

PRODUÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA E A CAPTAÇÃO DE ÁGUA DA CHUVA PARA FINS NÃO POTÁVEIS: APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO DE UM IMÓVEL RESIDENCIAL

Photovoltaic Energy Production and Rainwater Harvesting for Non-Potable Uses: Application in the Construction of a Residential Building

BARROS, Hugo Albuquerque ¹
OLIVEIRA, Daniel Ribeiro de ²
AZEVEDO JR., Geraldo Motta ³

Resumo: Diante do crescente esgotamento dos recursos naturais e da necessidade de reduzir os impactos ambientais da construção civil, buscou-se desenvolver um projeto de residência unifamiliar autossuficiente com ênfase na geração de energia fotovoltaica e no aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis. O objetivo principal consistiu em propor soluções técnicas para tornar a edificação mais eficiente do ponto de vista energético e hídrico. A metodologia adotada baseou-se em pesquisa bibliográfica e estudo de caso, contemplando o dimensionamento dos sistemas, análise do consumo estimado, levantamento de dados climáticos da região de Teresópolis (RJ) e elaboração de orçamento com base em referências técnicas. Como resultados, obteve-se que o sistema fotovoltaico projetado possui capacidade média de produção de 95 kWh por dia, enquanto o sistema de captação pluvial pode economizar cerca de 10 m³/mês de água potável. Constatou-se a viabilidade técnica da proposta, embora a análise econômica tenha sido limitada a estimativas de mercado, sem dados reais de execução. Conclui-se que a integração dos sistemas sustentáveis propostos contribui significativamente para a redução da demanda por recursos externos, podendo servir de modelo replicável para outras edificações que busquem autonomia e menor impacto ambiental.

Palavras-chave: sustentabilidade; sistema fotovoltaico; Captação de água pluvial,

Abstract: Given the increasing depletion of natural resources and the need to reduce the environmental impacts of the construction industry, this study aimed to develop a self-sufficient single-family residential project focused on photovoltaic energy generation and rainwater harvesting for non-potable uses. The main objective was to propose technical solutions to enhance the building's energy and water efficiency. The adopted methodology included bibliographic research and a case study, covering system sizing, estimated consumption analysis, regional climate data collection from Teresópolis (RJ), and cost estimation based on technical references. The results showed that the designed photovoltaic system can produce an average of 95 kWh per day, while the rainwater harvesting system can save approximately 10 m³ of potable water per month. The technical feasibility of the proposal was confirmed, although the economic analysis was limited to literature-based estimates, with no real-world implementation data. It is concluded that the integration of the proposed sustainable systems significantly contributes to reducing reliance on external resources and may serve as a replicable model for other buildings seeking autonomy and lower environmental impact.

Keywords: Sustainability, Photovoltaic system, Rainwater harvesting

¹ Engenharia Civil – Santa Úrsula – hugo.barros@souusu.com.br

² Engenharia Mecânica – Santa Úrsula – daniel.oliveira@souusu.com.br

³ Doutor em Engenharia Elétrica – Universidade Santa Úrsula – geraldo.motta@usu.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Diante de um cenário onde há o aumento da preocupação com a escassez de recursos e com os efeitos deletérios dos impactos ambientais gerados pela ação da humanidade como as mudanças climáticas já sendo sentidos atualmente, surgiu desde o início da década de 90 o conceito de GREEN BUILDING ou CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, conforme (KIBERT, 2020).

Com isso, é necessário que se entenda o que é uma CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL e segundo (KEELER E BURKE, p. 49-50, 2010) o conceito é amplo e engloba várias características e por isso pode-se encontrar algumas diferenças entre diversos autores.

Contudo, levando em consideração as características comuns de uma construção sustentável pode-se dizer então, que é aquela que utiliza materiais mais eficientes, diminuem a geração de resíduos, conservam e reduzem o consumo do solo, água e energia e focam em um ambiente interno saudável (higiênico, com conforto térmico, acústico e que se permita ventilação adequada).

Sendo assim uma construção sustentável pode ser autossuficiente quando a partir dela gera-se sua própria energia através de painéis solares, ou aerogeradores, capta e trata a água da chuva para fins potáveis e não potáveis, trata o esgoto, produz o próprio gás através de biodigestores e produz o próprio alimento utilizando hortas verticais.

De acordo com o autor (YUDELSON, p.77, 2013) a empresa Gerdin Edlen desenvolveu um edifício situado no Pearl District, em Portland, Oregon, Estados Unidos que inclui geração de energia fotovoltaica, cobertura verde, tratamento de águas pluviais in loco e recuperação de energia de ventilação, janelas de abrir, vidraças de alto desempenho e aparelhos sanitários com conservação de água.

O estudo ficará delimitado à construção de uma edificação autossustentável, com ênfase na produção de energia fotovoltaica e na captação de água da chuva para fins não potáveis.

Em consonância com o sentimento de urgência em relação a conservação dos recursos naturais e do meio ambiente que os autores deste trabalho de conclusão de curso foram motivados a estudar e desenvolver este tema.

1.1. Objetivos

Este trabalho tem como objetivo um projeto de uma construção autossuficiente, levando em consideração a instalação hidráulica para captação de água de chuva para fins não potáveis e a instalação de um sistema fotovoltaico para alimentar a carga de uma casa.

Para alcançá-lo terá os seguintes objetivos específicos:

- Descrever os impactos ambientais da construção civil;
- Definir a sustentabilidade na construção civil;
- Destacar a alta eficiência energética das construções autossustentáveis;
- Descrever a importância das fontes alternativas de energia;
- Conceituar a energia fotovoltaica e identificar os meios para produzi-la;
- Descrever os sistemas de aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis.
- Conceituar Net água zero dentro do aproveitamento pluvial.

1.2. Justificativa

O uso do sistema fotovoltaico de energia reduz significativamente o gasto com a conta de energia elétrica, segundo a (ABSOLAR, 2024) pode gerar uma economia de até 95% em residências conectadas a rede da concessionária, é o caso da cidade de Guaraí em Tocantins, pode-se considerar este a justificativa principal.

Além disso, de acordo com (VILLALVA, 2022) o sistema fotovoltaico produz energia através do efeito fotoelétrico em suas células, ou seja, a energia contida no fóton da radiação solar é transformada em energia elétrica. Este processo então tem como fonte a radiação solar e não gera gases de efeito estufa. Portanto, é considerado energia limpa e sustentável.

Vale salientar também o baixo custo de manutenção e a longa vida útil do sistema fotovoltaico que é entorno de 30 anos, conforme (RÜTHER, 2004, p17) e de acordo com o programa Luz para Todos da Eletrobrás (ELETROBRÁS, 2021) o sistema fotovoltaico é uma solução para o fornecimento de energia em áreas remotas no Brasil, onde o acesso à rede elétrica é inexistente.

