

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS PATOS
CURSO SUPERIOR DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

ANDREZA DE MEDEIROS BATISTA
JOSÉ GABRIEL DA SILVA LIMA

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA
PLUVIAL PARA USO NÃO POTÁVEL NO BLOCO II DO IFPB – *CAMPUS PATOS***

PATOS - PB
2026

**ANDREZA DE MEDEIROS BATISTA
JOSÉ GABRIEL DA SILVA LIMA**

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA
PLUVIAL PARA USO NÃO POTÁVEL NO BLOCO II DO IFPB – CAMPUS PATOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – *Campus* Patos, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador (a): Profa. Dra. Tuane Batista do Egito

Coorientador (a): Prof. Dr. José Herculano Filho

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CAMPUS PATOS/IFPB

B333d Batista, Andreza de Medeiros.

Dimensionamento de um sistema de aproveitamento de água pluvial para uso não potável no bloco II do IFPB– campus Patos / Andreza de Medeiros Batista, José Gabriel da Silva Lima. - Patos, 2026.
49 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior em Engenharia Civil)-Instituto Federal da Paraíba, Campus Patos-PB, 2026.

Orientador(a): Profa. Dra. Tuane Batista do Egito.
Coorientador (a): Prof. Dr. José Herculano Filho.

1. Água - Escassez hídrica 2. Aproveitamento de água pluvial-Consumo 3. Sustentabilidade I.Título II. Lima, José Gabriel da Silva IV. Egito, Tuane Batista do V. Herculano Filho, José VI. Instituto Federal da Paraíba.

CDU –502-032.2

**ANDREZA DE MEDEIROS BATISTA
JOSÉ GABRIEL DA SILVA LIMA**

**DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA
PLUVIAL PARA USO NÃO POTÁVEL NO BLOCO II DO IFPB – *CAMPUS* PATOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Bacharelado
em Engenharia Civil do Instituto
Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia da Paraíba – *Campus* Patos,
como requisito parcial à obtenção do
título de Engenheiro Civil.

APROVADO EM: ____/____/20__

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Tuane Batista do Egito - Orientadora
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

Prof. Dr. José Herculano Filho - Coorientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

Profa. Ma. Susana Cristina Batista Lucena - Examinadora
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, antes de tudo, a Deus, pela vida, pela saúde e por nos fortalecer e iluminar nossa caminhada, concedendo sabedoria, serenidade e coragem para concluirmos mais esta etapa. À Ele também somos gratos por nos ter concedido essa parceria e amizade que se estende para nossa vida.

À nossa orientadora, Professora Tuane Egito, expressamos nossa sincera gratidão pela dedicação, paciência e disponibilidade em nos acompanhar. Seus ensinamentos, orientações e confiança foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao nosso coorientador, Professor José Herculano Filho, agradecemos pelo apoio prestado, pelas contribuições técnicas e pelas valiosas observações que enriqueceram a construção deste estudo.

Aos colegas de classe, pelo companheirismo, pelas trocas de conhecimento e pelo apoio constante que tornaram o percurso acadêmico mais leve, motivador e colaborativo.

Ao coordenador do curso, pelo comprometimento, incentivo e pelo esforço em garantir uma formação sólida e de qualidade.

Aos nossos familiares, pelo incentivo diário, pelas palavras de apoio, compreensão e amor incondicional, que nos sustentaram em cada desafio enfrentado ao longo dessa jornada, inclusive àqueles que já não estão conosco, mas se fazem presentes em nossas lembranças e orações.

Por fim, agradecemos a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, oferecendo orientações, apoio ou inspiração. Registramos aqui nossa sincera gratidão por cada gesto recebido.

RESUMO

O estudo realizou o dimensionamento e a análise dos benefícios econômicos de um sistema destinado ao aproveitamento de água de chuva para usos não potáveis no Bloco II do IFPB – *Campus* Patos. A proposta surge diante da limitação hídrica local e do elevado consumo de água potável em instituições públicas. O procedimento metodológico incluiu o levantamento histórico das chuvas em Patos, a definição da área de cobertura a ser utilizada como superfície de captação, o cálculo do volume de água potencialmente coletado e a estimativa da demanda para atividades que não exigem água tratada. Também foram dimensionados calhas, condutores, reservatórios e o conjunto motobomba, todos conforme diretrizes normativas da ABNT. A solução projetada demonstrou capacidade de suprir parte das necessidades do bloco, proporcionando em média 109,73 m³ mensais de água reaproveitada, equivalente a 16,71% da demanda não potável. A avaliação financeira revelou que o sistema é economicamente vantajoso, podendo gerar economia mensal aproximada de R\$ 1.998,78 após descontado o gasto com energia elétrica. Conclui-se que a implantação desse sistema contribui de forma relevante para a redução do consumo de água tratada e fortalece práticas sustentáveis dentro do campus, evidenciando o potencial de replicação da solução em outras edificações públicas.

Palavras-chave: aproveitamento de água pluvial; sustentabilidade; dimensionamento hidráulico; escassez hídrica.

ABSTRACT

This study carried out the sizing and analysis of the economic benefits of a system designed for the use of rainwater for non-potable purposes in the Block II of IFPB – Campus Patos. The proposal arises in view of the local water scarcity and the high consumption of potable water in public institutions. The methodological procedure included the historical survey of rainfall in Patos, the definition of the roof area to be used as the catchment surface, the calculation of the volume of water potentially collected and the estimation of demand for activities that don't require treated water. Gutters, downpipes, storage tanks, and the motor-pump set were also sized, all in accordance with ABNT standards. The proposed solution demonstrated the capacity to supply part of the block's needs, providing an average of 109.73 m³ of reused water per month, corresponding to 16.71% of the non-potable demand. The financial assessment revealed that the system is economically advantageous with the potential to generate an approximate monthly saving of R\$ 1.998,78 (BRL) after deducting electricity costs. It's concluded that the implementation of this system contributes significantly to reducing the consumption of treated water and strengthens sustainable practices within the Campus, highlighting the potential for replicating the solution in other public buildings.

Keywords: rainwater harvesting; sustainability; hydraulic sizing; water scarcity.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 OBJETIVOS.....	10
2.1 Geral.....	10
2.2 Específicos.....	10
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
3.1 Escassez de Água.....	11
3.2 Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos.....	13
3.3 Aproveitamento da Água da Chuva.....	14
3.4 Normas Técnicas Aplicáveis.....	16
3.5 Uso da Água em Instituições Públicas de Ensino.....	17
4 METODOLOGIA.....	19
4.1 Caracterização do objeto de estudo.....	19
4.2 Equação de Chuva.....	20
4.3 Área de Captação.....	20
4.4 Coeficiente de Escoamento Superficial.....	21
4.5 Precipitação.....	22
4.6 Volume de Água Disponível.....	22
4.7 Demanda de Água.....	23
4.8 Determinação da Vazão de Projeto.....	24
4.9 Dimensionamento de Calhas e Condutores.....	24
4.10 Descarte do escoamento inicial.....	25
4.11 Estimativa de volume para reservatórios de água pluvial.....	26
4.11.1 Método de Azevedo Neto.....	26
4.11.2 Método inglês.....	26
4.12 Dimensionamento da bomba de recalque.....	27
4.13 Viabilidade econômica.....	28
4.13.1 Custo dos materiais hidráulicos do sistema.....	28
4.13.2 Economia de água.....	28
4.13.3 Consumo de energia da Bomba.....	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
5.1 Intensidade da Chuva.....	31
5.2 Área de Contribuição.....	31
5.3 Volume de Água Disponível.....	33
5.4 Demanda de água.....	33
5.5 Vazão de projeto.....	34
5.6 Calhas e condutores.....	34
5.6.1 Calhas.....	34
5.6.2 Condutores verticais.....	35
5.6.3 Condutores horizontais.....	35

5.7 Dimensionamento do reservatório de descarte do escoamento inicial.....	35
5.8 Dimensionamento do reservatório.....	36
5.8.1 Método Azevedo Neto.....	36
5.8.2 Método Inglês.....	37
5.8.3 Reservatório superior.....	37
5.9 Dimensionamento da bomba.....	38
5.10 Custo do material hidráulico do sistema.....	40
5.11 Custo de consumo de energia da bomba.....	40
5.12 Economia de água.....	40
6 CONCLUSÕES.....	42
REFERÊNCIAS.....	44

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural primordial para a existência dos seres vivos e o desenvolvimento social no planeta. Para Zisopulou, Zisopoulos e Panagoulia (2022) existe uma controvérsia em torno da água ser entendida ou não como bem mercantil, pois também possui valor social além do econômico. Seu uso indiscriminado vem causando impactos ambientais, prejudicando tanto a quantidade quanto a qualidade da água disponível. Noschang e Scheleder (2018) consideram que a água deve ser gerida adequadamente e garantida pelos Estados pois sua disponibilidade é internacionalmente reconhecida como direito humano, porém cabe à sociedade o uso racional deste bem.

O Brasil, que é conhecidamente um País de grande extensão territorial, possui um cenário de escassez hídrica em algumas regiões enquanto há maior oferta de água doce em outras. De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) prevê-se que até 2040 a oferta de água doce nas bacias hidrográficas das regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e parte do Sudeste poderá ter redução de 40% como efeito da mudança climática. Desta forma, há uma tendência ao aumento de trechos de rios intermitentes principalmente na região Nordeste (ANA, 2024).

Segundo Suassuna (2016), a parte norte da região Nordeste é a mais afetada pela seca e a falta de gestão hídrica agrava ainda mais a situação. O autor destaca que culturas de subsistência são perdidas com secas muito severas e a população é abastecida por carros-pipa que fornecem água de qualidade duvidosa, podendo trazer riscos à saúde pública.

Assim, a crescente limitação dos recursos hídricos e a busca por soluções sustentáveis evidenciam a importância do aproveitamento da água da chuva em áreas urbanas. Nesse sentido, a ABNT NBR 15527:2019 define diretrizes para a coleta, o armazenamento e a utilização dessa água proveniente de telhados, destinada a usos não potáveis, como irrigação de jardins, descargas em sanitários e limpeza de áreas externas. A norma contempla diretrizes que abrangem desde o planejamento e dimensionamento do sistema até as etapas de tratamento e manutenção.

Portanto, diante do agravamento da escassez hídrica e da necessidade de adotar práticas que promovam a sustentabilidade no uso dos recursos naturais, torna-se essencial repensar o consumo de água em instituições públicas de ensino. No caso do *Campus* Patos do Instituto Federal da Paraíba (IFPB), observa-se um uso significativo de água potável em atividades que poderiam ser atendidas por fontes alternativas, como a limpeza de ambientes, irrigação de áreas verdes e abastecimento de descargas sanitárias e mictórios.

Assim, acredita-se que a instalação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais para usos não-potáveis no bloco II do referido *Campus* pode gerar economia nos custos com água fornecida pela empresa pública de abastecimento, considerando a alta demanda existente no local.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar a viabilidade técnico-econômica da implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial no Bloco II do *Campus* Patos do Instituto Federal da Paraíba, voltado ao atendimento de demandas não potáveis.

2.2 Específicos

- Realizar o levantamento dos índices pluviométricos históricos da cidade de Patos-PB;
- Identificar a demanda de água destinada a usos não potáveis no bloco II do *campus*;
- Projetar o sistema de captação e armazenamento das águas pluviais em acordo com as normas vigentes;
- Analisar os possíveis benefícios econômicos advindos da implementação do sistema.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Escassez de Água

A escassez hídrica é uma realidade que assola comunidades em diversos países do mundo. Um relatório do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) de 2023 aponta que uma em cada três crianças no mundo estão expostas à grave escassez hídrica, além de saneamento inadequado que afetam a saúde física e mental das crianças. Além disso, a entidade destaca que as mudanças climáticas tendem a piorar ainda mais a situação.

Outro relatório emitido pelo Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) e a Organização Mundial da Saúde (OMS) lançado na Semana Mundial da Água de 2025 aponta que 1 em cada 4 pessoas no mundo não tem acesso a água potável no planeta, ou seja, 2,1 bilhões de pessoas. Além disso, o documento revelou que as populações mais afetadas pela falta de acesso à água em qualidade e quantidade adequadas são de contextos de vulnerabilidade social, comunidades rurais, países de baixa renda e grupos étnicos minoritários (UNICEF, OMS, 2025).

