 73,9% em 2019, estando abaixo dos 83,7% da média nacional.

O SNIS (2019) ainda alerta para a necessidade dos locais com previsão de aumento populacional e restrições na disponibilidade hídrica, que devem tomar medidas para reduzir a tendência de aumento do consumo *per capita*. Dentre as vantagens dessa redução, além da sustentabilidade hídrica e energética com impactos ambientais positivos, está a maior durabilidade das infraestruturas físicas, como as tubulações.

A quantificação precisa da água demandada pelos consumidores necessita de muitas variáveis que afetam o consumo. De acordo com Wichowski et al. (2019), muitos métodos são usados para essa previsão do consumo, tais como: exploração estatística da tendência de consumo de água; correlação de previsões de consumo de água; e previsão do consumo de água com base em indicadores.

Metodologias como o consumo *per capita* a partir da divisão do consumo pela população total ou o isolamento de variáveis de forma experimental, podem fornecer indicadores para operação, ampliação e melhorias dos sistemas hidráulicos. Outras ainda, como a previsão de consumo através da leitura de hidrômetros (micromedição) e macromedidor proposto por Tsutiya (2005), ou consumo diário, em litros, por pessoa equivalente, definido por Nakagawa (2009), são capazes de identificar oportunidades de melhorias de forma setorizada.

A setorização é uma forma de identificar consumos excessivos nas unidades avaliadas, ou eventuais perdas e desperdícios, permitindo que medidas rápidas possam ser tomadas. Na perspectiva econômica, as perdas de água nos sistemas de abastecimento geram desperdícios dos recursos públicos. Para Andrade Sobrinho e Borja (2016), a redução dos gastos referentes às perdas físicas propiciaria maior aproveitamento do sistema existente, direcionando a aplicação dos recursos economizados para melhorias necessárias.

O conhecimento da demanda de água é um esforço que deve ser adicionado ao escopo dos projetos hidráulicos por razões de caráter ambiental, social e econômico. O seu detalhamento pode fornecer informações necessárias para a gestão mais eficiente dos fatores econômicos, técnicos, operacionais e administrativos. Além disso, Tauchen (2007) destaca que as Instituições de Ensino Superior (IES) não são restritas ao processo de ensino e formação dos estudantes,

uma vez que assumem a responsabilidade social de capacitar pessoas conscientes da necessidade de garantir a sustentabilidade às gerações futuras.

O presente trabalho tem como objetivo calcular e comparar os indicadores de consumo *per capita* do ano de 2019, para o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA) *campus* Vitória da Conquista.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Quantificar o consumo *per capita* de água no IFBA *campus* Vitória da Conquista.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar o consumo de água *per capita* no IFBA de forma categorizada por diferentes métodos;
- Comparar a aplicação de métodos de quantificação do consumo de água *per capita*;
- Propor medidas para o uso racional da água no IFBA.

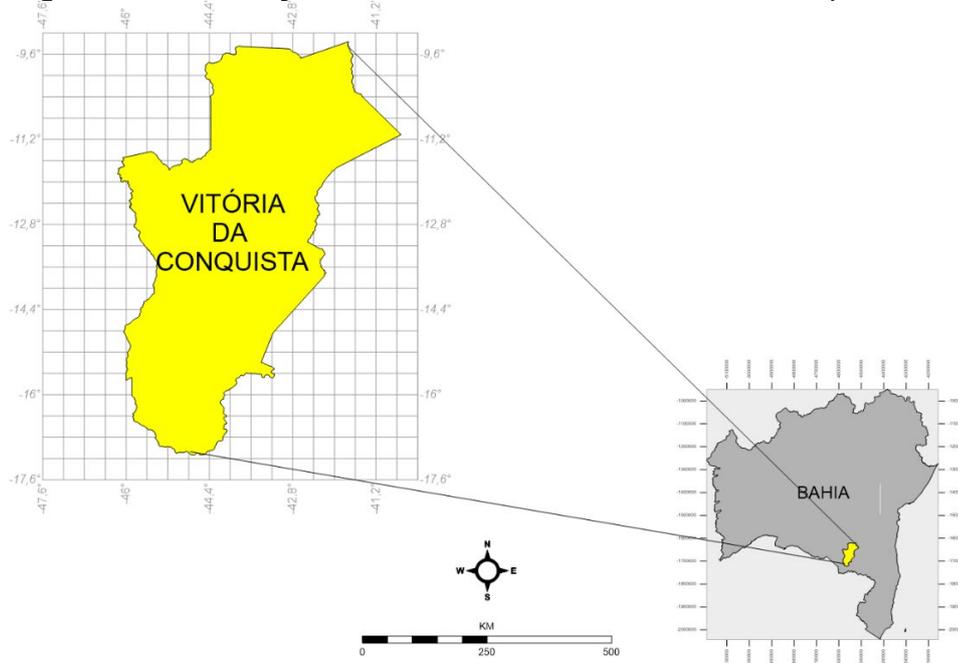
3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Vitória da Conquista, localizado na mesorregião Centro Sul do estado da Bahia, é a terceira maior cidade do estado, tendo sua sede a 929,23 m, chegando a atingir 1.100 m na Serra do Periperi (IBGE, 2017; BARRETO; VEIGA, 2019). O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) da cidade é de 0,678 (PNUD; IPEA; FJP, 2013).

Vitória da Conquista apresenta um clima tropical de altitude com uma faixa de transição entre a tipologia climática de úmido e subúmido com características de semiárido em áreas de depressão, segundo a classificação de Thornthwaite (CONCEIÇÃO et al., 2015). Sua temperatura média anual varia entre 19,6 e 24 °C (CONCEIÇÃO, 2015; SOUZA et al., 2008) e a pluviosidade da cidade é de cerca de 771 mm anuais (SOUZA, 2008). Na Figura 1 é apresentada a localização da cidade em relação ao estado da Bahia.

Figura 1 - Localização da área de estudo: Vitória da Conquista - BA



Fonte: Barreto e Veiga (2018).

O abastecimento de água da cidade é de competência da Empresa Baiana de Águas e Saneamento (Embasa), com índice de atendimento à população urbana de

cerca de 100% (IBGE, 2017). O consumo médio *per capita* de água da cidade equivale a 90,90 litros/hab./dia (SNIS, 2015).

Os altos índices também ocorrem na taxa de atendimento urbano à rede de esgoto sanitário, uma vez que a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES; 2021), em seu Ranking da Universalização do Saneamento 2021 demonstra que Vitória da Conquista possui uma taxa de cobertura urbana de cerca de 94,42% de atendimento à população.

3.2 INSTITUTO FEDERAL DA BAHIA (IFBA) *CAMPUS* VITÓRIA DA CONQUISTA

Criado pela Lei 8.711, de 28 de setembro de 1993, o Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia – CEFET-BA, foi inaugurado em Vitória da Conquista em 1996, oferecendo para o município e região uma organização institucional, com educação tecnológica profissional em vários níveis. A construção da Unidade de Ensino Descentralizada do CEFET-BA Vitória da Conquista, na década de 90, integra o Plano de Pré-Expansão da Rede CEFET na Bahia, assim como a construção de unidades em outros municípios como Barreiras, Valença e Eunápolis (AVANZO, 2015), possuindo estrutura *multicampi* com a sede em Salvador e uma unidade avançada na cidade de Simões Filho.

Em 29 de dezembro de 2008, com a criação da Lei nº 11.892, o CEFET passou a constituir a Rede Federal de Ensino Profissional, desta forma passou então à condição atual do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - IFBA. O IFBA *campus* Vitória da Conquista é uma Instituição estratégica no estado, que oferta para a região do sudoeste baiano cursos de educação tecnológica profissional em diferentes níveis do sistema educacional, ao disponibilizar ensino de qualidade, pesquisa científica e atividades de extensão, que resultam em inclusão e desenvolvimento social (IFBA, 2019).

De acordo com o IFBA (2019), o *campus* oferta os cursos técnicos de nível médio na modalidade subsequente de Informática, Edificações, Eletromecânica e Segurança do Trabalho. Na modalidade integrada os cursos de Eletromecânica, Eletrônica, Informática e Meio Ambiente.

No nível superior, oferece os cursos de graduação em Engenharia Ambiental, Engenharia Civil, Engenharia Elétrica, Licenciatura em Química e Sistemas de Informação. Além disso, oferece 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. Nas suas diversas modalidades, o *campus* conta com 1.858 estudantes, 154 professores e 87 técnicos administrativos e terceirizados.

O instituto conta com um grupo do Programa de Educação Tutorial, o PET Engenharias, composto por 14 estudantes dos cursos de Engenharia Ambiental e Engenharia Elétrica; 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.

O abastecimento de água ocorre por ligação na rede da Embasa e também por um poço de captação subterrânea, localizado no instituto. A água proveniente do poço é destinada à irrigação de áreas verdes e lavagens de veículos.

3.2.1 Caracterização dos blocos

A instituição conta com o bloco A, onde ficam os setores administrativos e a direção geral do *campus*. Além de uma copa de uso dos funcionários e uma lanchonete. O bloco B acomoda os estudantes do ensino técnico de nível médio, além de laboratório de informática, gabinetes e salas de professores, coordenações de curso, salas da EAmbJr, do grêmio estudantil e EJEEL, e assistência social.