Já o uso de sistema de coleta de água pluvial para fins não potáveis reduz em parte o uso da água potável para atividades em que não há necessidade da condição de água potável, como por exemplo a limpeza de pisos, veículos, podendo até ser usada em descarga sanitária e com isso, reduz também a conta de água fazendo uma economia nas finanças como explica (SILVA et al. 2015) em seu trabalho.

Outro benefício da coleta e armazenamento da água de chuva é apontado por (OLIVEIRA, 2009), e reside no fato de que o armazenamento de água de chuva traz uma diminuição do volume de água que seria direcionada para o sistema de drenagem de água pluvial, diminuindo assim a sobrecarga deste e reduzindo alagamentos.

Ainda sobre a importância do sistema de captação de água pluvial para fins não potáveis, é necessário frisar que é um sistema simples e de baixo custo de manutenção, contribui para autossuficiência do imóvel e promove a consciência ambiental e social, pois acaba por estimular que as edificações vizinhas também adotem para si o uso deste sistema, conforme o autor (MOREIRA, 2010).

2. DESENVOLVIMENTO

2.1. Revisão de Literatura

Abordam-se, a seguir, os impactos ambientais da construção civil; a sustentabilidade nesse setor; a energia fotovoltaica com os meios de sua produção; e o aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis.

2.1.1. Impactos ambientais da construção civil

Os impactos ocasionados pela construção civil são, basicamente, relacionados ao consumo de recursos naturais e de energia e também à geração de resíduos (SEVERIANO JUNIOR, 2021). Tais impactos encontram-se relacionados ao consumo excessivo dos recursos naturais e de energia, bem como os que se referem à geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos (SOUZA et al, 2023).

O modelo que a indústria da construção civil vem adotando no Brasil é conhecido por produzir gastos excessivos com materiais, por fazer uso de grande quantidade de matéria prima não renovável e ainda por apresentar um nível elevado do consumo de energia, o que vai desde a extração até o transporte e processamento dos insumos, o que gera um significativo impacto ao meio ambiente (BATISTA et al, 2022).

É no canteiro de obras que ocorre a principal atividade da construção civil, compreendendo variados serviços simultâneos, respondendo, assim, por provocar importantes impactos ambientais e sociais. Diante disso, a adoção do monitoramento e da avaliação do consumo em tais espaços físicos permite que se identifiquem falhas nos sistemas operacionais,

com o fim de aperfeiçoar e obter maior eficiência dos recursos durante a obra (NASCIMENTO et al, 2022).

O armazenamento e reutilização de águas pluviais para fins não potáveis por exemplo, diminui custos com a conta de água e se torna uma fonte alternativa de suprimento, que reduz a dependência de fontes superficiais e diminui a pressão sobre fontes subterrâneas conforme exposto pelos autores (MORRUZI & NAKADA, 2009). Da mesma forma o sistema fotovoltaico de energia, diminui custos com a conta de energia e traz mais autonomia para a residência como já foi exposto anteriormente.

2.1.2. A sustentabilidade na construção civil e sua importância;

De acordo com o Dicionário Aurélio, a palavra sustentabilidade tem origem no termo sustentare do Latim, que significa sustentar, conservar, apoiar, cuidar e

No dialeto ecológico isto significa que a sustentabilidade representa os procedimentos que se tomam para permitir que um bioma se mantenha vivo, protegido, alimentado de nutrientes a ponto de se conservar sempre bem e estar à altura dos riscos que possam advir (MOTA *et al*, 2021, p. 223).

A primeira definição para desenvolvimento sustentável surgiu no ano de 1987, a qual considerou como sendo “aquele que deve satisfazer às necessidades presentes sem que se comprometa a capacidade das gerações futuras de satisfazerem suas necessidades” (EDWARDS, 2008 apud SOUZA; SILVA E SOUZA, 2023, p. 302).

Na construção esse conceito busca assegurar a prática de ações que sejam realizadas desde o período que antecede a construção, passando pelo desenvolvimento dela, indo até sua conclusão. Ele tem por fim reduzir o impacto ambiental, aumentando a viabilidade econômica e ainda proporcionar uma boa qualidade de vida para as presentes e futuras gerações (BATISTA et al, 2022).

A concepção de uma construção autossustentável, segundo (KIBERT,2020, p10) deve obedecer aos princípios mostrados no Quadro 1:

Quadro 1 – Princípios de sustentabilidade nas construções civis.

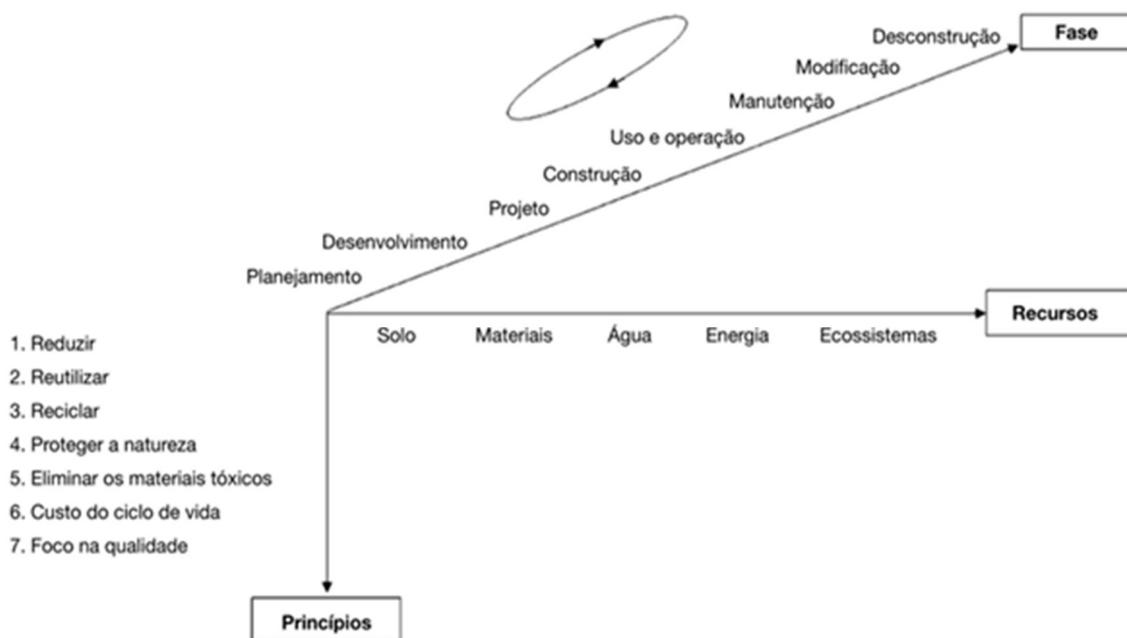
Princípios de sustentabilidade nas construções civis
1 – Reduzir o consumo de recursos (reduzir)
2 – Reutilizar recursos (reutilizar)
3 – Utilizar fontes recicláveis (reciclar)
4 – Proteger a natureza (natureza)
5 – Eliminar os componentes tóxicos (tóxico)

6 – Aplicar o custo de vida (economia)
7 – Focar a qualidade (qualidade)

Fonte: criado pelos autores com base em (KIBERT, 2020, p. 10).