No Brasil, segue-se a tendência mundial de escassez hídrica. No documento Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil a ANA (2024) destaca um aumento de eventos climáticos extremos entre 2022 e 2023. Além disso, aponta que cerca de 7 milhões de pessoas foram afetadas por secas e estiagens, sendo que aproximadamente metade vivem na região Nordeste, que contabilizou por volta de 45% dos fenômenos.

Apesar desse cenário, Tomaz (2010) relata que o Brasil concentra cerca de 12% da água doce superficial do planeta, mas sua distribuição é bastante desigual entre as regiões. A região Norte detém 68,5% da disponibilidade hídrica, embora abrigue apenas 7,9% da população, enquanto o Sudeste, com 42,6% dos habitantes, possui somente 6% desse recurso. Esse cenário evidencia um desequilíbrio entre oferta e demanda, agravado pela poluição decorrente da urbanização e das atividades industriais e agrícolas.

Nesse contexto, o monitoramento hidrológico no Brasil é fundamental para compreender a dinâmica da quantidade e da qualidade da água, englobando recursos superficiais e subterrâneos. ANA (2024), esse processo é realizado por meio de estações pluviométricas e fluviométricas, plataformas automáticas e até mesmo por satélites, permitindo obter informações em tempo real essenciais para a prevenção de eventos críticos, como secas e inundações.

O *MapBiomass* (2025) que mapeia a cobertura e uso do solo, revela que a superfície hídrica brasileira vem diminuindo. Desde 2009 até 2024 o único ano onde ocorreu aumento da superfície de água brasileira foi em 2022. Além disso, a última década registrou oito dos dez anos mais secos da série histórica monitorada desde 1985. Essas informações revelam que as alterações climáticas estão impactando a disponibilidade hídrica no País.

De acordo com Silva, Sousa e Farias (2022), o semiárido brasileiro, que se concentra principalmente na região Nordeste, tem crescido. Os autores destacam que o território é marcado pelo clima, com chuvas escassas, vegetação baixa e secas excessivas. Eles consideram que a insegurança hídrica faz parte do cotidiano de grande parte da população nordestina, mesmo com políticas públicas que vêm sendo implementadas ao longo dos anos, como a transposição do Rio São Francisco, cisternas e perfuração de poços.

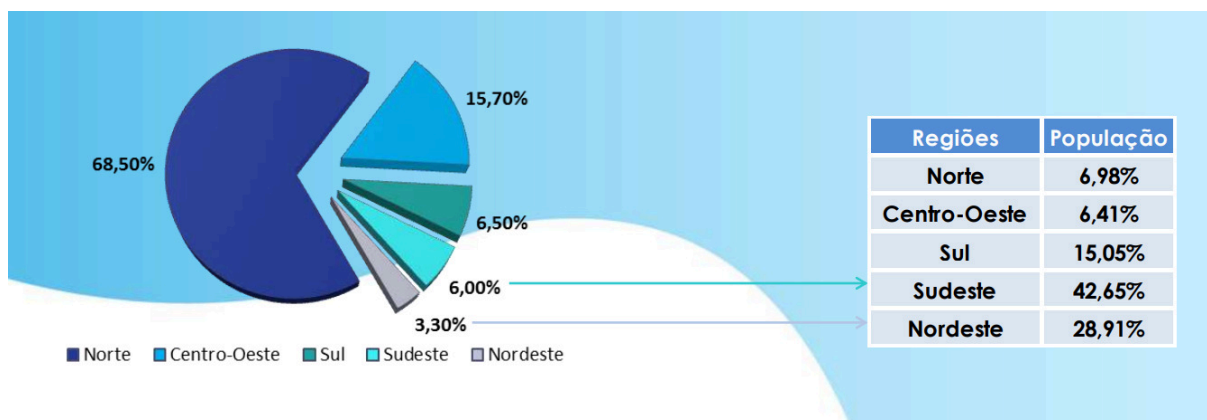
Castro (2025) destaca que para tentar diminuir os efeitos da seca no semiárido, o poder público federal vem fazendo investimentos há mais de cem anos, porém a população local continua a sofrer com a escassez hídrica, que causa prejuízos em níveis similares aos ocorridos no início do século XX.

Nesse contexto, as mudanças climáticas surgem como um fator que piora ainda mais essa realidade. De acordo com Marengo (2008), elas estão diretamente ligadas à intensificação das secas e da escassez de água, uma vez que alteram o regime de chuvas e elevam a frequência de eventos extremos. O pesquisador ressalta que áreas mais vulneráveis do Brasil, como o semiárido nordestino e a região amazônica, tendem a sofrer maiores impactos, já que o aquecimento global pode provocar reduções significativas nos índices pluviométricos até o final do século XXI.

Entretanto, a crise hídrica no Nordeste não se resume apenas às questões climáticas. Apesar da baixa pluviometria e da irregularidade das chuvas, a escassez é também resultado do desperdício e da má gestão dos recursos disponíveis. Segundo Rebouças (1997), a principal carência não é a água em si, mas a ausência de um padrão cultural e institucional que assegure seu uso eficiente e sustentável. Assim, o enfrentamento desse desafio exige práticas de manejo adequadas, políticas públicas eficazes e mudanças nos padrões de consumo.

A baixa disponibilidade hídrica verificada na região Nordeste pode ser percebida fica evidenciada na Figura 1 abaixo, que demonstra que a região possui a menor parcela de água superficial do País, embora possua a segunda maior porção da população brasileira.

Figura 1 – Distribuição da água superficial e da população nas regiões brasileiras.



Fonte: Agência Nacional de Águas (2013).

3.2 Gestão Sustentável dos Recursos Hídricos

Em meio às mudanças climáticas e a falta de água potável que afeta boa parte da população brasileira, fazem-se necessárias políticas públicas com a finalidade de garantir a disponibilidade deste recurso com a qualidade necessária à manutenção da vida. Neste sentido, o Brasil instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos através da lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997.

Também conhecida como Lei das Águas, a lei nº 9.433 criou cinco instrumentos para a gestão das águas de domínio federal: os Planos de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos; a compensação a municípios; e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (Brasil, 1997).

Cerezini e Hanai (2023) consideram que a Política Nacional de Recursos Hídricos é norteada pelo Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e que o Plano de Ação do PNRH 2022-2040 busca lidar com as dificuldades relacionadas à gestão da água, desenvolvimento técnico e científico e o funcionamento do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (SINGREH). Os autores também consideram que a educação tem um papel fundamental na gestão integrada dos recursos hídricos.

Nessa mesma perspectiva, Tundisi (2014) considera que o futuro dos recursos hídricos no Brasil e de seus usos múltiplos depende da consolidação institucional viabilizada pelos Comitês e Agências de Bacias Hidrográficas, bem como do desenvolvimento de uma base de dados sólida e integrada, capaz de subsidiar decisões e impulsionar uma gestão mais eficiente e sustentável da água. O autor também destaca que a educação em recursos hídricos deve

estar articulada à educação ambiental desde o ensino básico, reforçando a importância da conscientização e da formação cidadã para o uso responsável desse recurso vital.

Apesar desses avanços, a realidade regional ainda revela profundas desigualdades. No Nordeste, por exemplo, as autoras Silva, Silva e Silveira (2024) apontam que o Estado tem direcionado as ações políticas relacionadas à água para o benefício dos grandes proprietários, em detrimento da população em geral. Consequentemente, os conflitos pelo uso da água tornam-se frequentes, e a população mais pobre enfrenta maiores dificuldades de acesso a esse recurso essencial. Assim, estabelece-se um vínculo direto entre a pobreza e a disputa pela água na região.

Ainda observando a perspectiva de políticas de gestão hídrica no semiárido brasileiro, concentrado principalmente na região Nordeste, ela passou a receber grandes obras de engenharia a partir da criação da Inspetoria de Obras Contra as Secas (IOCS) através do Decreto 7.619, de 21 de outubro de 1909. A partir do Decreto-Lei 8.486, de 28 de dezembro de 1945 a Inspetoria se transformou em Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e mais tarde tornou-se autarquia federal por meio da Lei nº 4.229, de 01 de junho de 1963.

O DNOCS tem por finalidade: beneficiamento de áreas e obras de proteção contra as secas e inundações, irrigação, radicação de população em comunidades de irrigantes ou em áreas especiais, abrangidas por seus projetos, subsidiariamente, outros assuntos que lhe sejam cometidos pelo Governo Federal, nos campos do saneamento básico, assistência às populações atingidas por calamidades públicas e cooperação com os Municípios. Esta autarquia construiu diversos grandes açudes nordestinos como Orós, Banabuiú e Araras (Brasil, 2021).

Entretanto, Silva Neto e Silva (2024) argumentam que a proposta do DNOCS de combater a seca apresenta limitações, pois trata-se de um fenômeno natural e recorrente do semiárido, que deve ser compreendido e enfrentado por meio de estratégias de convivência sustentável. Segundo os autores, a partir das críticas a essa visão de combate, pastorais, sindicatos e organizações da sociedade civil passaram a desenvolver alternativas mais adaptadas à realidade local, como cisternas e outras tecnologias sociais de captação e armazenamento de água da chuva. Essas iniciativas inspiraram novos investimentos em políticas públicas voltadas para a melhor convivência com a escassez hídrica no semiárido.

3.3 Aproveitamento da Água da Chuva

O aproveitamento da água da chuva constitui uma estratégia fundamental para o manejo sustentável dos recursos hídricos nas áreas urbanas, contribuindo para a redução dos impactos ambientais e para o equilíbrio ecológico. Segundo Botelho (2018), o crescimento desordenado das cidades e a impermeabilização do solo aumentam significativamente o escoamento superficial, favorecendo a ocorrência de alagamentos, erosões e o assoreamento de corpos d'água. Nesse contexto, a implantação de sistemas de captação e reaproveitamento das águas pluviais em edificações e espaços públicos surge como uma medida eficaz para mitigar esses efeitos, além de permitir o uso racional da água em atividades não potáveis, como irrigação, limpeza e descargas sanitárias.

A implementação de sistemas de captação pluvial em condomínios e demais edificações urbanas contribui para diminuir a pressão sobre as redes públicas de abastecimento, além de mitigar problemas urbanos como o excesso de escoamento superficial e a ocorrência de alagamentos. Essa prática também se destaca por promover a sustentabilidade, uma vez que possibilita o uso de um recurso natural renovável em atividades não potáveis (Ghisi e Freitas, 2024).

Do ponto de vista ambiental, o reaproveitamento da água pluvial é considerado uma importante medida mitigadora de impactos. Conforme destacam Brandão e Campos (2019), essa prática contribui para a conservação dos recursos hídricos, reduz o estresse sobre os sistemas de abastecimento e favorece a retenção e detenção das águas pluviais, diminuindo a demanda por água tratada e os riscos associados à drenagem urbana ineficiente.

Nesse mesmo sentido, Oliveira e Pereira (2023) ressaltam que o aumento populacional e o crescimento das atividades humanas intensificam a demanda por água, agravando a crise hídrica em diversas regiões, especialmente nas áreas semiáridas do Nordeste. Diante desse cenário, os autores defendem que a captação e o reaproveitamento da água da chuva representam uma alternativa eficaz para reduzir o desperdício, ampliar a disponibilidade de água e promover um desenvolvimento urbano mais sustentável.

O aproveitamento da água da chuva tem se mostrado uma alternativa estratégica para a gestão sustentável dos recursos hídricos, especialmente em regiões semiáridas, onde a irregularidade das chuvas e os efeitos das mudanças climáticas comprometem o abastecimento. Silva, Galvão e Ribeiro (2023) destacam que a adoção de sistemas de captação de águas pluviais em edificações públicas não só reduz o consumo de água potável, mas também contribui para a descentralização do abastecimento, fortalecendo a resiliência urbana. Esses sistemas permitem um uso racional da água, mesmo diante da variabilidade climática, sendo uma medida adaptativa e ambientalmente vantajosa diante dos desafios hídricos

contemporâneos. Além disso, eles ajudam a mitigar a pressão sobre os mananciais e a promover um desenvolvimento urbano mais sustentável, especialmente em áreas de alta vulnerabilidade hídrica.