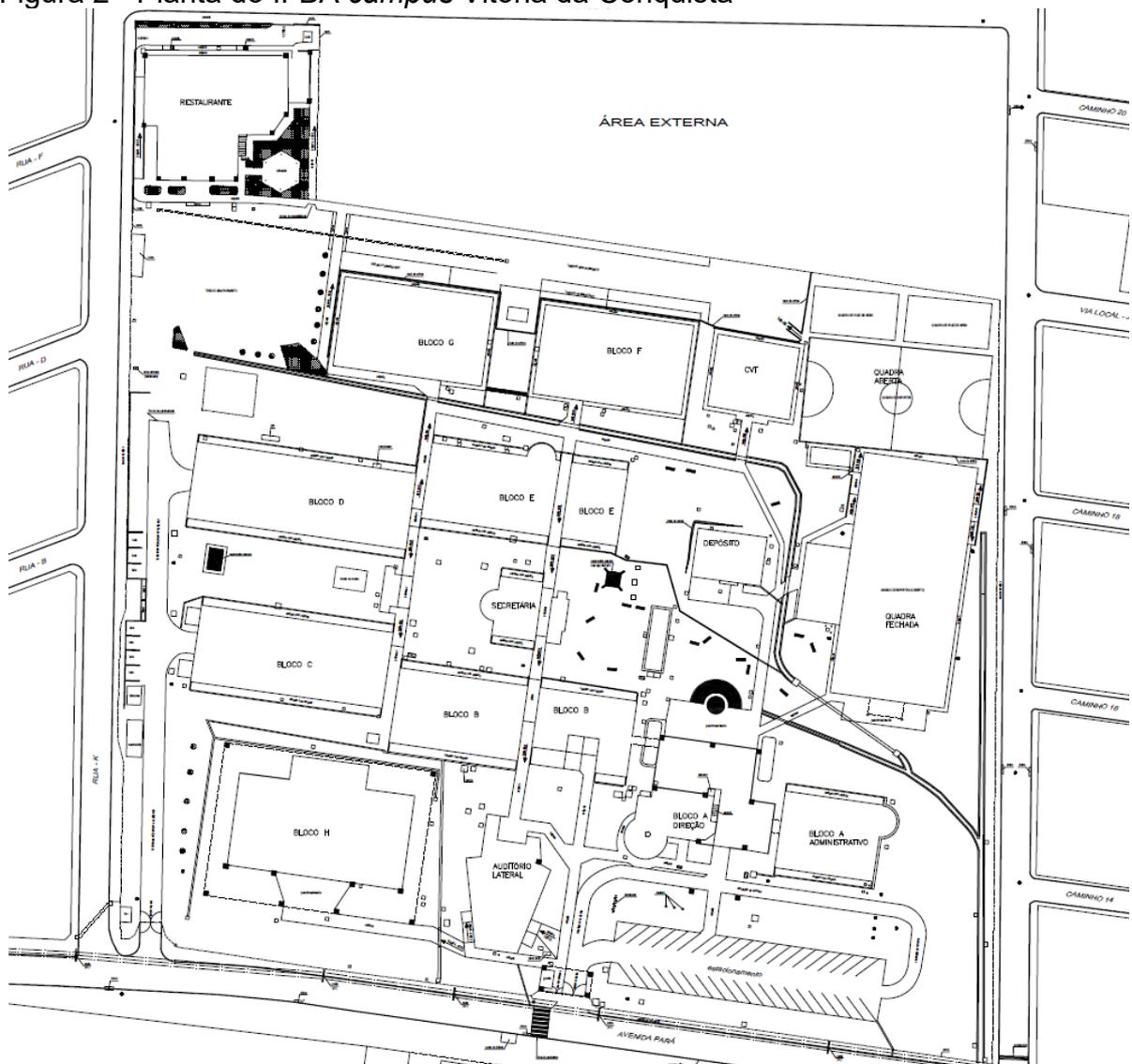
No bloco C localizam-se a biblioteca, laboratórios de informática e coordenações de curso. O bloco D comporta salas de aula, laboratórios e a sala destinada ao coral, que recebe estudantes, pais, e a comunidade local interessada em participar dos ensaios. O bloco E possui turmas dos cursos técnicos de nível médio, além de laboratórios de física e biologia.

Os blocos F e G concentravam as aulas do ensino superior até o ano de 2019, quando foi inaugurado o bloco H, que aos poucos foi aumentando sua capacidade para receber novas turmas. Atualmente, o bloco F comporta laboratórios nas áreas de elétrica, eletrônica e computação, enquanto o bloco G contém gabinetes dos professores, e de setores administrativos, além de um laboratório de robótica.

A área do Restaurante Universitário (RU) contempla, além da cozinha e área de alimentação, a sala do profissional de nutrição, Núcleo de Atendimento a Pessoas com Necessidades Educacionais Específicas (NAPNEE) e a Gestão da Assistência Estudantil (GAE).

O Centro Vocacional Tecnológico (CVT) é um bloco que contém laboratórios de informática, um auditório, salas de administração e a sala do PET Engenharias. Há também no *campus* um espaço reservado à secretaria, adjacente à enfermaria e atendimento psicológico. A instituição ainda conta com um auditório principal, depósitos, e três quadras: uma quadra poliesportiva, uma quadra aberta e uma quadra de areia. O IFBA possui entre as áreas comuns uma cantina, um quiosque e alguns espaços de convivência próximos aos blocos. Além disso, o IFBA possui uma secretaria acadêmica, estacionamento e uma guarita, conforme Figura 2, que ilustra a planta do IFBA em relação à sua localização e arranjo dos blocos.

Figura 2 - Planta do IFBA *campus* Vitória da Conquista



Fonte: IFBA (2020)

Em geral, os blocos do instituto possuem estrutura arquitetônica similar a uma escola técnica, inserida na malha urbana, conforme verificado por Avanzo (2015) no IFBA *campus* Barreiras, que possui estrutura similar ao de Vitória da Conquista. Além disso, a repetição nos padrões do pavilhão demonstra a necessidade de usar o recurso de forma rápida, optando-se pela repetição de um padrão existente para agilizar o processo de implantação (AVANZO, 2015). O bloco H, inaugurado em 2019, é o bloco mais alto, contendo 5 pavimentos, almejando atender às novas demandas de expansão das atividades de ensino.

3.2.2 Sistema alimentício

O Programa de Assistência e Apoio ao Estudante (PAAE), é um programa de caráter seletivo, destinado aos estudantes em comprovada situação de vulnerabilidade social, que tem o intuito de garantir o acesso, a permanência e a conclusão do curso dos estudantes do IFBA. Segundo o IFBA (2020), o programa visa a inclusão social, a formação plena, a produção de conhecimento, a melhoria de desempenho acadêmico e o bem-estar biopsicossocial.

O auxílio-alimentação, ofertado pelo PAAE, oferece uma refeição diária completa e balanceada (almoço ou jantar) ao estudante durante o período de vigência do auxílio, com acompanhamento nutricional disponível no refeitório do IFBA. Os estudantes contemplados com auxílio-alimentação que não usufruem regularmente do serviço, apresentando faltas consecutivas, são convocados pelo Serviço Social para justificar suas ausências, podendo ter o auxílio cancelado (IFBA, 2020).

Até 2017, os estudantes que possuíam auxílio-alimentação, alimentavam-se na cantina, compartilhando o espaço destinado a uma empresa terceirizada, e que conta com grande fluxo de comensais: estudantes, professores e funcionários como consumidores potenciais. Nesse ano, o RU foi inaugurado, e os estudantes contemplados com o auxílio destinaram-se para este local, enquanto a cantina segue prestando serviços de lanchonete e restaurante.

3.3 CONSUMO DE ÁGUA NAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO

A falta de dados referentes ao uso de água em edifícios não residenciais, principalmente públicos resultam em dificuldades de comparação com padrões teóricos de consumo (FARINA et al., 2013). Os edifícios como as IES são locais estratégicos para projetos de análise de conservação da água porque possuem alta concentração de consumo, onde cada intervenção pode ter efeitos proporcionais e significativos; e possuem alta concentração de pessoas.

Como esforço para conservação e uso racional da água de abastecimento público, o Ministério do Planejamento e Orçamento, em 1997 instituiu o Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA). Tendo como objetivos específicos, conforme Brasil (2015), definir e implementar um conjunto de ações e instrumentos tecnológicos, normativos, econômicos e institucionais, concorrentes para uma efetiva economia dos volumes de água para consumo nas áreas urbanas.

Dentre as publicações, o PNCDA possui uma série de Documentos Técnicos de Apoio (DTA) às atividades do Programa, nas áreas de planejamento das ações de conservação, de tecnologia dos sistemas públicos de abastecimento de água e de tecnologia dos sistemas prediais de água e esgoto.

Gonçalves et al. (1999), no DTA B3, afirmam que a população dos edifícios pode ser dividida em população fixa, composta pelo número médio de pessoas que permanecem no edifício 8 ou mais horas por dia; e população flutuante, obtida do número de visitantes que passam um curto período do dia no edifício.

Em locais onde não há padronização de horários, como unidades universitárias, cada estudante apresenta uma taxa de permanência variável na instituição, que influencia no comportamento de consumo de água (NAKAGAWA, 2009).

Cazaes et al. (2019) avaliaram a conservação de água em edificações universitárias e destacaram que as práticas intensivas de monitoramento do consumo de água provocam a conservação predial. Na Universidade Federal da Bahia - UFBA, entre 1999 e 2000, o consumo *per capita* bruto atingia valor superior a 35 L/(hab.dia)¹, e em 2017 tornou-se inferior a 20 L/(hab.dia)⁻¹, resultado de uma série de trabalhos como o programa ÁGUAPURA - Programa de Uso Racional de Água da UFBA (NAKAGAWA, 2009; CAZAES et al., 2019).

O desenvolvimento de Programas de Uso Racional de Água (PURA) em universidades brasileiras e estrangeiras apresentam significativas reduções da

demanda água dos *campi*, sem implicar em grandes modificações na forma de utilização pelos usuários (MENDES, 2006). O foco destes programas, como destaca Mendes (2006) é eliminar principalmente as perdas no sistema, como vazamentos, e a adoção de sistemas economizadores de água, embora o papel dos usuários também seja muito importante.

Tomaz (2000) compilou dados referentes à demanda por água por atividades nas diversas categorias de consumo para planejamento, projeto, execução de obras e na manutenção de instalações prediais. Os valores médios de consumo para instituições de ensino e serviços educacionais são expressos na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores médios de consumo de água em atividades de ensino

Discriminação	Unidades	Valores
Escola com cafeteria, ginásio e chuveiros	Litros/dia/estudante	95
Escola-internato	Litros/dia/estudante	284
Escolas	Litros/dia/empregado	740
Escolas	Litros/dia/estudante	57
Escolas (de um turno)	Litros/dia/estudante	10 a 30
Escolas e serviços educacionais	Litros/dia/empregado	615
Escolas e Universidades	Litros/dia/empregado	210
Escolas, externatos	Litros/dia/estudante	50
Escolas, internatos	Litros/dia/ <i>per capita</i>	150
Escolas, semi-internatos	Litros/dia/estudante	100
Escolas-externatos	Litros/dia/ <i>per capita</i>	50
Escolas-internatos e creches	Litros/dia/ <i>per capita</i>	100
Serviços educacionais	Litros/dia/empregado	442
Universidades	Litros/dia/empregado	477

Fonte: Tomaz (2000) - Adaptado.

Ao analisar a viabilidade de sistemas de aproveitamento de água de chuva no IFBA *campus* Vitória da Conquista, Almeida (2021) aplicou a metodologia de Nakagawa (2009), e normalizou a população flutuante do instituto para usuários com carga horária de 8 horas, calculando o consumo *per capita* equivalente a 22 L/hab/dia. Outros trabalhos utilizaram essa ferramenta para calcular o consumo médio *per capita* diário, conforme expresso na Tabela 2.

Tabela 2 - Média mensal do consumo diário e por consumidor equivalente na bibliografia

Unidade de ensino	População Consumidora Equivalente	Consumo per capita (L hab⁻¹ dia⁻¹)
Escola de Administração (UFBA) ¹	849	9,4
Escola Politécnica (UFBA) ¹	1.415	9,9
Faculdade de Arquitetura (UFBA) ¹	485	16,5
IFBA <i>campus</i> Vitória da Conquista ²	725	22
UFAL <i>campus</i> A.C. Simões ³	20.202	33,14
Campus Novo (UEM) ⁴	10.452	46,48
Campus Velho (UEM) ⁴	2.104	55,66
Garagem (UEM) ⁴	250	44,91
<i>Campi</i> da UFBA em Salvador ⁵	12.821	30

Fontes: Cazaes et al. (2019)¹; Almeida (2021)²; Silva Júnior et al. (2018)³; Pereira et al. (2015)⁴; Nakagawa (2009)⁵.