Estes princípios são aplicados em todas as fases, desde o planejamento até a manutenção, modificação e desconstrução de uma construção autossustentável, o modelo passa a ser concebido segundo a figura 1:

Figura 1 – Princípios, fases e recursos de sustentabilidade.



Fonte: (KIBERT, 2020, p. 10).

Como se extrai, existem diversas etapas a serem cumpridas, para se chegar a uma obra que se possa considerar como sustentável. Isto se justifica pelo fato de que a mesma se encontra sob constante processo de desenvolvimento e melhoramento (MOTA et al, 2021).

As principais práticas sustentáveis são ilustradas na Figura 2 que se segue:

Figura 2 – Práticas sustentáveis na construção civil.



Fonte: Severiano Junior (2021, p. 795).

É possível observar que a geração de energia está logo no topo da árvore, tratando-se de medidas da maior relevância atualmente.

Com isso, a construção autossustentável irá, em todas as fases, conservar recursos como água, energia, gás, ecossistemas, solo e materiais trazendo então um impacto ambiental positivo e garantido a sustentabilidade.

As certificações ambientais, a partir do reaproveitamento de recursos naturais como a água e reutilização de resíduos provenientes de reciclagem evidenciam serem as construções saudáveis para o meio ambiente, sendo importante conciliar o planejamento dessas construções com critérios sustentáveis (NASCIMENTO et al, 2022).

As principais certificações ambientais para atestar práticas sustentáveis e eficiência energética em edificações no Brasil estão sintetizadas na tabela 1:

Tabela 1 – Certificações ambientais para edificações

Certificação	Descrição	SELO
LEED (Leadership in Energy and Environmental Design)	Certificação internacional que avalia critérios como localização, eficiência hídrica, energia, materiais e qualidade ambiental interna.	

<p>AQUA-HQE</p>	<p>Adaptada da certificação francesa HQE, é aplicada pela Fundação Vanzolini e avalia o desempenho ambiental em 14 categorias, incluindo gestão do projeto e conforto.</p>	
<p>Procel Edifica</p>	<p>Programa do Governo Federal que promove o uso eficiente de energia elétrica em edificações, classificando-as de "A" (mais eficiente) a "E" (menos eficiente).</p>	
<p>Selo Casa Azul da Caixa</p>	<p>Certificação da Caixa Econômica Federal que reconhece empreendimentos habitacionais sustentáveis, considerando eficiência energética, gestão de resíduos e sustentabilidade.</p>	
<p>GBC Casa & Condomínio</p>	<p>Desenvolvida pelo Green Building Council Brasil, foca em residências e condomínios, avaliando aspectos como implantação, uso eficiente de água e energia.</p>	

Fonte: Autores.

2.1.3. Eficiência energética das construções autossustentáveis

Conforme os estudos de (Silva e Coelho, 2015), as edificações sustentáveis são de alta eficiência energética, uma vez que, a utilização de painéis fotovoltaicos e de aquecimento solar,

são especialmente vantajosas devido ao fato da radiação solar no Brasil ser abundante, consequentemente reduzindo o impacto ambiental.

Além disso, integrado aos sistemas de fontes alternativas, a otimização de materiais que isolam termicamente o ambiente interno somado a técnicas de construção, como por exemplo, ventilação natural que ajuda a regular a temperatura interna e melhorar a qualidade do ar, sem necessidade de eletricidade, acabam por reduzir a temperatura interna do ambiente, deixando este mais confortável durante o verão.

Sendo assim, o trabalho de (Silva e Coelho, 2015) concluiu que a escolha de materiais que favoreçam o isolamento e a eficiência térmica acabam por reduzir a dependência de sistemas artificiais de climatização, diminuindo a carga sobre o sistema fotovoltaico e ampliando a economia energética.

2.1.4. A construção autossustentável e fontes alternativas de energia

Uma residência autossustentável pode possuir múltiplas fontes de energia constituindo assim um sistema híbrido de geração de energia (SHGE) como por exemplo a combinação de fontes: solar, eólica e biogás – para atender às necessidades energéticas de uma edificação, garantindo a autossuficiência mesmo em locais onde o acesso à rede elétrica é limitado (CAMPOS, 2019).

Os sistemas híbridos também possibilitam a adaptação a diferentes condições climáticas, maximizando o aproveitamento de recursos disponíveis ao longo do ano. Em um contexto de residência autossustentável, onde a energia solar fotovoltaica é a fonte principal, a integração de um sistema híbrido com armazenamento em baterias pode ser essencial para enfrentar períodos de baixa radiação solar, como dias nublados ou chuvosos. Isso assegura um fornecimento de energia mais estável e reduz a necessidade de fontes externas, como a rede elétrica.

Campos (2019) também frisa que uma residência autossustentável pode optar, dependendo das condições, por um sistema on-grid ou off-grid e aborda as diferenças entre os sistemas on-grid e off-grid, com relação a custos de investimento, manutenção e períodos de retorno (payback).

Em sistemas on-grid (conectados à rede elétrica), a energia excedente pode ser enviada à rede, gerando créditos que auxiliam na redução dos custos de eletricidade. Já nos sistemas off-grid (sem conexão com a rede elétrica) toda a energia gerada deve ser armazenada para uso futuro, exigindo assim um banco de baterias o que eleva o custo inicial de instalação.

Com isso, a escolha entre um sistema on-grid ou off-grid será fundamentada na viabilidade econômica e nas características do local. Ou seja, deve-se verificar se a região tem fácil acesso à rede elétrica, neste caso a opção on-grid oferece menor custo de investimento inicial e retorno mais rápido. No entanto, para locais isolados, o sistema off-grid é essencial para garantir a autossuficiência, entretanto o armazenamento se torna crítico, pois todas as demandas da residência dependerão da energia armazenada em baterias, especialmente em dias de baixa radiação solar.