3.4 Normas Técnicas Aplicáveis

O uso da água da chuva representa uma medida sustentável voltada para a diminuição do consumo de água potável em atividades que não exigem elevado padrão de qualidade, como irrigação de jardins, lavagem de pisos, descargas sanitárias e limpeza de veículos. A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) normatiza essa prática por meio da NBR 15527:2019, Aproveitamento de água da chuva de coberturas para fins não potáveis, a qual estabelece diretrizes para o projeto, a execução e a manutenção dos sistemas de captação e utilização dessa água (ABNT, 2019).

De acordo com a norma, o sistema de aproveitamento de águas pluviais é composto por diversas etapas: coleta, condução, tratamento, armazenamento e distribuição. A água é captada nas coberturas, sendo que o tipo e a dimensão dessas superfícies influenciam diretamente a quantidade e a qualidade do volume coletado. A condução ocorre por meio de calhas e tubulações que transportam a água até o reservatório, onde são realizados processos de filtragem e descarte inicial, responsáveis por eliminar impurezas, folhas e partículas sólidas que possam afetar a potabilidade e o funcionamento do sistema.

Em complemento a essas etapas, a NBR 15527:2019 estabelece os padrões mínimos de qualidade exigidos para o uso não potável da água pluvial, definindo limites para parâmetros como cor, turbidez, pH, presença de coliformes termotolerantes e teor de cloro residual. Essas diretrizes têm como objetivo garantir que o aproveitamento da água da chuva não represente riscos à saúde humana nem cause danos às instalações hidráulicas. A norma também recomenda a completa separação entre as redes de água potável e de água pluvial, prevenindo qualquer possibilidade de contaminação cruzada.

Além disso, a normativa especifica os usos não potáveis que abrangem: sistemas de resfriamento de água, descargas de bacias sanitárias e mictórios (independentemente do tipo de acionamento), lavagem de veículos e pisos, reserva técnica de incêndio, uso ornamental (em fontes, chafarizes e lagos) e irrigação paisagística. Para usos não contemplados pela norma, cabe ao responsável técnico pelo projeto definir os parâmetros de qualidade e as especificações de tratamento adequadas, de forma a garantir a segurança e eficiência do sistema.

Outra norma utilizada para o projeto de aproveitamento de águas pluviais é a ABNT NBR 10844 de 1989 que trata das instalações prediais de águas pluviais. A norma traz diretrizes para cálculo das áreas de contribuição do sistema de coleta, cálculo da vazão de projeto e dimensionamento de calhas, condutores horizontais e verticais. Ela também determina que a duração da precipitação utilizada para a determinação da intensidade pluviométrica deve ser de 5 minutos e orienta sobre o tempo de retorno que deve ser usado no cálculo de acordo com o tipo de cobertura (ABNT, 1989).

Já a ABNT NBR 5626 de 2020 que trata de sistemas prediais de água fria e água quente não aborda especificamente sobre águas pluviais, porém indica que quando houver sistema de água não potável este deve ser totalmente independente, para que não haja conexão cruzada com o sistema de água potável (ABNT, 2020).

3.5 Uso da Água em Instituições Públicas de Ensino

Considerando a atual situação ambiental, as instituições de ensino superior que desenvolvem pesquisa e extensão necessitam gerir os recursos hídricos de forma eficiente (Almeida, 2021). Nesse sentido, Meira (2022) destaca a importância da realização de projetos voltados à conservação da água em universidades tendo em vista que concentram grande número de pessoas, o que gera alto consumo.

Na Universidade do Estado de Santa Catarina, em Joinville (SC), por exemplo, foi realizada pesquisa em um edifício de salas de aula com o objetivo de determinar os usos finais da água durante um ano. A partir do estudo, observou-se que, do total consumido no intervalo de tempo avaliado, as bacias sanitárias representaram 60,39%, as torneiras dos lavatórios 20,96%, os mictórios 12,08%, os bebedouros 4,98% e as torneiras de limpeza 1,59%. Esses resultados evidenciam que mais de 70% da demanda poderia ser atendida com água não-potável (Estrada; Kalbusch; Henning, 2021).

Em estudo semelhante, realizado em uma escola de ensino infantil e fundamental 1 de Londrina (PR), também foi observado grande uso de água para fins não potáveis. A pesquisa desenvolvida na Escola Municipal João XXIII com o objetivo de avaliar a possibilidade de substituição de água tratada por água de reúso ou pluvial. Constatou-se que 66,25% da água consumida é utilizada para fins não-potáveis (Buso Weiller; Santos, 2019).

Outro estudo, conduzido na Universidade de Caxias do Sul, identificou vazamentos e práticas ineficientes de uso da água. A partir do diagnóstico, foram propostas medidas de racionalização, como substituição de equipamentos hidráulicos por opções de baixo consumo,

campanhas educativas, manutenção preventiva da rede, adoção de espécies vegetais que demandem menos água nos jardins, entre outras. Também foram sugeridos o aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis e o reúso da água de aparelhos de ar-condicionado (Carli *et al.*, 2013).

De forma complementar, Geraldi *et al.* (2020) avaliaram o desempenho de um sistema de aproveitamento de águas pluviais instalado em uma escola da rede privada em São José (SC). O sistema foi implantado para uso nas bacias sanitárias e mictórios da instituição. De acordo com o estudo, o uso do sistema proporcionou redução de 28,3% no consumo de água potável e o período de retorno do investimento foi de dois anos.

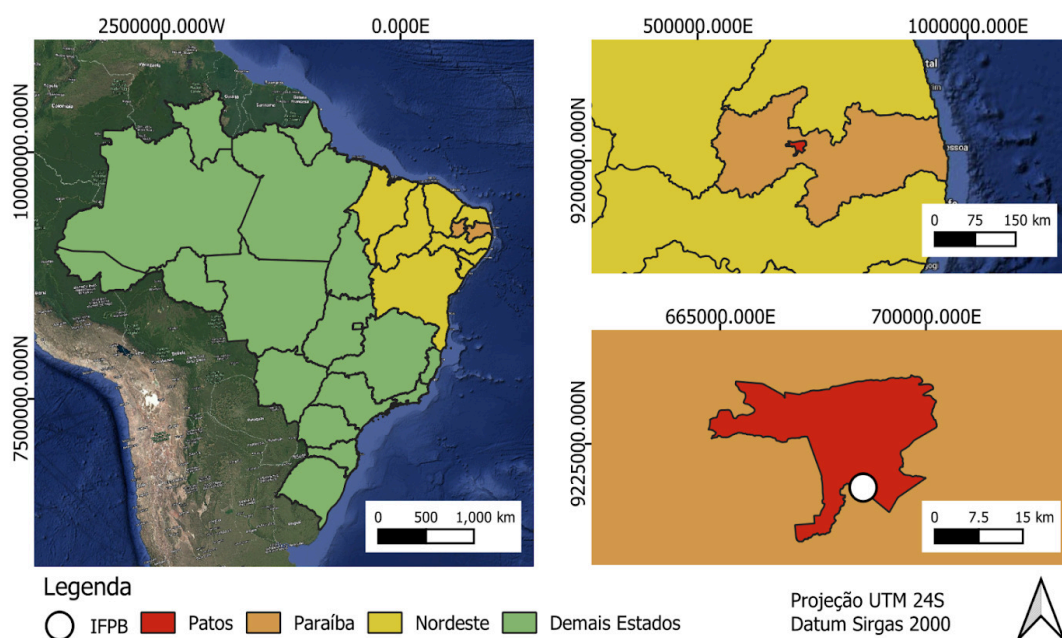
4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização do objeto de estudo

O objeto deste estudo é a avaliação da captação de água pluvial e do aproveitamento a partir da cobertura do Bloco II do Instituto Federal da Paraíba (IFPB) – *Campus Patos*. A edificação possui a maior área da cobertura em telhado de fibrocimento de duas águas, com inclinação de 8%, além de uma área menor também em fibrocimento de uma água com inclinação de 8% e laje impermeabilizada sobre o reservatório de água com inclinação de 2%. As calhas são constituídas por lajes impermeabilizadas, e há uma claraboia central, de seção semicircular confeccionada em chapa de polycarbonato alveolar.

Segundo a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2005), O município de Patos, situado na região Centro-Oeste da Paraíba, integra a Mesorregião do Sertão Paraibano e ocupa uma área de 506,5 km², a 242 metros de altitude, tendo como principal via de acesso a BR-230. Localizado no Polígono das Secas, apresenta clima quente e semiárido, com pluviometria média anual de 715,3 mm, concentrada entre janeiro e abril. As temperaturas médias variam entre 27 °C e 28 °C, com períodos secos de 7 a 11 meses ao ano. Patos possui população estimada para 2025 em 108104 pessoas e cerca de 473 km² de acordo com o IBGE (2022). A localização está ilustrada na figura 2, abaixo:

Figura 2 – Localização do IFPB *Campus Patos*.



Fonte: Autores (2026).

4.2 Equação de Chuva

A equação de chuvas intensas seguirá o formato apresentado por Bertoni e Tucci (2020) e utilizada por Nóbrega e Neves (2024), conforme a equação. Essa expressão estabelece a relação entre a intensidade da precipitação, a duração do evento e o período de retorno, permitindo obter estimativas de chuvas extremas em diferentes cenários. A aplicação dessa equação é fundamental em estudos hidrológicos e no dimensionamento de obras hidráulicas, pois fornece subsídios técnicos para o planejamento de sistemas de drenagem e para o manejo adequado dos recursos hídricos em situações de eventos críticos.

$$I = \frac{a \cdot Tr^b}{(t+c)^d}$$

Eq. (01)

- I = Intensidade da chuva (mm/h);
- Tr = Tempo de retorno (anos);
- t = Duração da chuva (minutos);
- a, b, c, d = Parâmetros da equação (adimensional).

4.3 Área de Captação

De acordo com a ABNT NBR 10844 (1989) que trata de instalações prediais de águas pluviais, a estimativa da área de captação foi obtida a partir da análise do projeto arquitetônico do bloco II do IFPB, cuja cobertura apresenta formato de duas águas inclinadas, além de uma parte com lajes impermeabilizadas e uma claraboia central em forma semicilíndrica.

Para o cálculo das áreas de contribuição de telhados inclinados, aplicou-se a seguinte expressão:

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) \times b$$

Eq. (02)

Onde:

- A = área de contribuição (m²);
- a = metade da largura do telhado (m);
- b = comprimento do telhado (m);
- h = altura da cumeeira (m).

Nas lajes impermeabilizadas, utilizou-se a fórmula de área de contribuição aplicada a telhados inclinados, em razão da inclinação existente na laje. Já para o cálculo da área de contribuição da superfície da claraboia, adotou-se o produto entre o comprimento do arco e sua extensão, ou seja, a área de sua superfície, já que não está previsto em norma cálculo específico para este formato de cobertura.

Por fim, para o cálculo da área de captação das paredes que interceptam água da chuva que é drenada para a cobertura, como as platibandas e as paredes do reservatório de água o cálculo, em casos de superfícies retangulares, é realizado conforme a expressão:

$$A = \left(\frac{a \times b}{2}\right)$$

Eq. (03)

Onde:

- A = área de contribuição (m²);
- a = largura da parede (m);
- b = altura da parede (m).

Analogamente, embora não previsto na norma supracitada, em paredes com área de captação trapezoidal devido à inclinação do telhado, procede-se ao cálculo da área e posterior divisão por 2, conforme a equação:

$$A = (B + b) \times \frac{a}{4}$$

Eq. (04)

Onde:

- A = área de contribuição (m²);
- B = Altura maior da parede (m);
- b = Altura menor da parede (m);
- a = largura da parede (m).

4.4 Coeficiente de Escoamento Superficial

O coeficiente de escoamento foi definido como 0,8, conforme valor utilizado por Almeida (2021) para fibrocimento que é a superfície de maior área na cobertura do bloco em estudo. Esse coeficiente reflete a capacidade da superfície em conduzir a água da chuva, variando conforme o material empregado. No caso da área estudada, cuja cobertura é composta majoritariamente por telhas de fibrocimento, conforme já mencionado, o material

apresenta um desempenho eficiente no escoamento superficial, embora possam ocorrer pequenas perdas por absorção e respingos.