Para áreas de consumo especial como o restaurante, Souza et al. (2012) estimaram que o resultante do coeficiente de correlação que mais se ajustou entre o número de refeições servidas e o consumo médio mensal de água ficou em 11 litros de água por refeição em 12 estabelecimentos na cidade de Cascavel - PR. Por sua vez, Araújo (2018) também estimou a taxa unitária de consumo de água por refeição em 11 L/unidade no RU do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Roraima, em Boa Vista.

Tesche (2016) afirma que o consumo de água no refeitório reduz com o aumento do número de refeições servidas, uma vez que grande parte do consumo de água é fixa e utilizada na limpeza do refeitório, independentemente das refeições servidas. Na Tabela 3 são apresentados os valores de consumo de água por refeição em diferentes estudos.

Tabela 3 - Consumo de água por refeição na bibliografia

Número médio de refeições	Consumo de água (L/refeição)
1.746	17,25
3.448,75	10,99
4.400	11
-	25

Fontes: Araújo (2018), Souza et al. (2012), Souza et al. (2020), Creder (1976).

3.3.1 Metodologias de cálculo

Wichowski et al. (2019) descrevem a exploração estatística da tendência de consumo de água como um método baseado em previsões do consumo futuro de água usando os dados do passado através da extrapolação de variáveis por meio de certas funções.

A correlação de previsões de consumo de água é descrita como um método que se baseia em um conjunto de dados e funções matemáticas, que geram um gráfico de correlação através do método dos mínimos quadrados. Enquanto a previsão do consumo de água com base em indicadores utiliza indicadores de consumo de água para grupos individuais de consumidores de água a partir do fornecimento de água (WICHOWSKI et al., 2019).

A exploração estatística da tendência de consumo de água e a correlação de previsões de consumo de água são métodos que, segundo Wichowski (2019), exigem o acesso a uma ampla quantidade de informações por muitos anos. Tais informações são estatisticamente analisadas com o auxílio de *softwares*. O monitoramento contínuo das redes de dutos contribui para a criação de bases de dados empíricas, permitindo modelagens e processamentos numéricos mais precisos.

O método dos indicadores é considerado mais simples por utilizar padrões médios de consumo de água para consumidores individuais, através de unidades de referência pré-estabelecidas.

Gonçalves et al. (1999) sugerem a determinação do índice de consumo para algumas tipologias de edifício: restaurantes (número de refeições), escolas (número de estudantes matriculados), hotéis (número de hóspedes), lavanderia (Kg de roupa seca), laboratório (número de procedimentos). Para além, utilizam equações para o cálculo de consumo mensal de água de referência conforme Tabela 4:

Tabela 4 - Equações para o cálculo de consumo mensal de água de referência

Clubes esportivos	$C_m = 26 \text{ NC}$
Edifícios comerciais	$C_m = 0,08 \text{ AC}$
Escolas de 1º e 2º graus	$0,05 \text{ AC} + 0,1 \text{ V} + 0,7 \text{ F} + 20$
Escolas de nível superior	$C_m = 0,03 \text{ AC} + 0,7 \text{ F} + 0,8 \text{ BS} + 50$
Creches	$C_m = 3,8 \text{ F} + 10$
Hospitais	$C_m = 2,9 \text{ F} + 11,8 \text{ BS} + 2,5 \text{ L} + 280$

Hotéis (5, 4 e 3 estrelas)	$C_m = 6,4 \text{ BH} + 2,6 \text{ L} + 400$
Hotéis (não estrelados)	$C_m = 3,1 \text{ BH} + 3,1 \text{ L} - 40$
Lavanderias industriais	$C_m = 0,02 \times \text{Kg de roupa/mês}$
Restaurantes	$C_m = 7,5 \text{ F} + 8,4 \text{ BS}$

Fonte: Gonçalves et al. (1999) - Adaptado

Onde:

C_m = consumo mensal de água (m^3);

NC = número de chuveiros;

AC = área construída (m^2);

V = número de vagas;

F = número de funcionários;

BH = número de banheiros;

BS = número de bacia sanitárias;

L = número de leitos.

3.3.2 População Equivalente (PE)

Nakagawa (2009) adapta uma metodologia de cálculo para População Equivalente (PE), em que classifica o usuário integral como aquele que passa 8 horas/dia, durante 5 dias/semana no local. O objetivo dessa informação é padronizar a população de diferentes unidades consumidora, facilitando a comparação do desempenho em relação ao consumo de água naquelas unidades com a mesma tipologia de consumo.

Na metodologia de Nakagawa, o cálculo da PE se inicia pela classificação dos diferentes tipos de usuários e pelo peso relativo atribuído a cada um. Dessa forma, consideram-se estudantes de graduação, pós-graduação, professores de 20 e 40 horas, técnicos e funcionários, pessoal de cantina e terceirizados (como administrativos e vigilantes) conforme Tabela 5.

Tabela 5 - Elementos identificados na universidade para a composição da população equivalente com os respectivos pesos.

	PESO
Estudantes Graduação	0,75
Estudantes Pós-Graduação	0,25
Técnicos Administrativos 20h	0,50
Técnicos Administrativos 24h	0,60
Técnicos Administrativos 30h	0,75
Técnicos Administrativos 40h	1,0
Portaria / Segurança	1,5
Limpeza	1,0
Terceirizados	1,0
Professores 40h	1,0
Professores 20h	0,5
Professores 14h	0,35
Funcionários da cantina - 8 h/dia	1,0
Funcionários da cantina - 10 h/dia	1,25
Funcionários da cantina - 12 h/dia	1,5
Funcionários da cantina - 14 h/dia	1,75
Outros	1,0
Atendimento ao público - 3 h/dia	0,375
Atendimento ao público - 2 h/dia	0,25
Estágios/pesquisas	0,5
Visitante de museu	0,125
Estudantes da Oficina	0,15

Fonte: Nakagawa (2009) – Adaptado.

Para a coleta de informações dos estudantes de graduação são reunidos dados sobre o número de estudantes matriculados por turma e por turno, na faculdade. Em seguida, faz-se uma distribuição temporal dos estudantes ao longo de todas as horas do dia com os dias da semana. As populações de cada faixa de horário (intervalo de 2 em 2 horas) são normalizadas para uma população equivalente a 8 horas/dia, considerando-se como unidade individual de consumo de água o fator pessoa x hora.

Assim, considera-se, por exemplo, que dois estudantes permanecendo duas horas – fator estudante x hora = 4 – tem o mesmo efeito sobre o consumo que 4 estudantes permanecendo 1 hora, ou 1 estudante permanecendo 4 horas.

Depois de obtida a população equivalente dos estudantes de graduação, aplica-se um fator de frequência nas salas de aula, sendo a frequência mínima por estudante, por disciplina, para não ser reprovado por falta, ou a média de frequência.

Já para os estudantes de pós-graduação (especialização, mestrado e doutorado) a contagem é feita pelo número de estudantes matriculados do curso, considerando que os cursos possuem cargas horárias similares e que seu consumo é pequeno em relação aos estudantes de graduação. Os mesmos critérios adotados para o fator de frequência dos estudantes de graduação podem ser aplicados para essa situação.

O fator de permanência na instituição também é adotado para os demais usuários do local, como corpo docente, técnicos administrativos, terceirizados, cantina, visitantes e outros.

3.3.3 Consumo médio *per capita* de água - SNIS

O consumo médio *per capita* de água é um indicador definido pelo SNIS como o volume de água consumido, excluído o volume de água exportado, dividido pela média aritmética, dos dois últimos anos de coleta da população atendida com abastecimento de água. Ou seja, é a média diária, por indivíduo, dos volumes utilizados para satisfazer os consumos domésticos, comercial, público e industrial. O SNIS (2016) calcula o indicador a partir das variáveis:

$$\text{Consumo médio per capita de água} = \frac{AG010 - AG019}{AG001} \cdot \frac{1.000.000}{365}$$

Em que:

Consumo médio *per capita* de água (L/hab/dia);

AG001: População total atendida com abastecimento de água (utiliza-se a média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior ao mesmo);

AG010: Volume de água consumido;

AG019: Volume de água tratada exportado.

O SNIS (2016) define o volume de água tratada exportado como o volume anual de água potável, previamente tratada (em ETA(s) em UTS(s)), transferido para outros agentes distribuidores.

3.3.3 Consumo efetivo *per capita* e consumo *per capita* a partir da leitura dos hidrômetros

Tsutiya (2005) afirma que o consumo no período por tipo de economia (domiciliar, industrial, comercial e público) e o número de cada tipo de economia (permitindo quantificar o número de habitantes e o índice de atendimento) são de interesse na avaliação do consumo médio de água por habitante. Podendo ser expressa pela relação:

$$q_e = \frac{V_c}{NE \cdot ND \cdot NH/L}$$

Onde:

q_e : consumo efetivo *per capita* de água;

V_c : volume consumido medido pelos hidrômetros;

NE: número médio de economias;

ND: número de dias da medição pelos hidrômetros;

NH/L: número de habitantes por ligação

As economias são definidas pelo SNIS (2016) como sendo moradias, apartamentos, unidades comerciais, salas de escritório, indústrias, órgãos públicos e similares, existentes numa determinada edificação, que são atendidos pelos serviços de abastecimento de água e/ou de esgotamento sanitário.

Incorporando-se as perdas de água do sistema de abastecimento ao consumo efetivo *per capita*, observa-se:

$$q = \frac{q_e}{1 - I}$$

Onde:

q: consumo *per capita* de água;

I: índice de perdas

O índice de perdas pode ser, conforme fixa Tsutiya (2005), como meta (por exemplo, 20%), não utilizando valores atuais, por serem normalmente maiores.

3.3.4 Fatores de Pico

A variabilidade anual do consumo de água é caracterizada por um fator de pico diário expresso pela equação:

$$N_d = \frac{Q_{dmax}}{Q_{da}}$$

Em que:

N_d : fator de pico por dia de demanda hídrica;

Q_{dmax} : máxima demanda diária de água no período analisado (m³/dia);

Q_{da} : demanda média diária de água no período analisado (m³/dia).

A variabilidade diária do consumo de água é caracterizada por um fator de pico por hora. Sendo determinado pelo dia com a maior demanda diária de água e definido pela equação:

$$N_h = \frac{Q_{hmax} \cdot 24}{Q_{dmax}}$$

Em que:

N_h : fator de pico por hora de demanda hídrica

Q_{hmax} : máxima demanda de água por hora com a máxima demanda diária (m³/h).

4 METODOLOGIA

O presente trabalho é uma pesquisa descritiva, identificando as relações entre as variáveis apresentadas. Foi utilizada uma base documental quantitativa para uma análise teórico-empírica da aplicação de metodologias de consumo *per capita* de água. Sua natureza é, portanto, quantitativa, uma vez que se vale da representatividade numérica para aprofundar a compreensão de fenômenos e a sua caracterização.