E por fim, o SHGE abordado no artigo de (CAMPOS, 2019), mostra como a geração renovável contribui para a redução do impacto ambiental. Em particular, a energia solar fotovoltaica e a eólica possuem alta eficiência ecológica, enquanto o biogás também apresenta bons resultados quando derivado de resíduos orgânicos. Segundo (CAMPOS, 2019), a eficiência ecológica de sistemas solares atinge cerca de 91%, enquanto a energia eólica pode alcançar até 98%, tornando essas opções altamente sustentáveis.

2.1.5. Sistemas fotovoltaicos

A geração de energia é sempre responsável por produzir relevantes impactos ambientais, o que tem levado diversos países a adotarem programas de economia de energia, que são similares ao selo brasileiro Procel, que reconhece ações de eficiência energética no setor da economia, vindo, por essa forma, a contribuir para que o Brasil gere benefícios e reduza gastos (BATISTA et al, 2022).

Conforme Souza e Penha (2020, p. 114) a energia fotovoltaica é considerada como uma energia limpa e sustentável, sendo ela produzida com raios solares e energia elétrica, sendo que: “O sufixo “voltaico” significa “eletricidade produzida por uma reação química”. Assim, costumam-se utilizar, como materiais semicondutores, os elementos do grupo IV da tabela periódica, como, por exemplo, o silício (Si).

A norma que rege as instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos é a NBR 16690:2019. Como salienta Severiano Junior (2021, p. 798):

Em se tratando da energia solar, esta tem muito a agregar à construção civil, tanto com a execução de obras mais sustentáveis e econômicas quanto pelo maior valor agregado de imóveis que contam com o próprio sistema fotovoltaico. Sua eficiência seria maior nas cidades menores, em função da baixa densidade, mas por outro lado as grandes cidades estariam mais preparadas para materializar esse potencial. Um requisito fundamental para se

atingir essa meta seria a integração de sistemas de serviços de energia distribuídos nas cidades, o que inclui infraestrutura de energia urbana mais inteligente e estímulos a novos modelos de negócio.

Consta do Atlas Brasileiro de Energia Solar (PEREIRA et al, 2017) que, dentre os fatores mais importantes para se determinar a viabilidade econômico financeira de um sistema fotovoltaico, está a quantidade de radiação solar que é emitida na localização geográfica edificação onde será instalado o equipamento. Isto se justifica pelo fato de sua eficiência energética ficar diretamente ligada à luz do sol.

Assim, na escolha do terreno para a construção de um imóvel deve-se levar em conta a circunstância apontada, a fim de viabilizar um projeto de instalação desse tipo de energia.

2.1.6. Aproveitamento de água para fins não potáveis

O reaproveitamento de águas pluviais tornou-se um conceito que vem sendo utilizado há tempo no setor industrial, sendo que sua adoção em ambientes residenciais, vem ganhando espaço nas construções recentes, por se tratar de uma medida que assegura o uso sustentável do recurso, promovendo menor demanda sobre os mananciais em épocas de estiagem, além de proporcionar benefícios econômicos como a redução na tarifa de água (NASCIMENTO et al, 2022).

A água pode ser considerada como o principal elemento do desenvolvimento sustentável pelo fato de ser ela essencial à vida humana. A utilização de água da chuva trata-se de uma alternativa inclusive para o consumo da água potável. Para isto, a implementação de sistemas de captação, visando o aproveitamento dessas águas, permite a conservação dos mananciais, a redução de enchentes, o alívio da erosão do solo decorrente do fluxo de água e a redução de custos no tratamento e distribuição (BATISTA et al, 2022, p. 95).

Já o aproveitamento de águas pluviais de coberturas para fins não potáveis, em especial, tem seu sistema regido pela norma ABNT NBR 15527:2019 e, de forma complementar, a NBR 10844:1989 que regulamenta as instalações prediais de águas pluviais.

Na construção civil, a água reutilizada pode ser dividida em três grupos, que são, o de águas cinzas, águas negras e águas pluviais.

As águas negras são as provenientes dos vasos sanitários. O grupo das águas cinzas se divide em águas cinzas claras (provenientes de chuveiros, banheiras, lavatórios e máquinas de lavar roupas) e águas cinzas escuras (provenientes de pias de cozinha e máquinas de lavar

pratos). As águas pluviais são as águas provenientes das chuvas, as quais, são captadas por ralos ou calhas na cobertura das edificações.

É importante que se esclareça que a água proveniente da chuva não pode ser direcionada para a rede de esgoto, uma vez que, cada tipo de resíduo exige tubulações próprias, sendo que a água dos ralos e vasos sanitários deve ser encaminhada à rede de esgoto, a qual conduzirá os resíduos à Estação de Tratamento de Esgoto, local onde passará por diversos procedimentos e tratamentos, até que se encontre apta a retornar ao meio ambiente. A água da chuva, por sua vez, tem de ser destinada à rede de drenagem de água pluvial e quando ela é recolhida nas galerias e tubulações, não precisa passar por tratamento, podendo ser conduzida de volta a rios, lagos e a mares (quando próximo de cidades litorâneas) (DAEV S/A, 2021).

2.1.7. Net água zero

Net Zero é o conceito de aproveitamento de água pluvial e o reuso de efluentes tratados para reutilização total da água. Conforme destaca o estudo de (MICHEL, 2015) que aponta a importância de calcular a quantidade de água pluvial que deve ser captada com base na área de telhado e na taxa média de precipitação da região. Para uma residência autossustentável, esses cálculos garantem que a captação seja suficiente para atender às necessidades de uso não potável, como irrigação e descargas de vasos sanitários.

Outro ponto importante em relação ao sistema de Net Zero Água é a viabilidade econômica pois depende do custo inicial de instalação e do retorno financeiro obtido com a redução do consumo de água da rede pública. Segundo os cálculos de (MICHEL, 2015) o período de retorno (payback) de investimentos em sistemas de captação e reuso de água pode variar em torno de 7 anos, dependendo do tamanho da edificação e das tarifas locais de água.

Sendo assim, (MICHEL, 2015) conclui que, embora o investimento inicial seja elevado, a redução contínua nas contas de água compensa o valor gasto, especialmente em regiões com alta tarifa das concessionárias, podendo ser utilizado em uma edificação autossustentável.

Por fim, (MICHEL, 2015) ressalta que esse tipo de sistema descentralizado é capaz de reduzir a dependência da infraestrutura pública e diminuir o impacto sobre os ecossistemas aquáticos, uma vez que a edificação opera em ciclo fechado e evita o desperdício.

Este sistema funciona em ciclo fechado, isto é, um sistema de abastecimento e consumo de água de uma edificação onde não há dependência de água externa, ou seja, a edificação é capaz de satisfazer suas próprias necessidades hídricas sem extrair água da rede pública.