4.5 Precipitação

A precipitação média utilizada para o dimensionamento de sistemas de aproveitamento de água pluvial deve ser obtida a partir de dados pluviométricos locais, considerando tanto a precipitação média mensal quanto diária. Para isso, podem-se utilizar séries históricas de chuva fornecidas por estações meteorológicas oficiais, como a estação Patos/EMBRAPA, localizada no município de Patos-PB, na bacia do Rio Espinharas (lat. -7,0008; long. -37,3131; alt. 242 m). Os dados coletados entre 1994 e 2023, disponíveis no HidroWeb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), fornecem totais mensais de precipitação em milímetros, permitindo uma análise confiável das médias pluviométricas para a região.

A Tabela 1 apresenta um trecho da série histórica de precipitação do posto Patos/EMBRAPA. A escolha dessa estação pluviométrica fundamentou-se em critérios técnicos, como a proximidade com a área de estudo, a representatividade climática para o município de Patos, a confiabilidade institucional dos dados disponibilizados pela EMBRAPA e a extensão da série histórica disponível, que garante maior consistência estatística na determinação da precipitação média anual da região.

Tabela 1: Dados pluviométricos parciais do posto Patos/EMBRAPA.

Município/Posto	Altitude (m)	Bacia	Latitude	Longitude	Oficial	Ano	Mês	Total (mm)
Patos/EMBRAPA	242	Espinharas	-7,0008	-37,3131	Sim	1994	1	241
Patos/EMBRAPA	242	Espinharas	-7,0008	-37,3131	Sim	1995	1	46,6
Patos/EMBRAPA	242	Espinharas	-7,0008	-37,3131	Sim	1996	1	62,7
Patos/EMBRAPA	242	Espinharas	-7,0008	-37,3131	Sim	1997	1	202,1
Patos/EMBRAPA	242	Espinharas	-7,0008	-37,3131	Sim	1998	1	68,6
Patos/EMBRAPA	242	Espinharas	-7,0008	-37,3131	Sim	1999	1	85,2

Fonte: *Hidroweb* – Séries Históricas de Estações - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2024).

4.6 Volume de Água Disponível

O cálculo do volume de água de chuva representa a quantidade potencial de água que pode ser coletada a partir da superfície de captação, neste caso, o telhado do Bloco II do Instituto Federal da Paraíba (IFPB), e utilizada para fins não potáveis. O volume de água

disponível pode ser determinado, de acordo com a ABNT NBR 15527 de 2019, pela seguinte equação:

$$V_{disp} = \frac{P \cdot A \cdot C \cdot \eta}{1000}$$

Eq. (05)

Onde:

- V_{disp} = volume de água disponível (m³);
- P = precipitação média mensal ou diária (mm);
- A = área de captação (m²);
- C = coeficiente de escoamento superficial, ou de Runoff, (adimensional);
- η = é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado. Estes dados podem ser fornecidos pelo fabricante ou estimados pelo projetista. Na falta de dados, recomenda-se o fator de captação de 0,85.

4.7 Demanda de Água

Foi realizado o levantamento do número de pessoas que utilizam o bloco estudantil, abrangendo o quantitativo de alunos que utilizam o local. Esse levantamento permitirá estimar a população real atendida pela edificação, fornecendo base para o cálculo da demanda de água. A partir desses dados, será possível aplicar o consumo per capita indicado para edificações de uso educacional, possibilitando determinar o consumo médio diário e as vazões de projeto necessárias para o dimensionamento adequado do sistema de armazenamento.

No bloco existem três banheiros femininos e três banheiros masculinos, distribuídos nos três pisos da edificação. Cada banheiro feminino possui quatro vasos sanitários, enquanto cada banheiro masculino é equipado com quatro vasos sanitários e dois mictórios. Além das descargas de vasos e mictórios, outro uso não potável na edificação é a lavagem de pisos.

Para o consumo *per capita* será considerado o valor de 22 L/(p.dia) conforme estipulado por Almeida (2021, p. 39). Porém, verifica-se a necessidade da redução desse valor para atendimento apenas aos usos não-potáveis da água em escolas técnicas e universidades que o autor descreve, onde 50% destina-se a bacias sanitárias, 13% são usados em mictórios, 5% para limpeza do prédio e 1% para irrigação, totalizando 69% dos usos finais da água nessas instituições como não-potáveis, ou seja, 15,2 L/ (p.dia) (Almeida, 2021, p. 31).

4.8 Determinação da Vazão de Projeto

A vazão de projeto de um sistema de captação de águas pluviais indica a quantidade máxima de água que pode ser conduzida ou armazenada em um período de precipitação intensa. Pode ser estimada pela seguinte relação:

$$Q = \frac{(I \times A)}{60}$$

Eq. (06)

onde:

- I = intensidade de chuva (mm/h), obtida a partir de estudos hidrológicos da região
- A = área de contribuição (m²), que representa a superfície responsável por coletar a água da chuva.

4.9 Dimensionamento de Calhas e Condutores

O dimensionamento de calhas visa garantir que a água pluvial seja escoada de forma eficiente, evitando extravasamentos ou acúmulo excessivo. Para isso, utiliza-se a equação de Manning-Strickler, que relaciona a vazão com o perfil hidráulico e a rugosidade do canal:

$$Q = 60000 \times \frac{A_m}{n} \times R_h^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}}$$

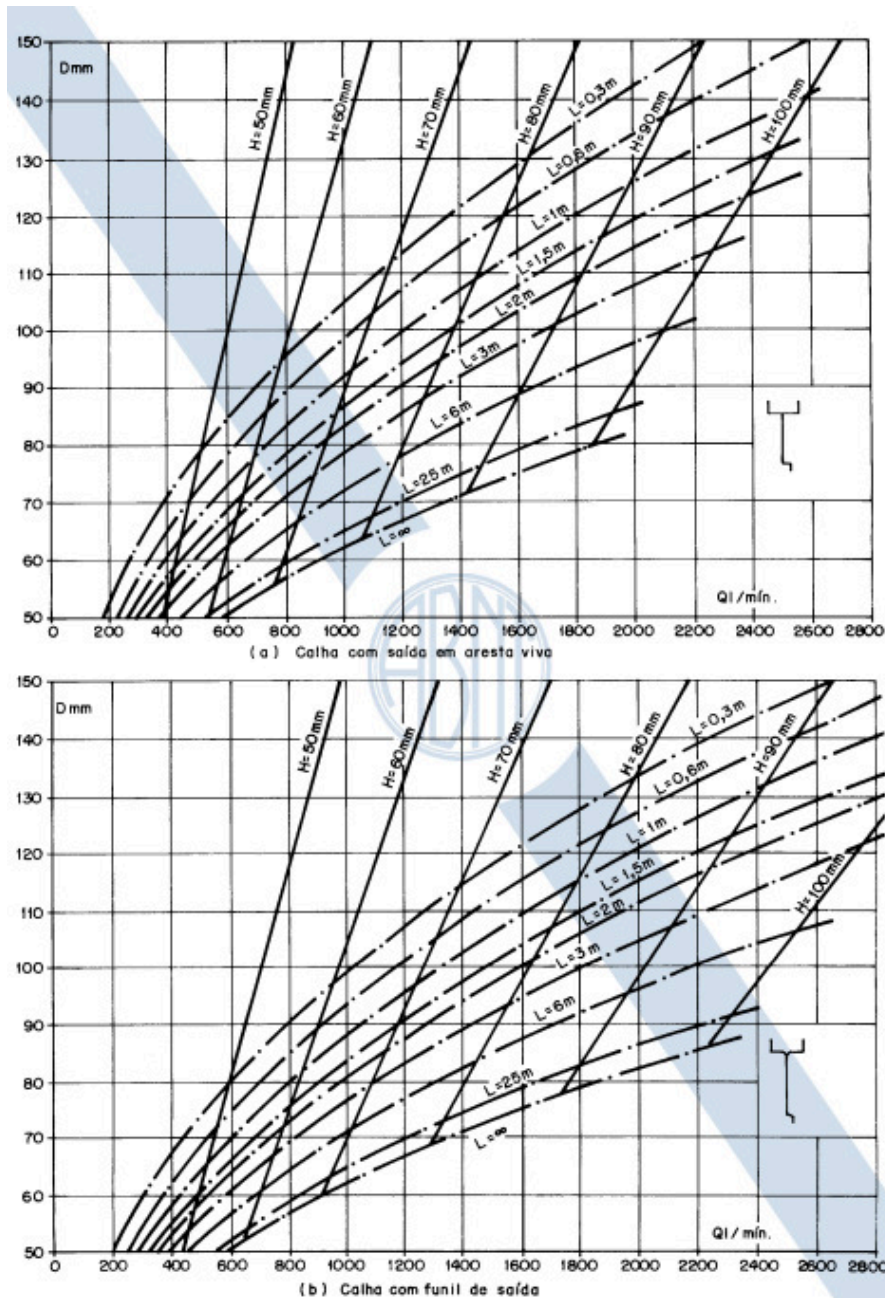
Eq. (07)

onde:

- A_m = área molhada da calha (m²);
- n = coeficiente de rugosidade, que depende do material da calha;
- R_h = raio hidráulico (m);
- I = inclinação do conduto.

Para os condutores verticais, recomenda-se o uso dos ábacos da NBR 10844, que fornecem uma referência prática da capacidade de escoamento conforme a vazão do projeto e a intensidade de precipitação, conforme figura 3 a seguir:

Figura 3 - Ábacos para a determinação de diâmetros de condutores verticais.



Fonte: ABNT NBR 10844 (1989).

Já os condutores horizontais devem ser dimensionados garantindo que a lâmina de água não exceda $2/3$ do diâmetro interno do tubo, evitando perdas de eficiência e possíveis entupimentos. Esse dimensionamento considera que o sistema deve escoar rapidamente o volume de água de superfície, prevenindo danos estruturais e mantendo a segurança e funcionalidade da edificação.

4.10 Descarte do escoamento inicial

A ABNT NBR 15527 de 2019 orienta que seja dimensionado mecanismo de descarte para 2 mm da precipitação inicial. O cálculo deve ser realizado conforme mostrado abaixo:

$$V = A \times C \times h$$

Eq. (08)

onde:

- V = volume de água a ser descartado (m³);
- A = área de captação em projeção horizontal (m²);
- C = coeficiente de escoamento superficial;
- h = lâmina de chuva (m).

4.11 Estimativa de volume para reservatórios de água pluvial

O cálculo do volume de reservação é importante para o aproveitamento da água de chuva e para controlar o escoamento em eventos intensos. Entre os métodos utilizados, destacam-se:

4.11.1 Método de Azevedo Neto

$$V = [0,042 \times P \times A \times T]$$

Eq. (09)

onde:

- 0,042 = coeficiente;
- P = precipitação média anual (mm);
- A = área de captação em projeção (m²);
- T = período de estiagem ou meses com chuva reduzida;
- V = volume estimado de armazenamento (L).

4.11.2 Método inglês

$$V = 0,05 \times P \times A$$

Eq. (10)

onde:

- 0,05 = coeficiente;
- P = precipitação média anual (mm);
- A = área de captação em projeção (m²);
- V = volume de água disponível para aproveitamento (L).

Esses métodos permitem avaliar de forma simplificada a capacidade necessária do reservatório, considerando tanto o regime pluviométrico local quanto o objetivo do sistema, seja para aproveitamento ou para controle de enchentes.

4.12 Dimensionamento da bomba de recalque

O dimensionamento do sistema elevatório requer a determinação da potência do conjunto motobomba necessária para superar o desnível geométrico entre os reservatórios inferior e superior, além das perdas de carga ao longo da instalação. Assim, uma das maneiras de se obter a potência exigida pela bomba encontra-se disponível no Manual de Hidráulica, de Azevedo Netto (2015), por meio da seguinte expressão:

$$P = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H_{Man}}{75 \cdot \eta}$$

Eq. (11)

onde:

- P = Potência do motor bomba (CV);
- γ = é o peso específico do fluido (kgf/m³);
- Q = é a vazão bombeada (m³/s);
- H_{Man} = é a altura manométrica da instalação (m);
- η = é o rendimento da bomba (adimensional).

Dessa forma, a altura manométrica total do sistema deve ser determinada a partir da adição da diferença de nível entre os reservatórios e das perdas de energia causadas pelo escoamento ao longo da tubulação, tanto as distribuídas quanto as localizadas, adotando-se o percurso hidráulico que apresenta as maiores perdas.

$$H_{Man} = H_G + \Sigma \Delta h$$

onde:

- H_{man} = Altura manométrica (m);

- H_G = Altura geométrica (m);
- Q = é a vazão bombeada (m^3/s);
- $\Sigma\Delta h$ = Somatórios das perdas de cargas distribuídas e localizadas (m).