A área de estudo foi o IFBA *campus* Vitória da Conquista, no sudoeste da Bahia. Para quantificar a demanda de água, foram revistas as faturas do consumo de água do período entre janeiro de 2019 e setembro de 2020.

As secretarias responsáveis pelos diferentes usuários foram consultadas a fim de conhecer a população existente no *campus*, obtendo os números de docentes e demais técnicos administrativos, estudantes de graduação e pós-graduação, separados por curso ou departamento.

Para análise de tendência de consumo, utilizou-se o teste estatístico Mann-Kendall, que é amplamente utilizado em testes de tendência temporais, como séries temporais de temperatura, precipitação, vazão e qualidade de água (HAMED, 2009), com a equação que se segue (BURN; ELNUR, 2002):

$$S = \sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=i-1}^n \text{Sgn}(X_j - X_i)$$

Onde X_i e X_j são valores sequenciais, n é o tamanho da série de dados e:

$$\text{Sgn}(\theta) = \begin{cases} +1 & \text{se } \theta > 0 \\ 0 & \text{se } \theta = 0 \\ -1 & \text{se } \theta < 0 \end{cases}$$

Um valor de S negativo indica tendência de redução, já um valor positivo de S indica tendência de aumento, enquanto $S = 0$ indica ausência de tendência. O teste de Mann-Kendall possui dois parâmetros importantes para a análise de tendência: o nível de significância α que indica a força da tendência e a declividade β que indica a

direção, bem como a magnitude da tendência. A declividade é determinada por Hirsch et al. (1982 apud BURN; ELNUR, 2002, p. 109) conforme equação a seguir:

$$\beta = \text{Mediana} \left[\frac{(X_j - X_i)}{(j - i)} \right] \text{ para todos os } i < j$$

A aplicação das equações foi realizada com o auxílio do *software* de código aberto RStudio em sua versão 2022.02.0. Foi utilizado o pacote “trend”, em sua versão 1.1.4, desenvolvido por Thorsten Pohlert, sendo utilizado para testes de tendência não paramétricos e detecção de pontos de mudança.

Comparou-se métodos de obtenção do consumo de água *per capita*, com o intuito de mitigar as lacunas presentes em cada um dos métodos, obtendo uma caracterização mais assertiva desse parâmetro. Dentre eles, o método de Nakagawa foi aplicado para a obtenção das Populações Equivalentes e as suas demandas por água. Sendo que:

$$PE_G = \sum_{n=1}^1 \frac{T_n \cdot ES_n \cdot Fr_n \cdot HS_n}{8 \cdot 5}$$

$$PE_P = \sum_{m=1}^1 \frac{Pr_m \cdot Fr_m \cdot CH_m}{8 \cdot 5}$$

$$PE_F = \sum_{p=1}^1 \frac{Fc_p \cdot Fr_p \cdot CH_p}{8 \cdot 5}$$

$$PE_T = PE_G + PE_P + PE_F$$

Em que, PE_G representa a população equivalente dos estudantes de graduação, PE_P professores e PE_F funcionários. Ainda, n é o índice relativo à turma, T_n é o número de turmas n , HS_n são as horas-aula semanais e CH é a carga-horária dos professores e funcionários. ES_n corresponde ao número de estudantes matriculados por turma, Pr corresponde à quantidade de professores e Fc corresponde ao número de funcionários.

O cálculo da População Equivalente do auditório, para mensuração dos visitantes, foi realizado com a agenda de reserva do espaço e a lista de presença nos eventos, disponibilizada pelo setor audiovisual do *campus*.

É necessário considerar também o consumo especial, definido aqui como o consumo que não depende diretamente da população do *campus*, como o consumo do refeitório, consumo dos destiladores e as perdas físicas com vazamentos.

Para estimar o consumo de água no RU, foi utilizado o número de refeições diárias que, para Beal e Santos (2012) e Souza et al. (2012), é a correlação que melhor estima o consumo de água em restaurantes. Adotou-se o funcionamento de segunda a sexta (22 dias/mês), e o valor base utilizado corresponde a 11 litros de água por refeição. Já para os lanches, adotou-se uma média de 7 litros/refeição. Além disso, devido às condições de permanência no auxílio-alimentação, a frequência considerada foi de 90%.

O método utilizado para o cálculo de perdas físicas consistiu em calcular o volume de água que o reservatório (de dimensões 1,30 x 2,70 m) perde pelo rebaixamento do nível da água, com a bomba desligada em um período de 14 horas. O volume de perdas encontrado foi distribuído entre os blocos de forma proporcional à sua área construída.

Assim, o indicador de consumo do IFBA e a demanda de água por prédio foram calculados conforme as equações:

$$C = \frac{C_t}{PE}$$

$$D_i = C \cdot PE_i - C_E$$

Em que C é o indicador de consumo, C_t é o consumo médio mensal de água, C_E é o somatório dos consumos especiais, PE é a população consumidora equivalente, D é a demanda predial e i é o índice do cálculo.

Aplicou-se também o método de Tsutiya, para determinação do consumo efetivo *per capita* a partir da leitura dos hidrômetros. Para tanto, foram consideradas como economias as salas de aula, laboratórios e escritórios.

O número de consumidores por ligação foi calculado a partir da média de estudantes nas disciplinas do ensino superior e ensino médio, acrescidos de um professor. Nos escritórios, utilizou-se 2 pessoas por escritório. A média desses

valores, assim como o somatório do número de economias, compuseram o cálculo do consumo efetivo *per capita*. A partir do consumo efetivo, aplicou-se o índice de perdas de 20% sugerido pelo autor, para encontrar o consumo *per capita*.

O último método aplicado considera a pausa nas atividades acadêmicas e a continuidade das atividades administrativas no ano de 2020, devido ao período de pandemia causado pelo coronavírus (COVID-19). Dessa forma, foi possível comparar a demanda de água no período com presença de estudantes e professores, e o período sem eles, isolando o consumo do setor administrativo e manutenção do espaço. Entretanto, devido às obras realizadas no instituto a partir do mês de setembro/2020, o período de comparação entre os anos foi reduzido aos meses entre abril e agosto.

Após a síntese dos resultados, foram sugeridas ações a partir das necessidades evidenciadas durante a aplicação das metodologias de cálculo. Entre elas, utilizou-se o Diagrama de Pareto para organizar os dados e avaliar os pontos mais importantes a serem monitorados. O gráfico de Pareto é uma ferramenta da qualidade empregada para analisar possíveis problemas e sugerir soluções, tornando a análise mais fácil, uma vez que os dados ficam dispostos de forma gráfica e estatística (LUCENA, MARTINS; 2016). Os valores utilizados referem-se aos consumos mensais por blocos previstos pela metodologia das Populações Equivalentes, excetuando-se as perdas físicas, uma vez que sua distribuição por blocos não é precisa.

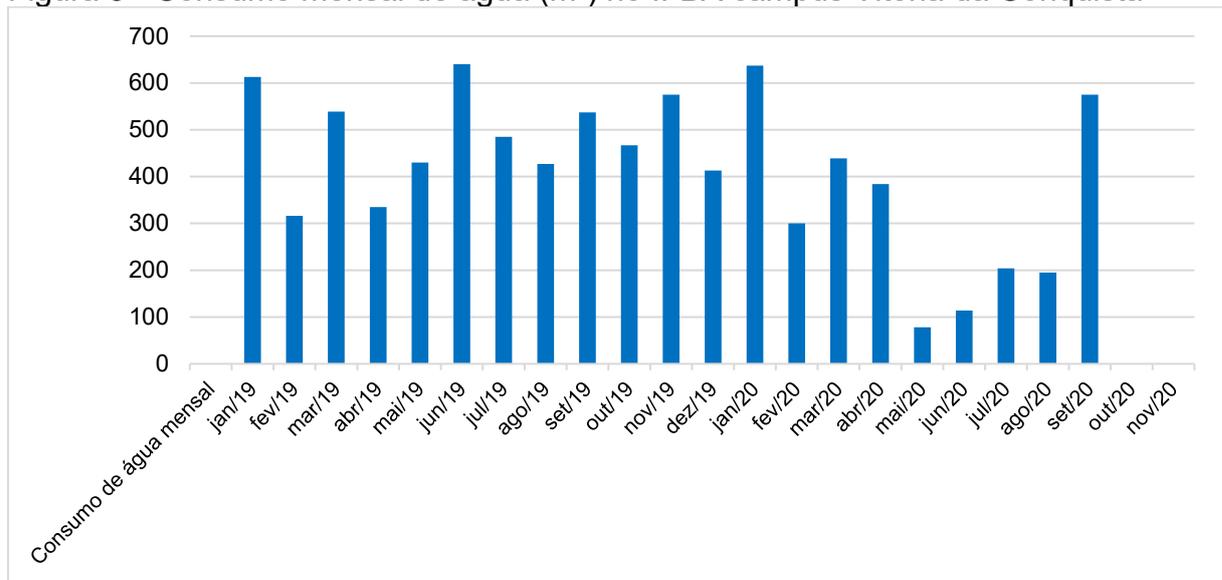
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CONSUMO *PER CAPITA* BRUTO

Da aplicação da equação sugerida por Gonçalves et al. (1999) para obtenção do consumo de água em escolas de nível superior como o IFBA, usando como referência 14.400 m² de área construída, 92 bacias sanitárias e 241 funcionários incluindo professores, técnicos administrativos e terceirizados, obteve-se 724,3 m³/mês ou 24,1 m³/dia.

Para comparação, foram utilizadas as leituras mensais do consumo de água através das faturas da concessionária entre janeiro de 2019 e setembro de 2020 conforme Figura 3:

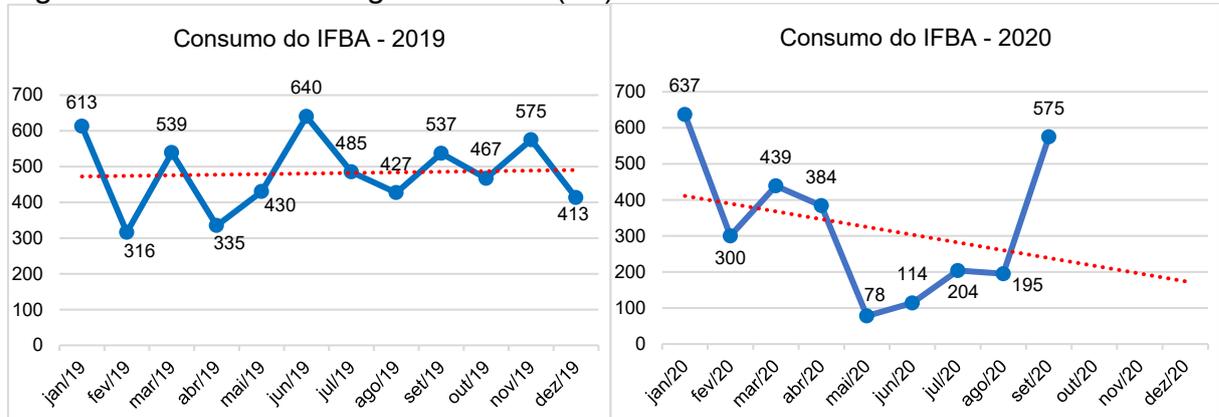
Figura 3 - Consumo mensal de água (m³) no IFBA campus Vitória da Conquista



Fonte: autoria própria.