Para se ter melhor entendimento pode-se verificar a figura 2 e mencionar 4 pontos importantes que contribuem para o ciclo fechado a saber:

- i Água da chuva é coletada de telhados e outras superfícies apropriada e armazenada para ser usada em diversas necessidades, como irrigação, descargas de sanitários e, com tratamento adequado, até para água potável.
- ii Reuso de Águas cinzas (provenientes de chuveiros, pias e lavanderias) e efluentes negros (provenientes de vasos sanitários) tratados no local. O tratamento pode variar em complexidade, desde sistemas simples de filtragem e desinfecção até tratamentos biológicos avançados, como zonas úmidas artificiais ou sistemas de vermifiltragem.
- iii O uso de dispositivos para economia de água, como torneiras com aeradores, chuveiros de baixo fluxo, vasos sanitários com descarga dupla ou reduzida, para a conservação da água.
- iv Utilização de sistemas de irrigação eficiente, como a irrigação por gotejamento ou subsuperficial, e o uso de paisagismo adaptado ao clima local.

Figura 2 – Esquema do ciclo fechado



Fonte: Autores.

2.2. Metodologia

Para Gil (2017), a pesquisa é um processo de desenvolvimento do método científico, cujo principal objetivo consiste em obter respostas para problemas recorrendo a procedimentos científicos.

2.2.1. Tipo de pesquisa quanto aos objetivos

Com relação aos objetivos a pesquisa será do tipo exploratória, uma vez que tem por fim tornar o problema explícito, como previsto por Gil (2017).

2.2.2. Procedimentos técnicos

Com relação aos procedimentos a serem adotados a pesquisa será do tipo bibliográfica, apresentando um referencial teórico dos conceitos utilizados como base do estudo, constantes de livros e artigos publicados.

Conterá, também, um estudo de caso, que consiste em um projeto de edificação de uma casa para fins residenciais, que seja autossustentável, no que diz respeito a seu abastecimento de energia e água não potável.

A realização deste último envolverá algumas etapas, a saber:

- Definição da localização geográfica do empreendimento;
- Definição da demanda energética e o consumo de água da edificação;
- Dimensionamento do sistema fotovoltaico necessário para suprir a demanda energética;
- Realização do projeto do sistema de captação de água de chuva para fins não potáveis;
- Elaboração do orçamento dos equipamentos;
- Análise da viabilidade econômica dos projetos; e
- Identificação do impacto ambiental dos sistemas implementados.

2.3. Projeto

2.3.1. Definição geográfica do empreendimento

O projeto será desenvolvido em condomínio Golden Green, que se situa no município de Teresópolis, RJ, a propriedade possui uma área de 2500m² e está delimitado em rosa conforme a figura 4.

Figura 4 – Área da propriedade



Fonte: Google Earth

As dimensões da construção são 32,30mx13,25m e perímetro 87,1m e a área referente ao telhado é de 359,20 m². Na figura 5 pode-se ver o perímetro em que ocupará a edificação assim como também a latitude do local que é de 22°22'53'' Sul e a longitude de 42°55'44'' Oeste.

Figura 5 – Perímetro da edificação



Fonte: Google Earth

Para se ter uma ideia da casa pode-se consultar o Anexo 1 que mostra a frente da casa e o Anexo 2 que mostra a planta do telhado da casa.

2.3.2. *Calculo da Demanda energética e consumo de água*

A edificação será habitada por 5 pessoas e possui 10 cômodos. A seguir tem-se as tabelas de equipamentos elétricos por cômodo.

Quadro 2 – Contabilização de equipamentos elétricos por aposento

Sala		3º quarto	
equipamento	quantidade	equipamento	quantidade
Lâmpada	6	Lâmpada	2
Televisão	1	Computador	1
Ventilador	1	Ventilador	1
som	1	aquecedor	1
Modem	1	abajur	1
1º quarto		1º Banheiro	
equipamento	quantidade	equipamento	quantidade
Lâmpada	2	Lâmpada	4
Televisão	1	secador de cabelo	1
Ventilador	1	prancha de cabelo	1
aquecedor	1	barbeador eletrico	1
laptop	1	2º Banheiro	
abajur	1	equipamento	quantidade
2º quarto		Lâmpada	4
equipamento	quantidade	3º Banheiro	
Lâmpada	2	equipamento	quantidade
Computador	1	Lâmpada	4
Ventilador	1	Lavabo	
aquecedor	1	equipamento	quantidade
abajur	1	Lâmpada	1
Cozinha		Área de serviço	
equipamento	quantidade	equipamento	quantidade
Lâmpada	4	Lâmpada	4
Geladeira	1	Máquina de lavar	1
Freezer	1	Secadora	1
Microondas	1	Ferro de passar	1
Forno eletrico	1	BOILER	1
sanducheira	1		
liquidificador	1		

Fonte: Autores

Com isso, pode-se tirar a estimativa de consumo em kwh/mês, uma vez que, o consumo muda de acordo com as estações, o fator de demanda foi utilizado para as lâmpadas pois na prática ninguém deixa todas as luzes ligadas.

Tabela 3 – Carga instalada e consumo mensal (kWh)

PLANILHA DE CARGA INSTALADA E CONSUMO MENSAL (kWh)							
Equipamento	Quantidade	Potência -W	potência total - W	Dias de Uso	Tempo de Uso - horas	Fator de demanda	Total - kWh/mês
Lâmpada	16	15	240	30	8,00	0,24	13,82
Lâmpada	17	9	153	30	8,00	0,24	8,81
Televisão	6	15	90	30	2,00	1,00	5,40
Ventilador	6	9	54	2	2,00	1,00	0,22
som	1	55	55	4	1,00	1,00	0,22
Modem	1	5	5	30	0,03	1,00	0,00
aquecedor	3	800	2400	7	3,00	1,00	50,40
laptop	1	50	50	22	4,00	1,00	4,40
abajur	3	4	12	30	0,5	1,00	0,18
Computador	2	130	260	30	4,00	1,00	31,20
secador de cabelo	1	1600	1600	10	0,08	1,00	1,28
prancha de cabelo	1	55	55	8	0,25	1,00	0,11
barbeador elétrico	1	5	5	4	0,08	1,00	0,00
Geladeira	1	500	500	30	24,00	1,00	360,00
Freezer	1	115	115	30	24,00	1,00	82,80
Microondas	1	1000	1000	30	0,33	1,00	9,90
Forno elétrico	1	1500	1500	8	0,17	1,00	2,04
sanduicheira	1	700	700	8	0,02	1,00	0,11
Liquidificador	1	300	300	4	0,02	1,00	0,02
Máquina de lavar	1	500	500	30	2,00	1,00	30,00
Secadora	1	1800	1800	22	2,00	1,00	79,20
Ferro de passar	1	1200	1200	4	0,03	1,00	0,14
Boiler	1	3000	3000	30	4,00	1,00	360,00
TOTAL			15594				1040,27

Fonte: Elaborado pelos autores

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS, do Ministério das Cidades, o de consumo de água de um habitante em município de Teresópolis no Estado do Rio de Janeiro é de 142,87 L/dia, levando em consideração que moram 5 pessoas na residência, tem-se que o consumo de água de 21,73m³/mês.