4.13 Viabilidade econômica

4.13.1 Custo dos materiais hidráulicos do sistema

Foram levantados os valores dos principais insumos de natureza hidráulica a partir de lojas *online* a fim de observar os custos que podem impactar mais a possível implantação do sistema, como bombas, filtros, caixas de água, etc.

4.13.2 Economia de água

A análise de viabilidade econômica do sistema de aproveitamento de água de chuva tem como finalidade verificar se o investimento realizado para sua implantação apresenta retorno financeiro positivo ao longo do tempo, considerando tanto os custos de instalação e operação quanto os benefícios econômicos gerados pela sua utilização.

Conforme destaca Almeida (2021), essa avaliação fundamenta-se na estimativa da economia monetária obtida pela redução do consumo de água potável fornecida pela rede pública, descontando-se os custos adicionais decorrentes do uso de energia elétrica necessária para o bombeamento da água de chuva.

A economia mensal de água potável, expressa em reais (R\$), pode ser calculada por meio da diferença entre o custo médio mensal de consumo de água antes da implantação do sistema e o custo médio após sua instalação, acrescido do gasto mensal com energia elétrica do sistema de bombeamento, conforme apresentado na Equação 10.

$$E = CM_1 - (CM_2 + CM_E)$$

Eq. (10)

onde:

E = economia monetária obtida com a utilização da água de chuva, expressa em reais por mês (R\$/mês);

CM_1 = custo médio mensal de água potável antes da implantação do sistema de aproveitamento de água de chuva (R\$/mês);

CM_2 = custo médio mensal de água potável após a implantação do sistema de aproveitamento

de água de chuva (R\$/mês);

CM_E = custo médio mensal de energia elétrica destinado ao funcionamento do sistema de bombeamento da água de chuva (R\$/mês).

Ressalta-se que, como não há hidrômetro exclusivo para o Bloco II em estudo, o custo médio mensal de água potável antes da implantação do sistema foi estimado com base na demanda de usos não potáveis previamente calculada para o referido bloco.

A estimativa do benefício financeiro gerado pelo sistema baseou-se na redução do volume de água fornecida pela rede pública ao IFPB – *Campus Patos* com a implementação do sistema de reaproveitamento de águas pluviais. Para essa análise, utilizou-se a tarifa de abastecimento vigente, definida pela concessionária responsável pelo serviço. O modelo tarifário adota uma faixa mínima de consumo de 10 m³, cujo valor é cobrado de forma fixa, enquanto os volumes que ultrapassam essa faixa são classificados como consumo excedente e tarifados de maneira progressiva. No Campus não existe coleta de esgoto por parte da concessionária, portanto, a tarifa referente não é cobrada. Os valores apresentados na Tabela 2, a seguir:

Tabela 3: Sistema de Tarifa da Cagepa.

CATEGORIA PÚBLICO:				
FAIXAS DE CONSUMO MENSAL	ÁGUA	ESGOTO	A + E	% ESGOTO
Tarifa Mínima - Consumo até 10 m ³	111,08	111,08	222,16	100%
acima de 10 m ³ (p/m ³)	18,64	18,64		100%

Fonte: Agência de Regulação do Estado da Paraíba (ARPB), (2025).

4.13.3 Consumo de energia da Bomba

Em relação à estimativa do gasto de energia elétrica da bomba no sistema de aproveitamento de água de chuva, Yoshino (2012) descreve que o procedimento baseia-se na determinação do consumo energético necessário para o recalque da água armazenada no reservatório inferior até o reservatório de distribuição.

Inicialmente, foram definidas as características técnicas do conjunto moto-bomba, incluindo sua potência nominal (P_{bomba}) e a vazão de operação, de forma a atender à demanda diária de água não potável prevista no sistema. Em seguida, estabeleceu-se o tempo médio de funcionamento diário (t) e o número de dias de operação mensal (N), considerando a rotina de abastecimento e o regime de utilização da água de chuva no local de estudo.

Para estimar o custo mensal de energia elétrica associado ao funcionamento da bomba (CM), utilizou-se a tarifa vigente da concessionária local (V_{energia}) multiplicada pelo consumo mensal calculado, conforme a Equação (2):

$$CM_{\text{energia}} = P_{\text{bomba}} \cdot t \cdot n$$

Eq. (11)

onde:

CM_{energia} = consumo mensal de energia elétrica (kWh/mês);

P_{bomba} = potência da bomba (kW);

t = tempo de funcionamento diário (h/dia);

n = número de dias de funcionamento no mês.

Para estimar o custo mensal de energia elétrica associado ao funcionamento da bomba, utilizou-se a tarifa vigente da concessionária local, multiplicando-se o valor da energia por quilowatt-hora (R\$/kWh) pelo consumo mensal obtido em quilowatt-hora (kWh/mês). A partir dessas expressões, é possível estimar o gasto energético referente ao bombeamento da água de chuva, permitindo avaliar a eficiência e a viabilidade energética do sistema proposto.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Intensidade da Chuva

A intensidade pluviométrica foi determinada por meio da aplicação da equação de chuva, utilizando-se os coeficientes específicos para o município de Patos–PB. Os parâmetros a, b, c e d, essenciais para a caracterização da relação intensidade–duração–frequência (IDF), foram obtidos a partir dos estudos de Nóbrega e Neves (2024), que disponibilizam valores ajustados às particularidades climáticas da região calculados a partir da dados pluviométricos da Embrapa do período de 1994 a 2022.

Adicionalmente, adotaram-se os parâmetros T (tempo de retorno) e t (duração da precipitação), fixados em 5 anos e 5 minutos, respectivamente, conforme as recomendações estabelecidas pela ABNT NBR 10844:1989. Na tabela 03 a seguir, é possível visualizar de forma organizada todos os valores empregados na análise.

Tabela 4 - Cálculo da intensidade pluviométrica.

Estação		Equação IDF				Intensidade Pluviométrica	
Município	a	b	c	d	T (anos)	t (minutos)	I (mm.h)
Patos-PB	527,202	0,351	9,18	0,706	5	5	142,636969

Fonte: Autores (2026).

5.2 Área de Contribuição

A partir da análise do projeto arquitetônico do bloco II e do levantamento das dimensões da cobertura, foi determinada a área de contribuição para a captação das águas pluviais. Ela é formada por diferentes materiais e elementos construtivos, dentre eles: telhas de fibrocimento, policarbonato, laje impermeabilizada, calhas e platibandas. As áreas de contribuição estão detalhadas na tabela 4, abaixo:

Tabela 5 - Áreas de contribuição da cobertura.

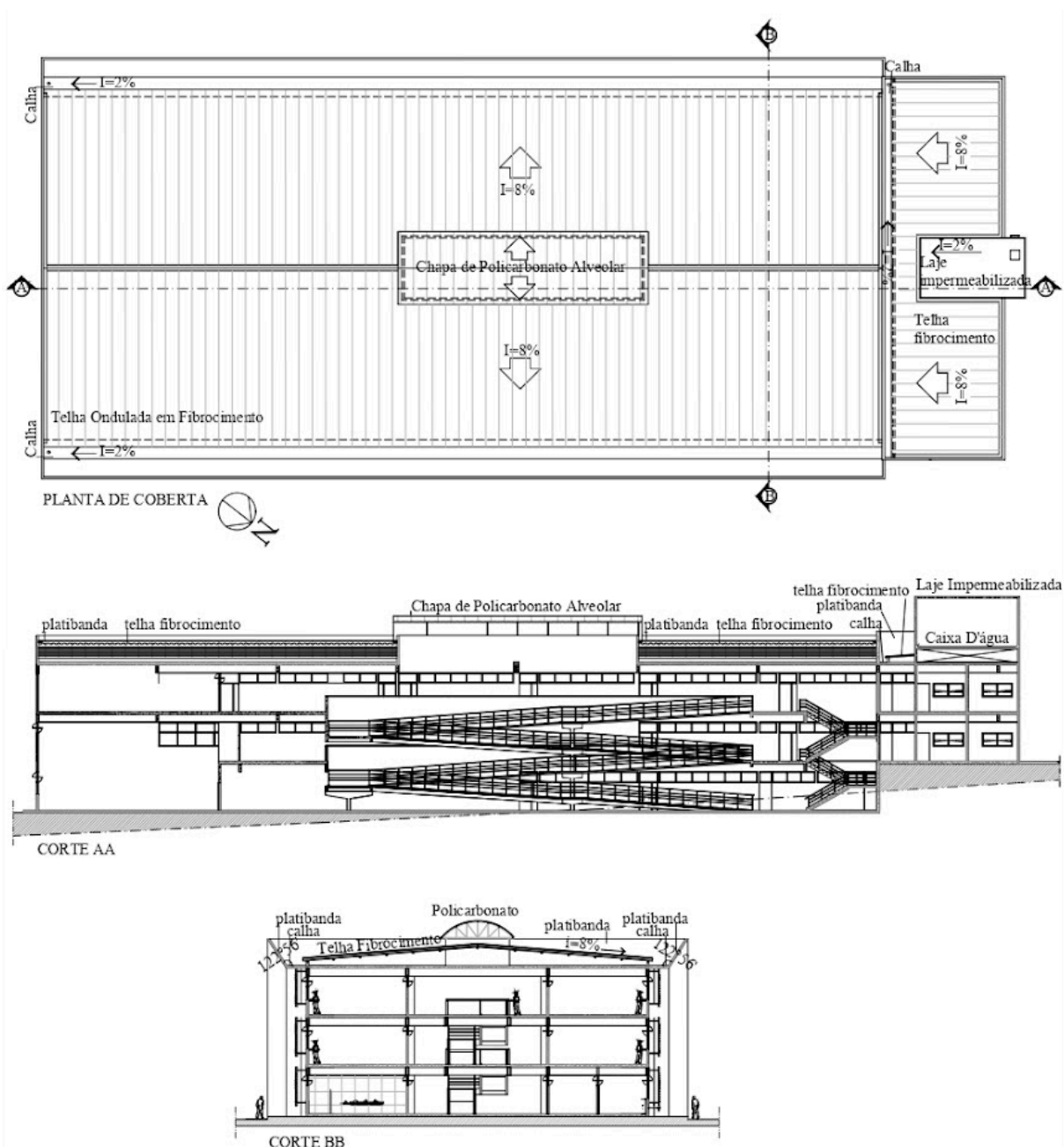
Áreas de Captação					
Materiais	Fibrocimento	Concreto impermeabilizado	Policarbonato	Alvenaria	Total
áreas (m²)	1843,62	474,72	115,44	127,90	2561,67

Fonte: Autores (2026).

A partir da observação da tabela supracitada, observa-se que o fibrocimento é o material mais utilizado na cobertura do bloco II, seguido pelo concreto impermeabilizado que

está presente tanto na laje do reservatório de água, quanto nas calhas e nas platibandas inclinadas que existem na edificação. O polycarbonato foi empregado em uma claraboia central empregada para trazer luz natural ao prédio e a alvenaria considerada na área de contribuição corresponde às platibandas e paredes do reservatório de água que tem seu escoamento de águas pluviais direcionado para a coberta. A planta de coberta e os cortes do bloco II podem ser vistos na figura 4, a seguir:

Figura 4 - Planta de coberta, corte AA e corte BB do bloco II do IFPB (antigo CEFET).



Fonte: Adaptado de BATISTA (2008).

5.3 Volume de Água Disponível

O volume de água de chuva passível de aproveitamento foi estimado a partir da série histórica de registros pluviométricos no período de 1994 a 2023, sendo calculada a média mensal com base nos últimos 30 anos de dados disponíveis. Para o dimensionamento do sistema de captação pluvial, foi adotado um coeficiente de escoamento superficial (C) igual a 0,8, valor compatível com superfícies de baixa permeabilidade, como coberturas em telhas de fibrocimento e metálicas, em conformidade com as diretrizes estabelecidas pela ABNT NBR 15527/2019 que trata sobre o aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis.

A partir da média de precipitações para cada mês de 1994 a 2023 foi realizado o cálculo do volume de água disponível. Verificou-se que de junho a novembro as ocorrências de precipitações apresentam as menores médias, conforme mostra a tabela 5, abaixo:

Tabela 5 - Volume de água disponível.