Na Figura 4, são apresentados graficamente os consumos mensais em m³, separados por ano:

Figura 4 - Consumo de Água no IFBA (m³)



Fonte: autoria própria.

O teste estatístico de Mann-Kendall foi aplicado para os anos de 2019 e 2020 a fim de verificar a tendência da série de dados. Para o ano de 2019, o valor de S foi equivalente a $S = 0$, o que indica ausência de tendência. Já para o ano de 2020, a significância foi equivalente a $S = -8,00$, indicando uma tendência de diminuição.

O ano de 2020 foi atípico em decorrência da pandemia por COVID-19, o que provocou redução do consumo após o mês de março de 2020. Portanto, para a comparação com o consumo calculado pela equação de Gonçalves et al. (1999), foram utilizados apenas valores do ano de 2019, que possui média mensal equivalente a 481,42 m³/mês. Nesse sentido, o valor medido nos hidrômetros foi 34% menor que o valor estimado pela equação de Gonçalves, o que indica a possibilidade de um superdimensionamento do sistema hidráulico.

O maior dimensionamento se justifica ao considerar que o Bloco H foi inaugurado em 2019 com o objetivo de expandir gradualmente as atividades de ensino, aumentando a capacidade para atender mais estudantes e funcionários.

É importante destacar que, após a saída dos estudantes em 2020, foram iniciadas obras de melhorias na infraestrutura do instituto, significando o aumento no consumo de água registrado nesse ano.

É possível, através do levantamento de consumo, estimar de forma simplificada o consumo *per capita* através da divisão pela população fixa consumidora (estudantes). Dessa forma, obtém-se um consumo médio *per capita* em 2019 equivalente a 0,25 m³/mês ou 8,31 L/dia.

Esse resultado representa apenas 16,6 % do valor normalmente utilizado para calcular a demanda de água desse tipo de edificação, que é de 50 L/dia/estudante (TOMAZ, 2000). Sendo também menor que instituições como a UFBA (20 L hab⁻¹ dia⁻¹) e a UFAL (10,96 litros/dia/pessoa) (CAZAES, 2019; ALCÂNTARA JÚNIOR, 2016). Tais diferenças permitem inferir a presença e uso mais acentuado de equipamentos com alto consumo de água, como destiladores nos laboratórios ou ainda, grande potencial de redução nas unidades estudadas, quer sejam por vazamentos ou comportamentos de consumo.

Essa metodologia, entretanto, não considera unidades consumidoras que apresentam população flutuante, ou seja, com horário não contínuo, como as universidades.

5.2 POPULAÇÃO EQUIVALENTE (PE)

Para Nakagawa (2009), para a determinação do indicador de consumo de água é necessário que se considere a taxa de permanência variável, que influencia no comportamento consumidor de água da população da unidade.

Para encontrar a PE, considerando o usuário integral aquele que passa 8 horas/dia, durante 5 dias/semana na unidade consumidora, foi necessário, inicialmente, classificar os diferentes tipos de usuários e atribuir pesos relativos a cada um. Dessa forma, considerou-se a população acadêmica como composta por professores, estudantes de graduação, estudantes de ensino médio, visitantes, técnicos administrativos e terceirizados.

5.2.1 Estudantes de graduação

O consumo dos 1.441 estudantes de graduação foi calculado considerando o tempo de permanência por meio do horário, local de aula e número de alunos por turma. Os dados foram agrupados conforme Figura 5.

Figura 5 - Planilha de dados das disciplinas da graduação (exemplo).

Disciplina	Turma	Código	Total alunos	Bloco	Tempo (Hr aula)	Início	Fim	Dia	Início2	Fim2	Dia2
ADMINISTRAÇÃO	TA1	ADMV01	33	H	3	15:30	18:10	SEGUNDA			
ADMINISTRAÇÃO	TE1	ADMV01	27	H	3	7:10	9:40	TERÇA			
ORGANIZAÇÃO, SISTEMAS E MÉTODOS	TI1	ADMV02	13	H	4	16:40	18:20	SEGUNDA	16:40	18:20	QUARTA
ORÇAMENTO DE OBRAS	TC1	ADMV05	23	H	4	16:20	18:20	TERÇA	14:40	16:20	QUINTA
ADMINISTRAÇÃO	TI1	ADMV06	14	H	2	16:40	18:20	SEGUNDA	16:40	18:20	QUARTA
EMPREENDEDORISMO	TI1	ADMV07	31	H	4	18:00	22:00				
GESTÃO DA QUALIDADE	TC1	ADMV08	17	H	3	8:00	10:30	QUARTA			
INTRODUÇÃO À ENGENHARIA AMBIENTAL	TA1	AMBV01	39	H	2	8:50	10:30	QUINTA			
QUÍMICA GERAL	TA1	AMBV03	43	H	4	8:50	10:30	SEGUNDA	10:50	12:30	QUARTA
QUÍMICA GERAL	TC1	AMBV03	35	H	4	16:40	18:20	TERÇA	16:40	18:20	QUINTA
SOLOS I	TA1	AMBV07	12	H	4	10:50	12:30	SEGUNDA	13:50	15:30	QUARTA
DESENHO TÉCNICO	TA1	AMBV08	9	LAB (H)	4	8:50	12:30	TERÇA			
TOPOGRAFIA	TA1	AMBV09	46	H	5	8:50	10:30	SEGUNDA	8:50	11:40	QUINTA
MICROBIOLOGIA	TA1	AMBV10	35	H	4	7:00	8:50	SEGUNDA	7:00	8:50	QUINTA

Fonte: autoria própria.

Com as informações da planilha, fez-se o levantamento das aulas por bloco e a distribuição temporal dos estudantes ao longo dos dias da semana, conforme Tabela 6, considerando quantos estudantes simultâneos se localizam nos blocos.

Tabela 6 - Distribuição temporal dos estudantes no Bloco H

Unidade: Bloco H									
	7 às 9	9 às 11	11 às 13	13 às 15	15 às 17	17 às 19	19 às 21	21 às 23	Total estudantes
Segunda	641	537	193	446	473	386	284	245	3205
Terça	384	440	201	448	629	418	165	105	2790
Quarta	579	542	274	458	552	535	313	293	3546
Quinta	427	441	214	522	468	334	187	169	2762
Sexta	141	257	186	355	329	322	156	125	1871
Sábado	25	8	0	50	50	15	0	0	148

Fonte: autoria própria.

As populações de cada intervalo fixo foram normalizadas para a população equivalente de 8 horas/dia. Tem-se nesse formato, por exemplo, dois alunos permanecendo duas horas (fator aluno x hora = 4) equivalente a quatro alunos permanecendo uma hora (fator aluno x hora = 4).

Em seguida, adotou-se uma taxa de frequência de 75%, que é a frequência mínima exigida pelo instituto para não reprovação por falta nas disciplinas, conforme Tabela 7. Além disso, foi considerado para os estudantes membros das empresas juniores e do PET, um tempo de permanência de 5 horas semanais em suas respectivas salas.

Tabela 7 - População Equivalente dos estudantes de graduação no Bloco H

Unidade: Bloco H										
	7 às 9	9 às 11	11 às 13	13 às 15	15 às 17	17 às 19	19 às 21	21 às 23	Total estudantes	PE/dia
Segunda	641	537	193	446	473	386	284	245	3205	801
Terça	384	440	201	448	629	418	165	105	2790	698
Quarta	579	542	274	458	552	535	313	293	3546	887
Quinta	427	441	214	522	468	334	187	169	2762	691
Sexta	141	257	186	355	329	322	156	125	1871	468
Sábado	25	8	0	50	50	15	0	0	148	37
Horas/dia	2	2	2	2	2	2	2	2		
									População Equivalente	716
									PE x Frequência	537

Fonte: autoria própria.

5.2.2 Estudantes de ensino médio

Semelhante ao ensino superior, foram coletadas informações da Carga Horária (CH), número de estudantes e localização no *campus* para cursos na modalidade integrada de Eletromecânica, Eletrônica, Informática e Meio Ambiente. Os dados foram tabulados conforme Figura 6.

Figura 6 - Planilha de dados das disciplinas do ensino médio (exemplo).

Curso	Série	Código	Disciplina	CH	Estudantes	Bloco
	1 SÉRIE	ART55111	ARTES (MEC)	60	42	B
		DES55111	DESENHO TÉCNICO (MEC)	60	42	B
		EDF55111	EDUCAÇÃO FÍSICA (MEC)	60	42	C
		ELB52111	Eletricidade	60	42	B
		FIL55111	FILOSOFIA	30	42	B
		FIS55111	FÍSICA	90	42	B
		HIS55111	HISTÓRIA	60	42	B
		INF55111	INFORMÁTICA	60	42	H
		MAT55111	MATEMÁTICA	120	42	B
		POR55111	LÍNGUA PORTUGUESA	120	42	B
		QUI55111	QUÍMICA	60	42	B
		SOC55111	SOCIOLOGIA	30	42	B
		TMM52111	TECNOLOGIA DOS MATERIAIS E METROLOGIA	60	42	B
		ANA221	ANÁLISE DE CIRCUITOS	60	31	B
		BLG221	BIOLOGIA	60	31	B
	EDF221	EDUCAÇÃO FÍSICA	60	31	c	
	FIL55112	FILOSOFIA	60	31	B	

Fonte: autoria própria.

Em 2019, haviam 490 estudantes matriculados no ensino técnico integrado, que possuíam horários contínuos das 7:10 às 12:30 para os cursos de Meio Ambiente e Informática, e das 13:00 às 18:20 para os cursos de Eletrônica e Eletromecânica, contabilizando 5 horas e 20 minutos. Cada turma possui uma sala fixa, nos blocos B ou E, entretanto, algumas disciplinas e práticas são realizadas em outras salas ou laboratórios do IFBA.

5.2.3 Corpo docente

As informações para o cálculo da PE dos 154 professores foram disponibilizadas pela administração do *campus* e o cálculo foi realizado por meio dos horários e local de aula por disciplina lecionada. Todos os professores possuem jornada de trabalho de 40 horas semanais, o que representa 1 PE conforme Tabela 5.

Em visita ao instituto, contabilizou-se 24 gabinetes, pertencentes a 52 professores. Assim, o tempo de permanência extraclasse dos professores foi dividida em 40% do tempo excedente para aqueles que possuem gabinete individual, em seus respectivos blocos. O tempo restante para contabilizar a 1 PE por docente foi acrescido nas salas dos professores, localizadas no bloco B.