Além disso, é necessário definir o uso da descarga da bacia sanitária pois o sistema de aproveitamento será conectado a elas. Segundo (TOMAZ, 2009) adota-se descargas nas bacias sanitárias um gasto de 6 litros/descarga somado a possíveis vazamentos (3 litros/descarga), o somatório final é de 9 litros/descarga. Adota-se também que são 5 descargas/dia por pessoa.

Total = 5 pessoas x 5 descargas/dia x pessoa x 30dias x 9 litros/descarga/1000 = 6,75m³/mês.

Em relação a limpeza de piso adota-se: 2 x semana, Taxa: 2 litros/m² (TOMAZ, 2009). Assumindo que área útil de piso de cozinha, banheiros e área de serviço é de 100m², Volume mensal= 0,002 m³/m² x 100m² x 4 semanas x 2 vezes/semana = 1,6m³/mês.

Limpeza de carro, segundo (LEÃO et al. 2010) gasta em torno de 0,33m³/carro. O volume mensal é de 0,33m³x 2/mês = 0,66m³.

Rega de jardim: Taxa: 2 litros/m² (TOMAZ, 2009), 3 x semana, assumindo que área útil de rega de jardim é de 40m² então o volume mensal é de 0,002m³/m² x 40m² x 4 semanas x 3 vezes/semana = 0,96m³

Soma total = 0,96+1,6+0,66+6,75 = 9,97m³

Após definido o consumo de água e de energia da residência, o próximo passo será coletar os dados de radiação solar e índice pluviométrico do município.

No caso de Teresópolis, em concordância os dados oficiais coletados pelo LABREN - Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia e organizado pelo CRESESB, e sintetizado na tabela 4, é possível notar que o índice de radiação solar é maior no verão e menor no inverno, e dependendo do grau de inclinação há também mudança nos valores.

Tabela 4 – Índice de radiação solar de Teresopolis em KWh/(m²·dia)

Estação: Teresopolis
Município: Teresopolis , RJ - BRASIL
Latitude: 22,401° S
Longitude: 42,949° O
Distância do ponto de ref. (22,381389° S; 42,928889° O): 3,0 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m ² .dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
☑	Plano Horizontal	0° N	5,43	5,79	4,68	4,12	3,48	3,31	3,41	4,17	4,46	4,75	4,59	5,30	4,45	2,48
☑	Ângulo igual a latitude	22° N	4,94	5,53	4,79	4,60	4,21	4,21	4,25	4,86	4,72	4,64	4,25	4,77	4,65	1,32
☑	Maior média anual	20° N	5,01	5,58	4,80	4,58	4,17	4,15	4,19	4,82	4,72	4,67	4,30	4,83	4,65	1,43
☑	Maior mínimo mensal	23° N	4,91	5,51	4,79	4,62	4,24	4,24	4,28	4,88	4,72	4,62	4,23	4,73	4,65	1,28

(Fonte: CRESESB)

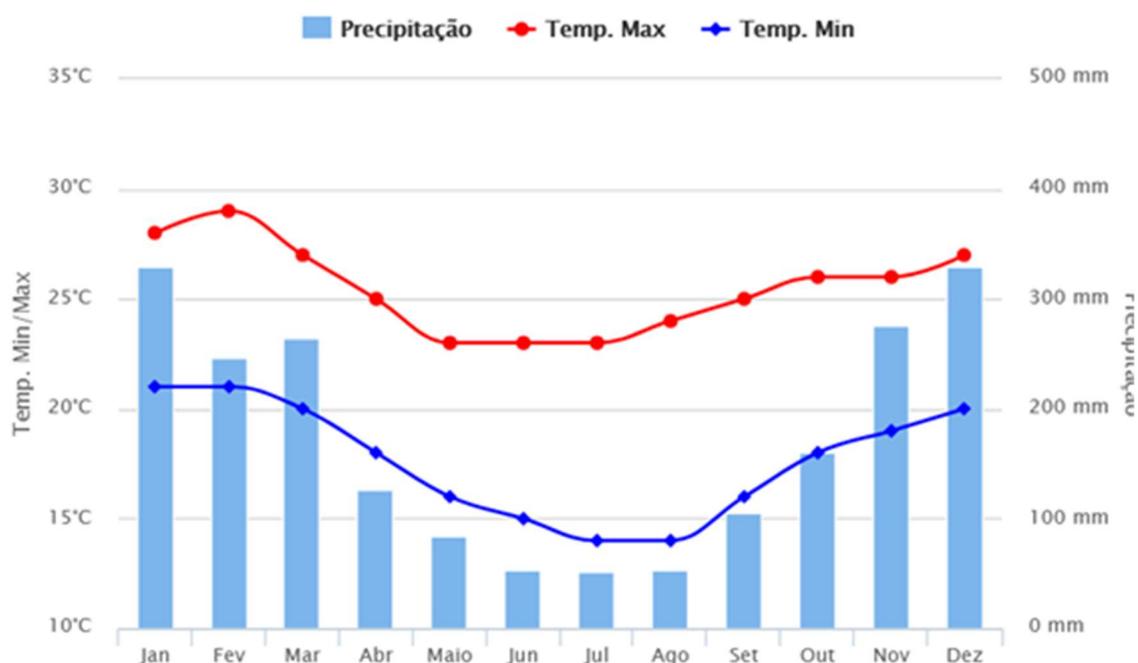
Os dados pluviométricos foram obtidos através do site (CLIMATEMPO, 2025), conforme mostrado na figura 6. O índice pluviométrico é maior no verão e menor no inverno.

Figura 6 – Índice pluviométrico em Teresópolis, RJ.

Mês	Minima (°C)	Máxima (°C)	Precipitação (mm)
Janeiro	21°	28°	329
Fevereiro	21°	29°	246
Março	20°	27°	265
Abril	18°	25°	127
Maio	16°	23°	85
Junho	15°	23°	53
Julho	14°	23°	52
Agosto	14°	24°	53
Setembro	16°	25°	105
Outubro	18°	26°	160
Novembro	19°	26°	276
Dezembro	20°	27°	330

(Fonte: Climatempo)

Figura 7 – Índice pluviométrico em Teresópolis, RJ.