Volume Disponível (m³)												
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Precipitação (mm)	102,30	127,65	195,19	139,96	75,59	26,22	13,28	6,15	1,34	6,58	17,92	43,71
Volume Disponível (m³)	178,19	222,36	340,00	243,80	131,68	45,67	23,14	10,71	2,34	11,46	31,22	76,13

Fonte: Autores (2026).

5.4 Demanda de água

Por se tratar de uma Instituição Federal de Ensino que funciona com Ensino Médio Integrado a Curso Técnico, Curso Técnico Subsequente e Curso Superior, a população de estudantes torna-se bastante flutuante. Desta forma, buscou-se basear o levantamento de quantitativo de alunos para cálculo da demanda de água com base nas salas de aula que são utilizadas diariamente que são 10 que funcionam geralmente nos turnos matutino, vespertino e noturno, com capacidade para cerca de 30 alunos por turma.

Desta forma, considerando a capacidade total de estudantes nas salas de aula regulares e os usos não potáveis a demanda anual pode ser estimada em 7989,12 m³ ou 656,64 m³ mensais de água para usos não-potáveis.

5.5 Vazão de projeto

A vazão de projeto calculada para a cobertura do Bloco II, considerando a área de laje impermeabilizada da caixa de água e a área de telha de fibrocimento adjacente foi de 827,57 L/min, enquanto a vazão de projeto encontrada para cada uma das laterais da porção maior de telhado com áreas de fibrocimento, concreto impermeabilizado e policarbonato foi de 2631,13 L/min, totalizando 6089,82 L/min de vazão de projeto.

5.6 Calhas e condutores

Como as calhas foram executadas conforme o projeto de construção do *Campus*, os cálculos têm a finalidade de verificar se elas atendem à vazão de projeto calculada de acordo com as áreas de contribuição dos telhados. Já no caso dos condutores verticais e horizontais, o objetivo é realizar o seu dimensionamento, tendo em vista que ainda não foram implementados no bloco II, nem estão previstos no projeto original.

5.6.1 Calhas

A maior área de captação da edificação é composta por duas águas, sendo adotada uma calha de seção trapezoidal em cada extremidade do telhado. Já a área localizada sob o reservatório de água apresenta cobertura com apenas uma água, utilizando-se, nesse caso, uma calha de seção retangular. A partir dos cálculos hidráulicos realizados, verificou-se que a calha retangular da área adjacente ao reservatório de água possui capacidade de escoamento de 16.872,44 L/min, atendendo adequadamente à vazão de projeto, estimada em 827,57 L/min.

As calhas trapezoidais empregadas na porção de maior extensão do telhado do Bloco II apresentam capacidade de escoamento de até 53.549,80 L/min, sendo, portanto, suficientes para atender à vazão de projeto de 2.631,13 L/min em cada lateral. Ressalta-se que, em um dos lados, ocorrerá o acréscimo da vazão proveniente da calha retangular anteriormente mencionada, totalizando 3.458,70 L/min, valor que também se encontra dentro da capacidade de escoamento da calha trapezoidal adotada.

5.6.2 Condutores verticais

Com base no dimensionamento realizado por meio do ábaco da NBR 10844, verificou-se que os condutores verticais com diâmetro nominal de 100 mm seriam suficientes para atender à demanda da cobertura em análise. No entanto, constatou-se a pré-existência de saídas com diâmetro de 200 mm na edificação (ABNT, 1989).

Dessa forma, considera-se tecnicamente viável e adequada a adoção dos condutores verticais com diâmetro nominal de 200 mm, aproveitando a infraestrutura existente, sem prejuízo ao desempenho hidráulico do sistema de drenagem pluvial.

5.6.3 Condutores horizontais

Verificou-se que cada condutor horizontal com diâmetro nominal de 200 mm e inclinação de 4% apresenta capacidade de escoamento de 3.646,16 l/min, sendo suficiente para atender à vazão de projeto de 3.458,70 l/min referente ao lado do telhado em que ocorre a soma das vazões da calha trapezoidal com a calha retangular da área do reservatório de água potável.

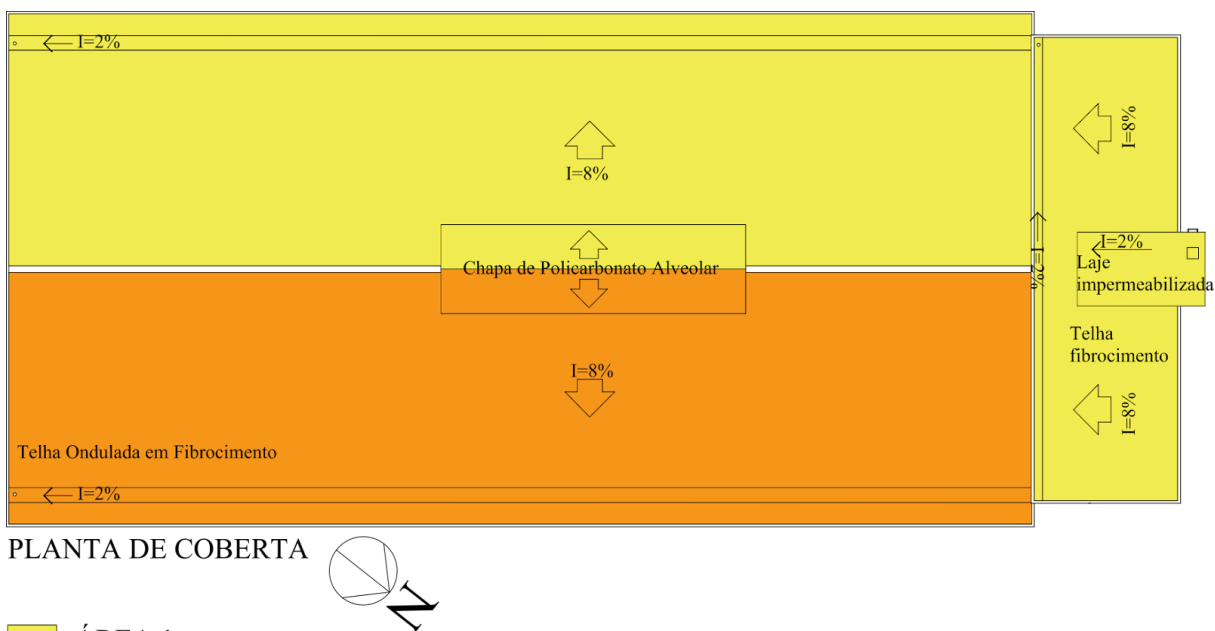
Da mesma forma, esse diâmetro também atende à demanda da outra área de cobertura, cuja vazão de projeto é de 2.631,13 l/min. Os referidos tubos serão utilizados para interligar os condutores verticais aos reservatórios de descarte, bem como para a conexão entre os reservatórios de descarte e o reservatório inferior, garantindo o adequado escoamento das águas pluviais.

5.7 Dimensionamento do reservatório de descarte do escoamento inicial

Considerando o descarte de 2 mm da precipitação inicial, o coeficiente de escoamento superficial de 0,8 e área de projeção horizontal da coberta de 2220,6 m², observou-se a necessidade de dividir o descarte em dois reservatórios considerando que as calhas possuem duas saídas principais, cada uma atendendo a uma das laterais da maior porção do telhado. Além disso, a área da cobertura do reservatório de água e região adjacente, tem apenas uma saída que pode ter seu fluxo direcionado a uma das laterais.

Dessa forma, é possível obter a área de projeção horizontal 1 que corresponde a 1231,21 m² e deve ter descarte de 1,97 m³ e a área de projeção horizontal 2 com 989,39 m² que resulta em 1,58 m³ de descarte de precipitação inicial. As áreas consideradas estão ilustradas na figura 5, a seguir:

Figura 5 - Áreas de captação para cálculo do escoamento inicial a ser descartado.



Fonte: Autores (2026).

Considerando o método aplicado, podem ser empregados reservatórios de polietileno de 2000 l e 1500 l para captar as águas para descarte de precipitação inicial das áreas 1 e 2, respectivamente.

5.8 Dimensionamento do reservatório

Foram adotados os métodos de Azevedo Neto e Inglês para o dimensionamento do volume de água do reservatório destinado ao Bloco II do IFPB – *Campus* Patos. A aplicação dessas metodologias tem como objetivo possibilitar a comparação entre os volumes obtidos a fim de identificar qual apresenta maior viabilidade para futura implantação do sistema de captação e armazenamento de águas pluviais.

5.8.1 Método Azevedo Neto

A partir do Método de Azevedo Neto, considerando a área de projeção da cobertura de 2.220,60 m² e um período de sete meses de baixa pluviosidade, obteve-se a necessidade de uma reservação total de 493,48 m³. Apesar desse valor resultar em um reservatório relativamente grande, é necessário observar os longos períodos de estiagem enfrentados na região que são levados em consideração no método de cálculo.

5.8.2 Método Inglês

Aplicando-se o Método Inglês, o volume calculado para o reservatório foi de 83,93 m³, valor correspondente a aproximadamente 17% daquele indicado pelo Método de Azevedo Neto. Essa diferença significativa evidencia que o Método Azevedo Neto tende a ser mais conservador no dimensionamento do volume de armazenagem, enquanto o Método Inglês resulta em uma estimativa consideravelmente menor, devido aos distintos princípios adotados por cada abordagem.

Considerando a demanda de água para usos não potáveis e o volume potencialmente disponível conforme as médias históricas de precipitação mensal, observa-se que a demanda é de aproximadamente 656 m³ por mês, enquanto o volume máximo mensal de água captada foi estimado em 340 m³. Dessa forma, o reservatório dimensionado pelo Método Inglês mostra-se suficiente para atender ao sistema, uma vez que a água captada ao longo de cada mês provavelmente será integralmente consumida dentro do mesmo período, sem necessidade de grandes volumes de armazenamento.

Considerando a expressiva capacidade de armazenamento que o reservatório inferior deve apresentar, verificou-se a necessidade da divisão em dois reservatórios para facilitar a construção e manutenção. Dessa forma, visando a economia e viabilidade projetual, previu-se a interligação dos reservatórios inferiores de águas pluviais por meio de condutor horizontal sem inclinação, para a implantação da bomba apenas na caixa inferior mais próxima da superior destinada para o reúso de águas pluviais.

5.8.3 Reservatório superior

Para garantir o suprimento das demandas não potáveis de água em todos os pavimentos da edificação faz-se necessária a implantação de reservação superior. Considerando ainda, a necessidade de limpeza ou manutenção é importante a previsão de dois reservatórios para que a operação não seja interrompida. Como a ABNT NBR 15527 de 2019 que trata de aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis não fala sobre a capacidade do reservatório elevado, assim, foram previstos dois reservatórios interligados com capacidade de 2000 l cada, para atender à necessidade do prédio em estudo.

5.9 Dimensionamento da bomba

Considerando os 22 dias úteis do mês, uma vez que as atividades estudantis ocorrem de segunda a sexta-feira, obteve-se um volume diário de consumo de 29,85 m³ para fins não potáveis no bloco estudantil. A partir desse valor, foram definidos diferentes cenários de operação da bomba, variando o tempo diário de funcionamento. Para cada cenário, foi determinada a vazão necessária da bomba, admitindo-se tempos de operação de até 5 horas por dia.

Tabela 6 - Cenários de vazão da bomba.

Vazão (m ³ /h)					
Consumo Diário (m ³)	Horas de Funcionamento				
	1	2	3	4	5
Vazão (m³/h)	29,85	14,92	9,95	7,46	5,97
Vazão (L/s)	8,29	4,15	2,76	2,07	1,66

Fonte: Autores (2026).

Pretende-se dimensionar uma bomba submersa para o sistema de aproveitamento, considerando que este tipo de bomba requer apenas tubulação de recalque. Próximo ao reservatório, a tubulação apresenta uma bifurcação, de modo a dividir a vazão para os dois reservatórios.