5.2.4 Técnicos administrativos e terceirizados

Assim como os professores, todos os técnicos administrativos e terceirizados apresentam carga horária igual a 40 horas semanais, com PE equivalente a 1. E os profissionais que não possuem local fixo de trabalho, como os profissionais da limpeza e manutenção foram locados, para fins de cálculo, na área do Restaurante Universitário. Assim, a PE.dia⁻¹ total dos técnicos administrativos e terceirizados contabiliza 87 pessoas.

5.2.5 Consumo especial

O consumo especial foi considerado como aquele que não depende da população do instituto, tal como perdas por vazamentos nas instalações, o consumo do refeitório e dos destiladores.

A metodologia para cálculo das perdas físicas verificou 10 cm de rebaixamento entre as medidas do nível da água no reservatório. Nessas condições, estimou-se 18 m³ mensais de água de perdas, que correspondem a 3,7% do consumo mensal médio.

Já na UFBA, Nakagawa (2009) estimou 13% de perdas do consumo mensal. Entretanto, o valor é maior que os 0,7% diagnosticado por AWWA em 1995 (apud Tomaz, 2000, p. 167) em escolas e universidades em Denver, no Colorado, mas menor que os 5% admitidos pelo autor (TOMAZ, 2000, p. 189).

Souto et al. (2018) calcularam a vazão de consumo dos destiladores do IFBA, inicialmente quantificando e especificando os destiladores usados no *campus* e em seguida calculando sua vazão ótima de funcionamento. São quatro destiladores do tipo Pilsen, os quais os autores estimaram um consumo total 1,5 m³ mensal, após adequações na rede para atendimento à vazão ótima, de maior rendimento.

Foram coletadas informações junto à administração local, que afirmaram serem servidas em média 800 refeições diárias, das quais 400 são referentes ao almoço (11 L/refeição) e outras 400 são divididas entre lanche da manhã e lanche da tarde (7 L/refeição). Assim, obtém-se a média mensal de 158,40 m³ de água para o preparo de refeições.

5.2.6 Aplicação da População Equivalente

O cálculo da PE.dia⁻¹ foi feito com taxa de frequência de 75% para os estudantes do ensino médio e graduação, considerando a separação das disciplinas por bloco. A PE equivalente total foi de 315 pessoas por dia para os estudantes do Ensino Integrado. Comparativamente ao Ensino Superior, embora com apenas 490 estudantes, o Ensino Integrado apresenta População Equivalente com maior peso, o que afeta diretamente o consumo.

Além disso, para a correção da PE dos docentes para o peso correspondente a 1,00, foi necessário acrescentar 94,00 PE.dia⁻¹ às salas dos professores, uma vez que 57 PE.dia⁻¹ equivale ao tempo em sala de aula e 6 PE.dia⁻¹ foi o cálculo estimado para o tempo nos gabinetes.

Os levantamentos de campo e as informações fornecidas pela administração do *campus* foram utilizadas para os cálculos das Populações Equivalentes por blocos conforme Tabela 8.

Tabela 8 - Distribuição da População Equivalente no IFBA (2019)

	Ensino Superior	Ensino Médio	Técnicos administrativos e terceirizados	Professores	Visitantes	TOTAL
População	1.441	490	87	154	60	2.232
Bloco A	0	0	16	0	0	16
Bloco B	7	134	5	106	0	252
Bloco C	0	29	2	1	0	32
Bloco D	0	0	10	0	0	10
Bloco E	10	142	0	11	0	163
Bloco F	0	0	4	4	0	8
Bloco G	13	0	10	1	0	23
Bloco H	537	10	0	31	0	577
Bloco CVT	5	0	7	0	0	12
Auditório	0	0	2	0	18	20
Guarita	0	0	5	0	0	5
Restaurante	45	45	19	0	0	109
Secretaria	0	0	7	0	0	7
PE TOTAL	617	360	87	154	18	1.235
Peso	0,43	0,73	1,00	1,00	0,30	-

Fonte: autoria própria.

Nessas condições, o indicador de consumo chega aos seguintes valores:

$$C = \frac{481.420 L}{1.235 PE \cdot 30 dias} = 12,99 L/PE/dia$$

Em comparação a trabalhos que utilizaram a mesma metodologia, o valor está dentro do intervalo comum para as unidades de ensino, conforme apresentado na Tabela 2. Porém, o consumo médio encontrado é inferior ao valor normalmente utilizado para calcular a demanda de água desse tipo de edificação, que é de 50 L/hab/dia (TOMAZ, 2000).

O valor é menor quando comparado aos 22 L/hab/dia do trabalho de Almeida (2021), que também avaliou o consumo *per capita* no IFBA pela metodologia de Nakagawa (2009). Tal variação se deu em decorrência do intervalo de tempo utilizado, uma vez que Almeida considera a permanência dos estudantes em horas-aula e o presente trabalho considera a permanência em horas absolutas. Nesse sentido, um estudante que passa apenas 20 minutos, em um intervalo das 13:00 às 15:00, foi contabilizado da mesma forma que o estudante que passa as 2 horas do intervalo no instituto, o que aumenta a PE para determinados intervalos em relação à análise de Almeida (2021).

Faz-se necessário considerar o consumo especial para o cálculo da demanda do consumo nos blocos. Dessa forma, as perdas de água nas instalações foram distribuídas entre os blocos proporcionalmente à sua área construída. Os destiladores em funcionamento no bloco H também foram considerados, bem como o consumo para produção das refeições no RU. Logo, tem-se diferentes consumos por bloco, conforme Quadro 1:

Quadro 1 - Consumo *per capita* médio por bloco

		Bloco A	Bloco B	Bloco C	Bloco D	Bloco E	Bloco F	Bloco G	Bloco H	Bloco CVT	Auditório	Guarita	Restaurante	Secretaria
Consumo	Consumo (m ³ /dia)	0,19	2,11	0,30	0,12	1,36	0,10	0,23	4,98	0,12	0,19	0,05	6,23	0,07
	- Consumo destiladores (m ³ /dia)	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0	0
	- Consumo perdas físicas (m ³ /dia)	0,06	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,20	0,02	0,03	0,01	0,06	0,01
	- Consumo para produção de refeições (m ³ /dia)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,28	0
	Consumo Total (m ³ /dia) Sem consumo especial	0,13	2,06	0,26	0,08	1,33	0,07	0,19	4,73	0,10	0,16	0,04	0,89	0,06
	Consumo Total (m ³ /mês) Sem consumo especial	3,93	61,87	7,88	2,46	40,00	2,09	5,71	141,89	3,04	4,92	1,23	26,79	1,72
	Consumo <i>per capita</i> (L/PE/dia)	11,77	8,37	9,41	12,36	8,35	12,29	9,69	8,63	9,65	9,51	9,25	57,15	10,18
PE	População Equivalente	16	252	32	10	163	8	23	577	12	20	5	109	7

Fonte: autoria própria.

5.3 CONSUMO EFETIVO *PER CAPITA* E CONSUMO *PER CAPITA*

O consumo efetivo proposto por Tsutiya (2005), considera o número de economias para quantificar o consumo médio de água por consumidor. No presente estudo, considerou-se economia as salas de aula, laboratórios e escritórios do instituto.

Tomando como base o consumo mensal do ano de 2019, utilizou-se números variáveis de consumidores para os tipos de economia, os quais: 31 consumidores por sala do ensino médio, 24 por sala do ensino superior, 18 por laboratório e 2 por escritório. Já o cálculo do número médio de economias desconsiderou salas com baixa frequência de uso como arquivos, locais para guardar objetos e salas de apoio, totalizando 39 escritórios e similares, 51 salas de aula e 21 laboratórios.

Dessa forma, o consumo efetivo *per capita* encontrado foi de 7,71 L/hab.dia e o consumo *per capita* incorporando as perdas de água do sistema em 20% foi de 9,64 L/hab.dia. Entretanto, como utiliza apenas o valor final medido nos hidrômetros, o método exige uma adaptação para se conheça os usos individuais de cada economia e, diferentemente do método de Nakagawa, todos os consumidores possuem o mesmo peso.

Além disso, a divisão por blocos é dificultada, uma vez que as salas possuem diferentes frequências de aulas. Assim, embora sejam contabilizadas como economias ativas, há salas que possuem usos especiais como monitorias, apresentações, reuniões ou ficam ociosas grande parte do tempo.

Conhecendo o consumo efetivo, é possível estimar a contribuição de cada categoria de economia de forma unitária, conforme a Tabela 9, uma vez que o número de economias e o número médio de consumidores por economia são conhecidos.

Tabela 9 - Consumo *per capita* por unidade de economia

	q (L/dia)	Contribuição
Salas de aula (Ensino Superior)	9,95	59%
Laboratórios	3,64	22%
Salas de aula (Ensino médio)	2,39	14%
Escritórios	0,75	4%
TOTAL	16,73	100%

Fonte: autoria própria.

Percebe-se distorções nos quantitativos de consumo *per capita*, visto que, por se tratar de apenas um hidrômetro, o consumo efetivo é afetado pela simplificação da metodologia. Assim, os estudantes do ensino médio, por exemplo, têm seu consumo reduzido porque estão distribuídos em 8 salas a maior parte do tempo, em comparação às 43 salas do ensino superior, embora ambos possuam cargas horárias diárias semelhantes no instituto.

5.4 CONSUMO *PER CAPITA* POR ISOLAMENTO DE VARIÁVEIS

A partir de março de 2020, as aulas foram suspensas na rede de ensino em decorrência da pandemia de COVID-19, o que afastou os estudantes do ensino presencial. Assim, entre os meses de março/2020 a agosto/2020, o consumo de água no instituto foi reduzido à limpeza e atividades administrativas.

Nesse período, em 2019, a média foi de 463,4 m³/mês, enquanto foi de 195,0 m³/mês em 2020, em um cenário sem os estudantes e professores. Assim, é possível estimar que o consumo médio do grupo afastado é cerca de 268,4 m³/mês, ou 4,29 L/dia.

É importante destacar que durante esse período, o consumo de água dos funcionários que permaneceram no IFBA foi possivelmente alterado, uma vez que os órgãos de saúde recomendaram maior cuidado com a higienização das mãos e dos ambientes. Assim, é esperado que o consumo do grupo afastado seja maior, uma vez que o uso de água tenha possivelmente aumentado no contexto pandêmico por questões sanitárias.

5.5 SÍNTESE DOS RESULTADOS

No Quadro 2 são listados os métodos utilizados no trabalho em função de aspectos que possam afetar sua facilidade de aplicação e as limitações encontradas.