(Fonte: Climatempo)

2.3.3. Dimensionamento do sistema fotovoltaico

Os módulos deverão ser instalados de forma que a incidência de radiação solar seja otimizada, com isso, é necessário compreender a disposição espacial dos módulos em relação ao Sol e a Terra. Sendo assim, é importante saber a definição dos ângulos como é visto na tabela 5:

Tabela 5 – Definições - Geometria Solar

Nome	Simbologia	Definição
Declinação Solar	δ	Posição angular do Sol, ao meio-dia solar, em relação ao plano do Equador (Norte positivo). Varia anualmente entre $-23,5^\circ$ e $23,5^\circ$.
Ângulo de Incidência	γ	Ângulo formado entre os raios do sol e a normal da superfície de captação.
Ângulo Azimutal da Superfície	a_w	Ângulo entre a projeção da normal à superfície no plano horizontal e a direção Norte-Sul. Varia de -180° (esquerda do Norte) a 180° (direita do Norte).
Ângulo Azimutal do Sol	a_s	Ângulo entre a projeção do raio solar no plano horizontal e a direção Norte-Sul. Usa a mesma convenção do ângulo azimutal da superfície.
Altura Solar	α	Ângulo compreendido entre o raio solar e a projeção do mesmo sobre um plano horizontal.
Inclinação	β	Ângulo entre o plano da superfície em questão e a horizontal.
Ângulo Horário do Sol	ω	Deslocamento angular leste-oeste do Sol a partir do meridiano local, devido à rotação da Terra. Cada hora corresponde a 15° . Negativo de manhã, 0 ao meio-dia e positivo à tarde.
Ângulo Zenital	θ_z	Ângulo formado entre os raios solares e a vertical.

(Fonte: autores, adaptado de VILLALVA, 2022)

Conforme visto na tabela 4, o ângulo de inclinação dos módulos (β) deve ser, de 23° N, porque mantém a média de $4,65 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{dia})$ e com a menor diferença entre o maior e o menor valor mensal de irradiação solar diária média (em $\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$).

O módulo escolhido é o TSM-DE18M da empresa TRINA, que pode ser visto no ANEXO 3, que possui uma potência de $(510\text{Wp} + 5)$, no total serão 40 módulos, produzindo um total de $20,4\text{kWp}$.

Conforme a figura 8 os módulos estão em uma área em que não há árvores ou qualquer outro objeto que crie uma área de sombreamento, além disso a área do terreno é suficiente para deixar os módulos espaçados de forma que não se tenha sombreamento entre eles.

Figura 8 – área dos módulos



(Fonte: autores, adaptado de Google Earth)

Para saber a distância mínima entre os módulos é necessário saber o comprimento do painel, que no caso é de 1,102m multiplicado por um fator de 2,25, então o espaçamento $D = 2,25 * 1,102 = 2,48$ m conforme (VILLALVA, 2022. p.62)

O inversor escolhido foi o MID 20KTL3-XL2 da GROWATT (ANEXO 4), que é um inversor on-grid, ou seja, deve ser conectado à rede elétrica, este inversor suporta até 36kW na entrada C.C. e fornece no máximo 22,2kW de potência C.A.

Ainda sobre a escolha do inversor, seguindo as orientações da norma ABNT NBR 16690:2019, a ligação entre os módulos e o inversor deve ser feita obedecendo a capacidade de corrente e tensão de entrada especificada do inversor e respeitando os limites de temperatura de operação, corrente de curto-circuito e levando em consideração o efeito térmico sobre as placas, pois existe uma relação inversa entre temperatura e tensão fornecida.

Segundo a folha de dados, do inversor escolhido, a tensão de operação dele em MPPT (Maximum Power Point Tracker) é da faixa de 250V a 600V. Uma observação importante é que o MPPT vem dentro do Inversor e é um recurso em que o inversor regula a tensão e corrente de operação do arranjo fotovoltaico, a fim de obter o máximo produto $I \times V$ dos módulos solares, como explica (VILLALVA, 2022. p.160)

Os módulos estarão então conectados em 4 fileiras com 10 módulos em série, sendo que cada módulo possui 43,2V de tensão de circuito aberto, então cada fileira possuirá 432V mantendo-se assim na faixa de operação do MPPT.

Seguindo a recomendação da NBR 16690:2019, a tensão fornecida pelo módulo varia de acordo com a temperatura e isso deve ser levado em consideração para saber se a faixa de tensão se mantém para temperaturas baixas, com base neste fato, sabe-se que segundo a figura 6, durante o ano a temperatura varia de 14oC mínima e a máxima de 28oC, fazendo a correção para 14oC tem-se $432 \times 1,06 = 457,92V$. Isso significa que o sistema se mantém na faixa de operação.

Segundo a ficha técnica e o manual do Inversor MID 20KTL3-XL2 da GROWATT, sua capacidade de multi-fileira é de 4 fileiras por MPPT, ou seja, é como se cada fileira estivesse ligada a um inversor diferente, com isso, cada fileira será conectada a 1 terminal do inversor e isto favorece uma melhor proteção feita pelos recursos do inversor para cada fileira separadamente, evitando assim o uso de diodos de bloqueio e fusíveis fileira.

Vale ressaltar que em conformidade com as especificações técnicas do Inversor MID 15K, este possui os seguintes dispositivos de Proteção:

- Proteção contra polaridade reversa (CC);
- Interruptor seccionador CC;
- DPS Tipo II (Dispositivo de Proteção contra Surtos) nos lados CC e CA;
- Monitoramento de resistência de isolamento
- Proteção contra curto-circuito no lado CA
- Monitoramento de falha à terra
- Detecção de string FV
- Unidade de monitoramento de corrente residual (RCMU)
- Proteção AFCI (detecção de arco elétrico)

A corrente fornecida por cada conjunto de módulos é de $I = 11,81A$ e a corrente de curto circuito é $I_{sc} = 12,42A$.

O inversor possui uma capacidade máxima para suportar corrente de curto de até 40 A e para o funcionamento do MPPT a corrente do arranjo não pode superar 32A conforme a ficha técnica do inversor.

Os cabos do lado de corrente continua estarão dispostos segundo a norma da ABNT NBR 16612:2017 através do método de instalação 3: dois cabos unipolares espaçados em, pelo menos $0,75 \times$ diâmetro externo, na horizontal para cabos EPR ou XLPE, e as condições de operação são 120°C até 20.000 horas, 90°C em serviço contínuo e 250°C em curto-circuito,

outras características dos cabos é que são não halogenados, isolados, com cobertura, para tensão de até 1,8 kV C.C. entre condutores.

Nestas condições o cabo escolhido é o de 6mm² que suporta no máximo 59 A, apesar do cabo de bitola menor (2,5mm²) seja o suficiente, como não foi considerado a queda de tensão nos cabos, para que se tenha uma margem de segurança o cabo de 6mm² garante que não haja qualquer problema com a tensão no terminal do inversor.