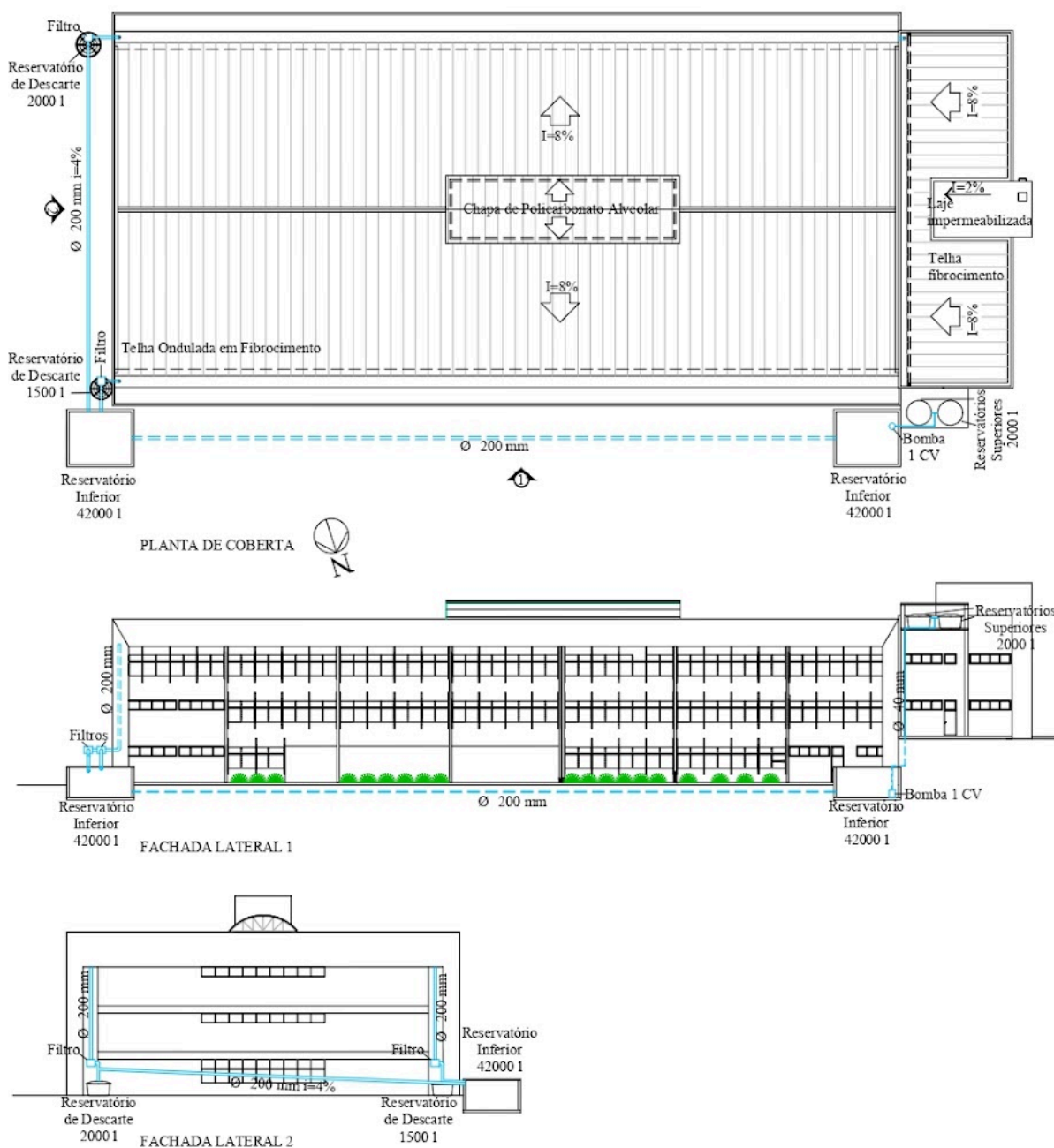
De acordo com a norma NBR 5626 de 2020, a velocidade da água deve ser limitada a 3 m/s, a fim de evitar picos de sobrepressão no sistema. Com base nisso, foram adotados velocidades de 2,0 m/s na tubulação principal e 1,8 m/s nas tubulações após a bifurcação. Dessa forma, calculou-se o diâmetro da tubulação principal em 40 mm e das tubulações derivadas em 32 mm.

A altura manométrica do sistema foi determinada considerando uma altura geométrica de 14,08 m e uma vazão de 7,46 m³/h, adotando-se tubulações de PVC (C = 130). As perdas de carga, calculadas pelo método de Hazen–Williams e considerando os comprimentos equivalentes dos acessórios, resultaram em 6,10 MCA no trecho principal (40 mm) e 2,05 MCA no ramal (32 mm), totalizando 8,15 m. Dessa forma, a altura manométrica total do sistema foi estimada em aproximadamente 22,2 MCA.

Considerando a vazão de projeto de 7,46 m³/h e a altura manométrica total de 22,2 MCA, foi determinada a potência necessária para o acionamento do conjunto motobomba. A vazão foi convertida para o Sistema Internacional, correspondendo a 0,00207 m³/s, e adotou-se para a água o peso específico de 1000 kgf/m³. Assumindo-se um rendimento de 70%, valor comumente empregado para bombas de médio porte, obteve-se uma potência

requerida de aproximadamente 0,88 cv. Dessa forma, optou-se pela adoção da potência comercial imediatamente superior, resultando na escolha de uma bomba de 1,0 cv. Na figura 6 abaixo, pode ser visto um esboço do sistema implantado:

Figura 6 - Esboço do Projeto de reaproveitamento de águas pluviais.



Fonte: Autores (2026).

5.10 Custo do material hidráulico do sistema

Por se tratar de uma edificação de porte considerável, o bloco do IFPB em estudo demanda um sistema robusto para captar um volume expressivo de água, apesar da baixa pluviosidade, representando um custo considerável, principalmente referente aos materiais hidráulicos utilizados na implementação do sistema. Dessa forma, a Tabela 7 apresenta os materiais que possuem maior impacto no orçamento, cujos valores foram obtidos a partir da base de preços do SINAPI (Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil).

Tabela 7 - Materiais hidráulicos de custo expressivo.

Material	Qtde.	Custo unitário	Custo Total	Loja online	Data de acesso
Filtro Ciclo 500 – Filtro para água da chuva	2	R\$ 2.588,00	R\$ 5.176,00	Casa da Cisterna	10/01/2026
Caixa de água de polietileno de 2000 l	3	R\$ 1.409,90	R\$ 4.229,70	Ferreira Costa	10/01/2026
Caixa de água de polietileno de 1500 l	1	R\$ 1.299,90	R\$ 1.299,90	Ferreira Costa	10/01/2026
QDX Motobomba Submersível 1 cv	1	R\$ 1.046,70	R\$ 1.046,70	Casa da Cisterna	10/01/2026

Fonte: Autores (2026).

5.11 Custo de consumo de energia da bomba

Para estimar o custo mensal de energia associado ao funcionamento do sistema de bombeamento, considerou-se uma motobomba com potência de 1 cv, equivalente a 0,7355 kW, operando quatro horas por dia. Adotou-se o funcionamento apenas em dias úteis, totalizando 22 dias por mês, já que o sistema é acionado de segunda a sexta-feira. Assim, aplicando a Equação (11), o consumo mensal de energia foi determinado multiplicando-se a potência pelo tempo diário e pelo número de dias no mês, resultando em aproximadamente 64,72 kWh. Considerando a tarifa dinâmica trimestral de R\$0,72 por kWh divulgada pela Energisa para a Paraíba no período de outubro a dezembro de 2025, o gasto mensal com a motobomba foi estimado em R\$46,59 (2025).

5.12 Economia de água

A redução do consumo de água da concessionária, proporcionada pela implantação do sistema de captação de águas pluviais, foi calculada com base na comparação entre a demanda

mensal destinada aos usos não potáveis do bloco II e a média mensal do volume de chuva que pode ser aproveitado pelo sistema. Considerando uma necessidade mensal de 656,64 m³ e um volume disponível médio de 109,73 m³ proveniente das precipitações, verifica-se que o sistema é capaz de atender cerca de 16,71% da demanda do Bloco II para usos não potáveis.

Para transformar a redução do consumo em benefício econômico, adotou-se a tarifa aplicada às instituições públicas, que estabelece cobrança mínima referente a 10 m³ e tarifa unitária para os volumes excedentes. Como o consumo mensal do Bloco II supera essa faixa básica, todo o volume substituído por água de chuva é enquadrado como excedente, tendo um valor de R\$18,64 por metro cúbico.

Dessa forma, o uso de águas pluviais gera redução direta no volume faturado pela concessionária. Considerando uma captação média de 109,73 m³ de água da chuva por mês, é gerada uma economia de R\$ 2045,37 mensais. Subtraindo-se o custo médio de R\$ 46,59 com energia elétrica para o funcionamento da bomba, obtém-se uma economia líquida estimada em R\$ 1998,78 por mês.

6 CONCLUSÕES

A partir da aplicação da equação intensidade–duração–frequência (IDF), com tempo de retorno de 5 anos e duração de precipitação de 5 minutos, foi determinada uma intensidade pluviométrica de 142,64 mm/h. A área total de contribuição da edificação foi estimada em 2.561,67 m², composta por coberturas de fibrocimento, policarbonato e laje impermeabilizada. Com base nos registros pluviométricos e considerando os parâmetros adotados no dimensionamento (área de captação e coeficiente de escoamento), determinou-se um volume médio mensal de água pluvial disponível para aproveitamento de 109,73 m³.

O dimensionamento hidráulico do sistema indicou uma vazão de projeto total de 6.089,82 L/min. Verificou-se que as calhas existentes atendem adequadamente às vazões calculadas, tanto na área da cobertura do reservatório quanto na cobertura principal do bloco. Para os condutores verticais, embora o diâmetro de 100 mm fosse suficiente do ponto de vista hidráulico, optou-se pela manutenção do diâmetro de 200 mm já previsto na edificação. Os condutores horizontais foram dimensionados com diâmetro nominal de 200 mm e inclinação de 4%, atendendo satisfatoriamente às vazões de projeto.

Para o descarte da precipitação inicial, foram previstos dois reservatórios, com capacidades de 2.000 L e 1.500 L, distribuídos conforme as áreas de captação. O dimensionamento do reservatório principal, realizado pelos métodos de Azevedo Neto e Inglês, indicou que o Método Inglês apresenta maior adequação às condições climáticas da região, resultando em um volume de reservação de 83,93 m³. Esse volume foi dividido em dois reservatórios inferiores, visando facilitar a execução e a manutenção do sistema, sendo recomendada a utilização de solução construtiva em alvenaria estrutural. Complementarmente, adotaram-se dois reservatórios superiores, cada um com capacidade de 2.000 L, com a finalidade de assegurar o armazenamento e o fornecimento contínuo de água pluvial para usos não potáveis na edificação.

A análise do sistema de bombeamento resultou na especificação de uma motobomba de 1,0 cv, com vazão de 7,46 m³/h e altura manométrica de aproximadamente 22,2 m, em conformidade com a ABNT NBR 5626:2020. O custo mensal estimado com energia elétrica para o funcionamento da bomba mostrou-se inferior a R\$ 50,00, valor significativamente menor que a economia média mensal proporcionada pelo sistema, estimada em R\$ 2.045,37.