Quadro 2 - Síntese das metodologias de consumo per capita de água

Metodologia	Consumo per capita	Aplicação recomendada	Limitações
Consumo per capita bruto	8,31 L/dia	Consumidores com comportamento de consumo homogêneo.	Não considera diferentes padrões de consumo por tipo de consumidor.
Populações Equivalentes	12,99 L/PE.dia	Consumidores com frequências e horários previsíveis.	Simplificação matemática do consumo de água associado ao tempo no local; Necessita conhecer o consumo especial.
Consumo per capita pelo consumo efetivo	9,64 L/dia	Segmentação de hidrômetros por área de estudo/ligação.	Não considera frequências de ocupação variável nas economias; Não considera diferentes padrões de consumo por tipo de consumidor.
Consumo per capita por isolamento de variáveis	4,29 L/dia	Qualquer situação que permita o isolamento das variáveis de consumo.	Ocorrências situacionais; Não considera os volumes fixos que independem da quantidade de estudantes.

Fonte: autoria própria.

Os resultados das metodologias, no geral, apresentam similaridades entre si, mas para o contexto de instituição de ensino, que possui um comportamento de consumo particular, faz-se necessário o estudo de diferentes variáveis. Cazaes et al. (2019) destacam ainda, que a promoção de comparações entre instituições permite aos usuários e gestores, perceberem o desempenho das unidades que frequentam e operam, sendo um parâmetro importante a ser avaliado.

Nesse sentido, embora simplifique as necessidades fisiológicas humanas como proporcionais ao tempo de permanência, a metodologia de Nakagawa é a mais completa para análises de consumo *per capita*. Essa metodologia também se demonstra apropriada para comparações com outras instituições, uma vez que isola os consumidores em um tempo de permanência padrão, diminuindo possíveis distorções relacionadas ao consumo predial. Essa ferramenta também possibilita mensurar o consumo médio por unidades como salas, blocos, ou laboratórios, assim como a metodologia de Tsutiya.

Embora também seja uma metodologia que permita detalhar os padrões de consumo de forma espacial, o procedimento proposto por Tsutiya necessita de uma

estrutura física instalada para ter acesso às informações de forma específica. No caso do IFBA, como não há informações empíricas sobre as derivações de consumo para os blocos, a metodologia foi pouco precisa quando tentou-se isolar o consumo das economias.

O consumo *per capita* bruto pode ser uma opção de fácil aplicação como indicador base, sendo mais efetivo quando utiliza como parâmetro comparativo diferentes períodos do mesmo ambiente ou contexto. Porém, quando se possui vários tipos de consumidores, os valores extremos possuem maior influência, e alguns consumos podem ser ocultados ou negligenciados.

Já o consumo *per capita* por isolamento de variáveis é de difícil aplicação, pois é necessário interferir nas condições do ambiente de estudo para mitigar as limitações com a espera das casualidades. Entretanto, a verificação das variáveis pode demorar e, em decorrência das dinâmicas do consumo, os dados podem se tornar ultrapassados com facilidade.

5.6 OPORTUNIDADES PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NO IFBA CAMPUS VITÓRIA DA CONQUISTA

Trabalhos como o de Souto et al. (2018), que avaliaram o desperdício pelos destiladores no instituto, realizando adequações na rede para vazão de maior rendimento, contribuíram para o baixo consumo *per capita*.

Apesar do resultado satisfatório avaliado pelas metodologias, ainda há potencial de economia de água no *campus*. A ausência de um sistema de aproveitamento de água da chuva no IFBA foi destacada por Almeida (2020), que realizou a avaliação da viabilidade do uso dessa água para fins não potáveis, como irrigação e bacias sanitárias. O sistema seria capaz de atender até 43% da demanda de água, com 30,9% de redução com custos de abastecimento.

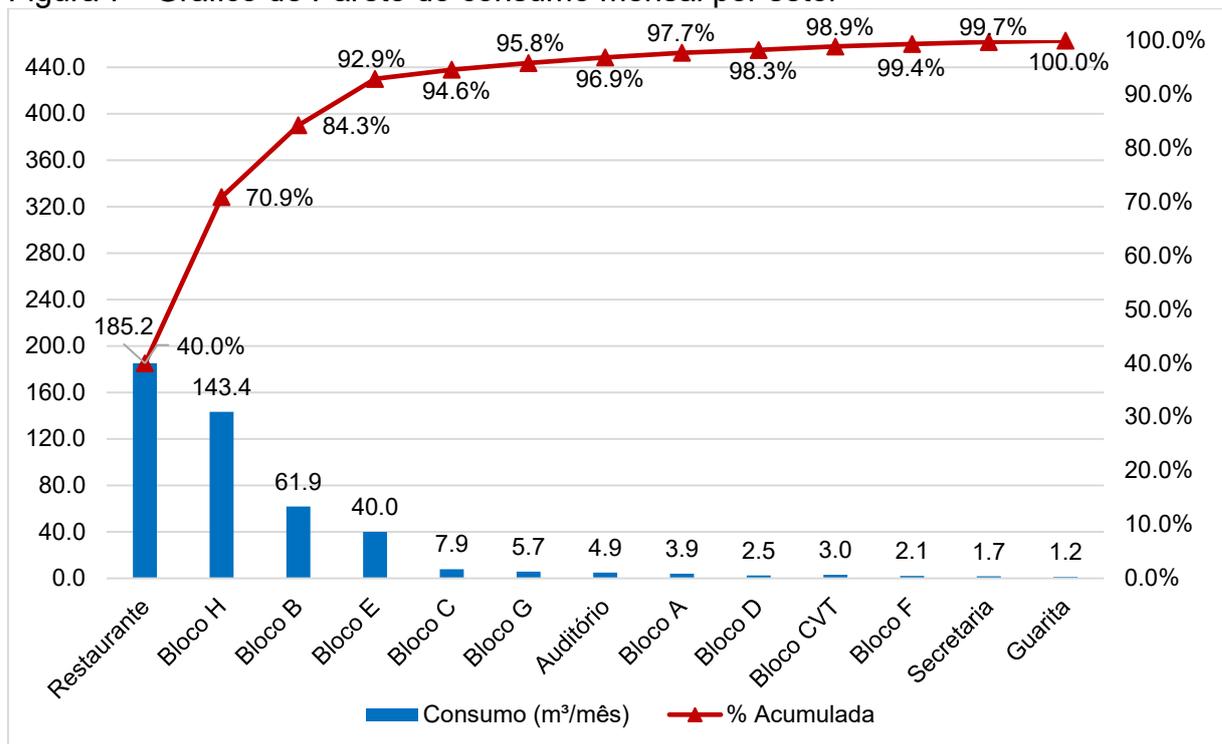
5.5.1 Implantação de micromedidores

A setorização do sistema de abastecimento, como alternativa eficaz de controle e planejamento, foi uma lacuna observada na integridade das metodologias de previsão do consumo *per capita* aplicadas. Nesse sentido, a implantação de

micromedidores, como hidrômetros podem auxiliar nas medições e na economia de recursos naturais e financeiros.

A partir das estimativas obtidas por bloco, conforme Quadro 1, foi construído um diagrama de Pareto (Figura 7) para ressaltar o consumo por setor, excluindo-se o desperdício mensal por perdas físicas, mas mantendo-se o consumo especial do uso de destiladores e preparação de refeições.

Figura 7 - Gráfico de Pareto do consumo mensal por setor



Fonte: autoria própria.

A análise do diagrama de Pareto revela que juntos, o Restaurante, o Bloco H e o Bloco B consomem mais de 80% do volume total de água consumida no instituto. Assim, adicionar micromedidores para quantificar o uso de água nestes três setores demonstra-se uma forma eficiente de monitoramento para melhor gestão do recurso hídrico, evidenciando também a presença de vazamentos.

5.5.2 Correção de vazamentos

Tendo em vista que Almeida (2020) calculou o custo de abastecimento de água no instituto em 13,87 R\$/m³, os 18 m³ mensais médios desperdiçados por perdas

físicas representam R\$ 249,7 por mês e cerca de R\$ 3.000 por ano que poderiam ser revertidos em melhorias para o IFBA. O desenvolvimento de um PURA seria uma forma de melhorar a identificação de vazamentos, uma vez que patologias no sistema hidráulico não são facilmente detectáveis na atual estrutura construída.

Ações como testes para detecção de vazamentos em bacias sanitárias e elaboração de planos de intervenção podem ser realizadas pelo PURA a fim de detectar com agilidade e reduzir a frequência de vazamentos. Destaca-se que as ações corretivas precisam ser minimizadas pela manutenção preventiva e continuada, na qual os equipamentos passam por correção e recuperação dos seus componentes conforme avaliação específica.

5.5.3 Substituição de equipamentos

A substituição ou complementos de equipamentos convencionais por economizadores de água podem aumentar a margem dos ganhos, financeiros e ambientais. Cabe análise das condições de funcionamento e demanda individual das bacias sanitárias, mictórios, torneiras e válvulas, e eventual substituição para equipamentos mais modernos. Há também oportunidade para instalação de arejadores e restritores de vazão que são, segundo Mendes (2006) os equipamentos que apresentam os melhores resultados, com a vantagem de não possuírem custos significativos.

5.5.4 Campanhas de sensibilização

As ações de aprendizado e sensibilização precisam envolver os sujeitos, a fim de promover ampla discussão para os problemas do uso indiscriminado e desperdício de água, fazendo-os parte do processo educacional, conforme evidenciado por Machado et al. (2013). A presença de cursos da área ambiental no IFBA pode ser motriz para a sensibilização da comunidade acadêmica, entretanto, as campanhas não devem restringirem-se a esse público.

Machado et al. (2013) afirmam que tais ações devem ser formativas, e não apenas informativas, requerendo ações continuadas com os diferentes públicos, o que ressalta a necessidade de um plano de ação de médio e longo prazo para o instituto.

6 CONCLUSÕES

O estudo permitiu conhecer a demanda base *per capita* do IFBA *campus* Vitória da Conquista por diferentes metodologias. Como há apenas um medidor, não foi possível validar os resultados encontrados, mas buscou-se respeitar balanço hídrico, ou seja, distribuir todo o volume faturado medido entre o número de consumidores, população equivalente e economias.

Embora não seja possível dizer qual metodologia possui mais exatidão, o cálculo da População Equivalente levou em consideração a população não contínua, com variação no tempo de permanência no local e os consumos especiais. Assim, a metodologia de Nakagawa mostrou-se apropriada para comparações entre diferentes instituições, uma vez que reduz as distorções quanto ao período de ocupação.

O procedimento de Nakagawa conseguiu estimar satisfatoriamente a distribuição do consumo de água no *campus*, visto que a medição é centralizada em apenas um hidrômetro e o tempo de permanência dos consumidores é previsível. O índice de consumo de água calculado foi de 12,99 L/PE/dia, e a avaliação da permanência dos consumidores permitiu a estratificação do consumo por bloco.

A metodologia de Tsutiya resultou em 9,64 L/dia, mas a segmentação por tipo de economia não foi precisa. Entretanto, recomenda-se para o estudo de ambientes que possuam segmentações das ligações mensuráveis. Já o cálculo pelo isolamento de variáveis apresentou consumo de 4,29 L/dia, mas as condições de isolamento dependem de fatores externos, sendo complexa sua realização sem comprometer ou alterar o consumo normal.