Dessa forma, considera-se que os objetivos do trabalho foram atingidos, já que foi realizado o dimensionamento técnico do sistema de aproveitamento de águas pluviais, considerando as condições pluviométricas locais, e demonstrado o potencial de economia

financeira decorrente da redução do consumo de água potável. Ressalta-se que, por não se tratar de um projeto executivo, não foi possível estimar com precisão os custos totais de implantação nem o tempo de retorno do investimento, aspectos que podem ser aprofundados em estudos futuros.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA DE REGULAÇÃO DO ESTADO DA PARAÍBA (ARPB). **Resolução de Diretoria n.º 004/2025-DP, de 29 de maio de 2025:** aprova o reajuste tarifário de distribuição de água e tratamento de esgotos da Companhia Estadual de Água e Esgotos da Paraíba – CAGEPA. João Pessoa: ARPB, 2025. Disponível em: <https://www.cagepa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2025/06/RESOLU%C3%87%C3%83O-A-RPB-004-2025.pdf>. Acesso em: 24 out. 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil.** Brasília: ANA, 2013. Disponível em: <http://sigaceivap.org.br/publicacoes/ana/Conjuntura-2013.pdf>. Acesso em: 16 set. 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil.** Brasília: ANA, 2024. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjuntura2024_04122024.pdf. Acesso em: 16 set. 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Cuidar para não faltar – Brasil tem leis modernas para gerenciar melhor a água.** Brasília: ANA, 2007. Disponível em: https://www.ana.gov.br/arquivos/premioana/doc/20131101_Cuidar%20para%20n%C3%A3o%20Faltar_ABRIL_2007_.pdf. Acesso em: 16 set. 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Dados de precipitação** – Estação Patos/EMBRAPA (cód. 00739003), município de Patos-PB, bacia do Rio Espinharas (lat. -7,0008; long. -37,3131; alt. 242 m). Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 22 out. 2025. Período da série analisada: 1994–2022
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil atualiza informações sobre águas do País.** Brasília, 2 fev. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/relatorio-conjuntura-dos-recursos-hidricos-no-brasil-atualiza-informacoes-sobre-aguas-do-pais>. Acesso em: 5 out. 2025.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **ANA lança estudo sobre impactos da mudança climática nos recursos hídricos das diferentes regiões do Brasil.** Disponibilidade de água pode diminuir mais de 40% em bacias hidrográficas do Norte, Nordeste, Centro-Oeste e em parte do Sudeste até 2040. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/ana-lanca-estudo-sobre-impactos-da-mudanca-climatica-nos-recursos-hidricos-das-diferentes-regioes-do-brasil>. Acesso em: 15 set. 2025.
- ALMEIDA, Luan Moreira Fernandes de. **Análise da viabilidade de aproveitamento de água de chuva em um campus universitário.** 2021. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2021. Disponível em: https://ppgecea2.uefs.br/wp-content/uploads/2025/03/2021_SANE_01 DISSERTACAO_LUAN_MOREIRA_06_08_2021.pdf. Acesso em: 14 out. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. 1 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15227**: Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis — Requisitos. 2 ed. Rio de Janeiro: Abnt, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626**: instalação predial de água fria: requisito. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

AZEVEDO NETTO, J. M. **Manual de hidráulica**. São Paulo: Edgard Blücher, 2015.

BATISTA, Edjailson. **Projeto arquitetônico do Centro Federal de Educação Tecnológica - CEFET - PB**. Patos, 2008. Projeto arquitetônico. Arquivo digital (DWG). Fornecido por: Edjailson Batista: 2025.

BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 1ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2020.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. Águas de chuva: engenharia das águas pluviais nas cidades. 4. ed. rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 2018.

BRANDÃO, Verônica Ribeiro; CAMPOS, Marcus André Siqueira. Avaliação ambiental de sistemas de aproveitamento de água pluvial – um mapeamento da literatura. **Paranoá: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, n. 23, p. 93-111, 2019. DOI: 10.18830/issn.1679-0944.n23.2019.09

BUSO WEILLER, Giovana Cristina; SANTOS, Latiara Remigio dos. **Levantamento do perfil de consumo final de água em instituição de ensino**: estudo de caso em Londrina-PR. *Revista de Ciências Exatas e Tecnologia*, v. 14, n. 14, p. 13-21, 2019. DOI: 10.17921/1890-1793.2019v14n14p13-21. Disponível em: <https://exatastecnologias.pgsscogna.com.br/rcext/article/view/7169/5443>. Acesso em: 22 out. 2025.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL; IBGE. *Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI: Insumos e Composições – Estado da Paraíba – dezembro/2024 (Desonerado)*. Brasília: Caixa/IBGE, 2024. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2009-pb/SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_PB_202412_Desonerado.zip. Acesso em: 10 jan. 2026.

CARLI, Larissa Nardini; CONTO, Suzana Maria de; BEAL, Lademir Luiz; PESSIN, Neide. **Racionalização do uso da água em uma instituição de ensino superior** – estudo de caso da Universidade de Caxias do Sul. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 2, n. 1, p. 143-165, 2013. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/geas/article/view/9777/4481>. Acesso em: 23 out. 2025.

CASA DA CISTERNA COMÉRCIO VAREJISTA E INSTALAÇÕES LTDA. **Casa da Cisterna**. Disponível em: <https://www.casadacisterna.com.br>. Acesso em: 10 jan. 2026.

CASTRO, César Nunes de. **Semiárido, escassez hídrica e articulação de políticas públicas.** Texto para Discussão n. 3086. Rio de Janeiro: Ipea, fev. 2025. 48 p. Disponível em: <https://repositorio.ipea.gov.br/server/api/core/bitstreams/4c2874f7-64eb-4fab-a41c-32dbc7d5da19/content>. Acesso em: 24 nov. 2025.

CEREZINI, Monise Terra; HANAI, Frederico Yuri. **Visão dos desafios e diretrizes para a gestão integrada das águas em bacias hidrográficas:** uma visão de especialistas. Sustentabilidade em Debate, Brasília, v. 14, n. 2, p. 10-42, ago. 2023. DOI: [10.18472/SustDeb.v14n2.2023.49626](https://doi.org/10.18472/SustDeb.v14n2.2023.49626)

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea:** diagnóstico do município de Patos, estado da Paraíba. Organizado por João de Castro Mascarenhas; Breno Augusto Beltrão; Luiz Carlos de Souza Junior; Franklin de Moraes; Vanildo Almeida Mendes; Jorge Luiz Fortunato de Miranda. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005. 10 p. Disponível em: https://cprm.gov.br/bitstream/doc/16243/1/Rel_Patos.pdf. Acesso em: 30 set. 2025.

ENERGISA. **Tarifa Dinâmica Trimestral.** Disponível em: <https://www.energisa.com.br/sobre-nos/inovacao/inovacao/tarifa-dinamica-trimestral>. 2025. Acesso em: 07 jan. 2026.

FERREIRA COSTA & CIA LTDA. *Ferreira Costa*. Disponível em: <https://www.ferreiracosta.com>. Acesso em: 10 jan. 2026.

Fundo das Nações Unidas para a Infância – UNICEF. **1 em cada 3 crianças expostas a escassez severa de água.** UNICEF, 13 nov. 2023. Disponível em: <https://www.unicef.org/press-releases/1-3-children-exposed-severe-water-scarcity-unicef>. Acesso em: 5 out. 2025.

GERALDI, Matheus S.; CUREAU, Roberta J.; BAVARESCO, Mateus V.; GHISI, Enedir. **Sistemas de aproveitamento de água pluvial durante a fase de uso:** estudo de caso em uma escola. Anais do 18.º Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC), Porto Alegre, 4-6 nov. 2020. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/entac/article/view/1261/774>. Acesso em: 22 out. 2025.

GHISI, Enedir; FREITAS, Douglas Ancelmo. Economic feasibility of rainwater harvesting and greywater reuse in a multifamily building. **Water**, v. 16, n. 1580, p. 1–21, 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Patos (PB):** Cidades e Estados. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pb/patos.html>. Acesso em: 24 out. 2025.

MAPBIOMAS. **Pantanal é o bioma que mais perdeu superfície de água em relação à média histórica:** 61%. Brasil: MapBiomass, 21 mar. 2025. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/2025/03/21/pantanal-e-o-bioma-que-mais-perdeu-superficie-de-a-gua-em-relacao-a-media-historica-61/>. Acesso em: 5 out. 2025.

MEIRA, Manoel Messias Coutinho. **Caracterização da quantidade de consumo de água per capita no IFBA campus Vitória da Conquista**. 2022. 55 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus Vitória da Conquista, 2022. Disponível em: <https://deposita.ibict.br/handle/deposita/595>. Acesso em: 14 out. 2025.

NÓBREGA, A. E. L.; NEVES, Y. T. Determinação e espacialização de parâmetros de equações de chuvas intensas para o estado da Paraíba. **Geousp**, v. 28, n. 3, e215955. 2024.

NOSCHANG, Patrícia Grazziotin; SCHELEDER, Adriana Fasolo Pilati. A (in)sustentabilidade hídrica global e o direito humano à água. **Sequência: Estudos Jurídicos e Políticos**, [S.L.], v. 39, n. 79, p. 119-138, 14 nov. 2018. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). <http://dx.doi.org/10.5007/2177-7055.2018v39n79p119>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/seq/a/hfhy5rxbrsX356CmCtW9VTM/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 15 set. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE; FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA. **1 em cada 4 pessoas no mundo ainda não tem acesso à água potável segura** – OMS, UNICEF. Organização Mundial da Saúde, Genebra, 26 ago. 2025. Disponível em: <https://www.who.int/news/item/26-08-2025-1-in-4-people-globally-still-lack-access-to-safe-drinking-water---who--unicef>. Acesso em: 5 out. 2025.

REBOUÇAS, Aldo da C. **Água na região Nordeste: desperdício e escassez**. Estudos Avançados, v. 11, n. 29, p. 127-154, 1997.

SILVA, A. M.; SANTOS, J. P.; LIMA, F. R. **Análise da viabilidade de sistema de aproveitamento de água de chuva em um prédio público: um estudo de caso na Escola Municipal Cordeiro Filho, em Lagoa dos Gatos – PE**. Revista Brasileira de Tecnologias Sociais, v. 2, n. 1, p. 1–13, 2023. Disponível em: <https://periodicos.univali.br/index.php/rbts/article/view/19950>. Acesso em: 13 out. 2025.

SILVA, Gabriela Alves do Nascimento; SILVA, Maria das Graças e; SILVEIRA, Sandra Maria Batista. **Políticas hídricas para o Nordeste: tendências e desafios atuais**. *Libertas*, Juiz de Fora, v. 24, n. 2, p. 404-425, jul./dez. 2024. DOI: 10.34019/1980-8518.2024.v24.46596. Disponível em: <https://periodicos.ufjf.br/index.php/libertas/article/download/46596/28411/206878>. Acesso em: 14 out. 2025.

SILVA, José Irivaldo A. O.; SOUSA, Marcelo Bruno Bedoni de; FARIAS, Talden. **Mudanças climáticas e segurança hídrica no Nordeste brasileiro: ações necessárias**. Diálogos Socioambientais, Santo André, v. 5, n. 15, p. 15–18, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufabc.edu.br/index.php/dialogossocioambientais/article/view/809>. Acesso em: 7 out. 2025.

SILVA, Maycon Breno Macena da; GALVÃO, Carlos de Oliveira; RIBEIRO, Márcia Maria Rios. Impacto da variabilidade climática intra e interanual no aproveitamento de água de chuva: um estudo de caso. **Paranoá – Cadernos de Arquitetura e Urbanismo**, n. 34, jan./jun. 2023.

SILVA NETO, Gilberto Ferreira da; SILVA, Mariluze de Carvalho Campos. **Políticas públicas de acesso à água e convivência com o semiárido:** as cisternas como tecnologias sociais. Revista Macambira, [s.l.], v. 2, n. 2, p. 21-30, 2018. DOI: 10.35642/rm.v2i2.222. Disponível em: <https://revista.lapprudes.net/RM/article/view/222/213>. Acesso em: 14 out. 2025.

SUASSUNA, João. **A questão hídrica atual do Nordeste seco!** 2016. Disponível em: <https://www.ecodebate.com.br/2016/12/05/a-questao-hidrica-atual-do-nordeste-seco-artigo-de-joao-suassuna/>. Acesso em: 17 set. 2025.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis.** São Paulo: Plínio Tomaz, 2010. 486 p.

TUNDISI, José Galizia (org.). **Recursos hídricos no Brasil:** problemas, desafios e estratégias para o futuro. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014. Disponível em: <https://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-5923.pdf>. Acesso em: 9 out. 2025.

ZISOPULOU, Kalomoira; ZISOPOULOS, Dimitris; PANAGOULIA, Dionysia. **Water Economics:** An In-Depth Analysis of the Connection of Blue Water with Some Primary Level Aspects of Economic Theory I. Water, v. 14, n. 1, p. 103, 2022. DOI: 10.3390/w14010103. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/14/1/103>. Acesso em: 19 nov. 2025.

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus Patos - Código INEP: 25281925
	Br 110, S/N, Alto da Tubiba, CEP 58700-000, Patos (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0006-80 - Telefone: None

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

TCC

Assunto:	TCC
Assinado por:	Jose Gabriel
Tipo do Documento:	Anexo
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- José Gabriel da Silva Lima, DISCENTE (202116550031) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL - PATOS, em 20/02/2026 19:26:01.

Este documento foi armazenado no SUAP em 20/02/2026. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1773053
Código de Autenticação: d22a401f23