O consumo *per capita* bruto, de 8,31 L/dia, embora seja um indicador amplamente utilizado, não detalha os tipos de consumo e pode ocultar valores extremos. Ainda assim, é recomendado para análises em que os consumidores possuem pouca variabilidade nos padrões de consumo.

O conhecimento do consumo *per capita* demonstra-se como uma ferramenta auxiliar para melhor gestão hídrica nas instituições de ensino. Cada metodologia analisada possui suas vantagens e desvantagens, a depender da disponibilidade de informações e dos objetivos da análise.

Assim, oportunidades para o uso racional de água no IFBA foram levantadas, uma vez conhecidas as principais fontes de demanda, usos prioritários e estimativa de desperdício. Dentre elas, a implantação de micromedidores no Restaurante e nos

blocos H e B, como forma de setorização do consumo; desenvolvimento de um PURA para auxílio na identificação e correção de vazamentos; substituição e complementação de equipamentos com alto consumo por economizadores de água; e campanhas de sensibilização para promover a integração dos consumidores às ações de economia de água.

7 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Em função da indisponibilidade de informações sobre o consumo de água de forma segmentada por blocos, recomenda-se a instalação de micromedidores de vazão nos blocos. Após a sua implantação, sugere-se o monitoramento do consumo e o estudo dos seus efeitos na gestão hídrica local.

A comparação dos resultados com Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia da mesorregião do Centro-Sul baiano, como os *campi* Jequié e Brumado do IFBA, são formas de comparar instituições com realidades semelhantes a fim de obter melhores resultados comparativos.

Dada a representatividade do consumo especial do Refeitório e suas peculiaridades, sugere-se estudos mais pontuais sobre suas características e oportunidades de uso mais racional.

Por fim, recomenda-se também verificar a cultura de consumo de água no instituto, desde as condições dos equipamentos como sanitários e pias e sua vazão média, bem como a forma como os estudantes interagem com esses dispositivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA JÚNIOR, A. C. **Viabilidade técnica e econômica de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial no campus Sertão da Universidade Federal de Alagoas**. Dissertação (Bacharelado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Alagoas. Delmiro Gouveia, p.124. 2016.

ALMEIDA, L. M. F. **Análise da viabilidade de aproveitamento de água de chuva em um *campus* universitário**. Tese (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Estadual de Feira de Santana. Feira de Santana, p. 78. 2021.

ANDRADE SOBRINHO, R. A.; BORJA, P. C. Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes da RMS. **Eng. Sanit. Ambient.**, v. 21, n. 4, p. 783-795. 2016.

ARAÚJO, H. B. **Ações para racionalização do consumo de água no Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Roraima – na cidade de Boa Vista**. Tese (Mestrado em Engenharia de Produção, na área de Sustentabilidade) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá. Guaratinguetá, p. 121. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL - ABES. **Ranking ABES da universalização do Saneamento** - Edição 2021. 2021.

AVANZO, H. **A arquitetura de instituições federais de ensino superior no contexto da cultura digital**. Tese (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal da Bahia. Salvador, p. 201. 2015.

BARRETO, W. F.; VEIGA, A. J. P. Energia solar: um futuro sustentável para Vitória da Conquista - BA. **Geopauta**. v. 3, n. 2, p. 77-95. Vitória da Conquista: 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, p. 42-52, 2012.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019**. Brasília: SNS/MDR, 2020. 190 p.

_____. Ministério das Cidades. Programa de Modernização do Setor Saneamento. **Programa Nacional Combate ao Desperdício Água – PNCDA**. 2015. Disponível em: <<http://www.pmss.gov.br/index.php/biblioteca-virtual/programa-nacional-combate-ao-desperdicio-agua-pncda>>. Acesso em: 12 nov. 2021.

_____. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental – SNSA. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Serviços de Água e Esgotos – 2014**. Brasília: SNSA/MCIDADES, 2016. 212 p.

CAZAES, T. R. S.; CRUZ, R. G.; FIRST, A. K.; GONÇALVES, M. S. Conservação de água em edificações universitárias. Fatores que influenciam o consumo e critérios para sua avaliação: comparação de três unidades da UFBA. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**. v. 7, n. 1. p. 75-85, 2019.

CHANG, H.; PRASKIEVICZ, S.; PARANDVASH, H. Sensitivity of Urban Water Consumption to Weather and Climate Variability at Multiple Temporal Scales: The Case of Portland, Oregon. **International Journal of Geospatial and Environmental Research**, v. 1, n. 1, artigo 7, jun. 2014.

CONCEIÇÃO, R. S.; SILVEIRA, G. S. P.; VEIGA, A. J. P.; MATTA, J. M. B. A temperatura do ar e sua relação com algumas doenças respiratórias em Vitória da Conquista - BA. **Revista Eletrônica Geoaraguaia**. v. 5, n. 2, p. 69-81. Barra do Garças: jul. 2015.

CREDER, H. **Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. Rio de Janeiro. Livros técnicos e científicos. Editora S.A., 1976.

FARINA, M.; MAGLIONICO, M.; POLLASTRI, M.; STOJKOV, I. **Water consumption in public schools for the city of Bologna, Italy**. Water Science & Technology: Water Supply. 2013. p. 257-264.

GONÇALVES, M. G.; PRADO, R. T.; OLIVEIRA, L. H.; PETRUCI, A. L. Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano. Secretaria de Política Urbana. Medidas de Racionalização do Uso da Água para Grandes Consumidores. **Documento Técnico de Apoio – DTA B3**. Brasília, 1999.

HAMED, K. H. Exact distribution of the Mann–Kendall trend test statistic for persistent data. **Journal of Hydrology**. v. 365, 2009, p. 86-94.

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA BAHIA - IFBA. **O Campus**. Campus Vitória da Conquista. 2019. Disponível em: <<https://portal.ifba.edu.br/dgcom/conquista/institucional/o-campus>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

_____. **Vitória da Conquista**. Cursos por campus. 2019. Disponível em: <<https://portal.ifba.edu.br/ensino/nossos-cursos/cursos-por-campus-1/vitoria-da-conquista>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

_____. Edital Nº 003/2020. Política de Assistência Estudantil. Programa de Assistência e Apoio ao Estudante. Abertura de inscrição para o ano letivo de 2020. **IFBA**: Campus Vitória da Conquista, Vitória da Conquista, 11 março 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Vitória da Conquista**. Monografias Municipais. Nordeste / Bahia. Rio de Janeiro: 2017.

KARL T. R.; MELILLO J. M.; PETERSON T. C. **Global Climate Change Impacts in the United States**. Cambridge University Press. 2009.

LUCENA, B. S.; MARTINS, J. T. **Propostas para redução do consumo de água em um clube de campo**. XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. João Pessoa: out. 2016.

MACHADO, A. C. R.; ALMEIDA, R. M.; BESSANI, T. **Sensibilização ambiental no Colégio Estadual Doutor Xavier da Silva**. Dissertação (Graduação em Ciências Biológicas) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba: 2013.

MATHUR, S. Public-private partnership for municipal water supply in developing countries: Lessons from Karnataka, India, Urban Water Supply Improvement Project. *Cities*. v. 68, p. 56-62, ago. 2017.

MENDES, C. F. **Estudo exploratório de programas de uso racional de água em Instituições de Ensino Superior e a pré-implantação no anel viário do campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul**. Tese (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 165. out. 2006.

NAKAGAWA, A. K. **Caracterização do consumo de água em prédios universitários: o caso da UFBA**. Tese (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Escola politécnica da Universidade Federal da Bahia. Salvador, p. 207. 2009.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ÁGUA (UN-WATER). **Water security and the Global Water Agenda**. A UN-Water Analytical Brief. Institute for Water, Environment & Health (UNU-INWEH). p. 47, out. 2013.

PARANDVASH, G. H.; CHANG, H. Analysis of long-term climate change on per capita water demand in urban versus suburban areas in the Portland metropolitan area, USA. *Journal of Hydrology*. v. 538, p. 574-586, jul. 2016.

PEREIRA, P. P.; ITO, A. H.; LIMA, E. P.; PAREDES, E. A.; LAUTENSCHLAGER, S. R.; SOARES, P. F. **Cálculo do consumo de água per capita e distribuição das demandas em uma instituição de ensino superior**. XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Brasília: nov. 2015.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD; INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA; FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO - FJP. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013**. Portal Print Gráfica e Editora. 2 ed. p. 96. Brasília: dez, 2013.

RICHIE, H. ROSER, M. **Urbanization**. Our world in Data. 2018. Disponível em: <<https://ourworldindata.org/urbanization>>. Acesso em: 01 mar. 2022.

SILVA JÚNIOR, J. C.; FERREIRA, I. V. L.; BARBOZA, M. G. **Consumo per capita de água em Instituição de Ensino Superior: estudo de caso**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC'2018. Maceió: ago. 2018.

SOUTO, K. L. V.; SANTOS, W. C.; SANTANA, A. S. **Estudo do desperdício de água pelo destilador do laboratório de química do IFBA campus Vitória da Conquista**. 2018.

SOUZA, C. G.; SANTOS, F. S.; MACHADO, L. C.; MENEZES, M. V.; ARAÚJO, T. S. **Dinâmica hídrica da região do planalto de Vitória da Conquista - BA**. Centro Científico Conhecer. Enciclopédia Biosfera, n. 6. Goiânia: 2008.

SOUZA, D. P.; SANTOS, R. K.; SANTOS, R. F. Estimativa do consumo de água em restaurantes na cidade de Cascavel - PR. **Acta Iguazu**. v. 1, n. 3, p. 50-63, 2012.

SOUZA, B. P.; OLIVEIRA, J. P. R. C.; PEREIRA, T. A. S. **Estimativa do consumo de água no Restaurante Universitário do Campus do Sertão da Universidade de Alagoas**. XV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. 2020.

TAUCHEN, J. A. **Um modelo de Gestão Ambiental para a Implantação em Instituições de ensino superior**. Tese (Mestrado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, p. 149. 2007.

TOMAZ, P. **Previsão de consumo de água**. Interface nas instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos. São Paulo: Comercial Editora Hermano & Bugelli Ltda, 2000.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. 2. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005. 643p.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E CULTURA - UNESCO, 2003. **Water for People Water for Life**. The United Nations World Development Report. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Nova York, mar. 2003.

VAIRAVAMOORTHY, K.; GORANTIWAR, S. D.; PATHIRANAA, A. Managing urban water supplies in developing countries – Climate change and water scarcity scenarios. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**. v. 33, n. 5, p. 330-339, 2008.

WICHOWSKI, P.; RUTKOWSKA, G.; KAMIŃSKI, N.; TRACH, Y. Analysis of Water Consumption in the Campus of Warsaw University of Life Sciences in Years 2012–2016. **Journal of Ecological Engineering**, Lublin, v. 20, n. 5, p. 193 – 202, maio. 2019.