A distância entre os módulos e o inversor será de aproximadamente 40 a 45m, como não se tem a medida exata, será considerado então 4 rolos de 100m, sendo que 2 rolos serão da cor vermelha e 2 serão da cor preta.

Já no lado C.A os cabos serão escolhidos de acordo com a NBR 5410:2004 e o Manual do Inversor, a corrente de saída máxima $I_{c.a.max} = 58,3A$, o inversor estará próximo ao quadro geral de baixa tensão (QGBT) esses cabos estarão abrigados por uma eletrocalha em cabos unipolares sobre parede, que é o método B1 para 3 condutores e apesar do cabo de 10mm² ser o suficiente com a capacidade de $I=66A$, o manual do inversor aconselha que seja usado cabo de no mínimo 16mm² cuja a capacidade é de $I = 88A$.

O manual do Inversor exige um interruptor de 100A e 133V, além disso um disjuntor deve ser especificado, em se tratando de valores de mercado, o disjuntor ideal para este caso é o de 80 A curva C, uma vez que os inversores estão sujeitos a transientes e um disjuntor curva B pode ocasionar uma desconexão indesejada.

O esquema pode ser visto no ANEXO 5

2.3.4. Energia estimada do sistema fotovoltaico

Seguindo (VILLALVA, 2022), para se calcular a média de energia produzida pelo módulo conectado a um inversor que possui o MPPT, utiliza-se a equação (1).

$$E_p = E_s A_m \eta_m \quad (1)$$

Onde E_p = Energia produzida pelo módulo diariamente em Wh;

E_s = Insolação diária em Wh/m²/dia;

A_m = Área da superfície do módulo em m²;

η_m = Eficiência do módulo;

Segundo o anexo 3, a eficiência do módulo é de 0,212, e a área é de 2,41m², e através da tabela 4 a insolação média é de 4,65, e são 40 módulos. Assim obtém-se uma média de $E_p = 95$ kWh/por dia

2.3.5. Finalidade do uso de água de chuva neste projeto

Para dimensionar o sistema de uso de água de chuva é necessário primeiro saber para que será usado a água, pois isso trará obrigação de uso de certos dispositivos e equipamentos no sistema e para este caso a captação de água de chuva será para:

- Limpeza de carro;
- Limpeza de pátio;
- Limpeza de calçada;
- Regar jardim;
- Limpeza dos painéis fotovoltaicos;
- Descarga de bacia sanitária.

2.3.6. Dimensionamento das tubulações

Primeiramente é importante lembrar que segundo a norma NBR 5626:2020 não deve existir conexão cruzada entre as tubulações de água potável e água de captação pluvial, para isso os dois sistemas devem estar totalmente separados, além disso a tubulação de água de chuva deve ser pintada de cor roxa e escrita “água não potável” conforme a norma NBR 15527:2019.

Como visto anteriormente, são 5 pessoas morando no edifício, a área externa do local é de 2072m², área da edificação é de 428m² e a área do telhado é 359,20 m². A área do telhado real para fins de cálculos deve ser feita para cada água do telhado e no caso das triangulares é segundo a equação 1:

$$A = \left(\frac{a}{2}\right) * \sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 + h^2} \quad (1)$$

Onde A = área da água triangular do telhado

a = comprimento do telhado (11,70m);

b = largura do telhado (6m);

h = altura do telhado (3m).

Com isso, tem-se A= 24,82 m, como são 2 águas A = 49,64m. Já as águas trapezoidais se calculam através da equação 2

$$A = \left(\frac{b+B}{2}\right) * \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + h^2} \quad (2)$$

Onde A = área da água trapezoidal do telhado

a = comprimento do telhado (5,85m);

B = largura do telhado (base maior) (30,70m);

b = largura da cumeeira (base menor) (18,90m);

h = altura do telhado (3m).

E assim $A = 103,91\text{m}^2$, para duas águas $A = 207,82\text{m}^2$, então a área total é $49,64+207,82 = 257,46\text{m}^2$.

Agora, é importante saber a intensidade de chuvas baseado na equação 3

$$I = \frac{KT_r^a}{(t+b)^c} \quad (3)$$

Onde I= intensidade da chuva e mm/h.

Tr = período de retorno ≥ 25 Anos.

T= tempo de concentração = 5 minutos.

A equação de chuva intensa em Teresópolis foi parametrizada através do software PLUVIO2.1 desenvolvida pela Universidade de Viçosa que deu como parâmetros: $K=9753,643$ $a= 0,212$ $b= 41,613$ e $c= 1,140$. Conseqüentemente encontra-se $I = 242$ mm/h.

Seguindo a norma NBR 10844:89, a vazão de pico na Calha é determinada pela equação (4):

$$Q = IA/60 \quad (4)$$

Onde: A = área do telhado $359,20 \text{ m}^2$.

I = 242 mm/h.

Q = Vazão de pico no trecho da calha = 1448,77 L/min.

Ainda com a norma NBR 10844:89 a calha deve ser dimensionada através da formula de Manning, equação (5).

$$Q = K \frac{A}{n} R_H^{2/3} i^{1/2} \quad (5)$$

Onde: A= área da seção molhada (m^2);

n= coeficiente de rugosidade de Manning;

$R_H = A/P$ = raio hidráulico (m);

P = perímetro molhado (m);

i = declividade da calha (m/m) Mínimo: 0,02m/m;

Q = Vazão de projeto, em L/min;

$K = 60000$.

Como o material da calha é PVC semicircular, a declividade de 2% e o diâmetro de 100mm e o coeficiente de rugosidade do PVC segundo a tabela 2 da norma NBR 10844:89 o $n = 0,011$, e de acordo com a Tabela 3 da mesma norma, tem-se a vazão $Q = 256$ L/min.

O dimensionamento do condutor vertical é feito através da tabela 4 da norma NBR 10844:89 que para um condutor circular de $n = 0,011$ (PVC) inclinação de 2% o diâmetro interno deve ser de 100mm.

2.3.1. Caixa first flush

As caixas first flush servem para coletar a água da chuva que cai num telhado seco por um período mínimo de três dias, dessa forma todos os detritos, sujeiras, folhas que se encontram no telhado são levados para a caixa e submergem de forma a não passar para o reservatório de água, levando assim uma água mais livre de detritos e segundo (Tomaz, 2009) são necessários 10 minutos de chuva (first flush) para limpar a área do telhado. Ou seja, as caixas de first flush funcionam como uma caixa de autolimpeza.

Para dimensionamento da caixa first flush, tem-se como referência que 1 litros/m² de área de telhado seja lançado fora juntamente com a poeira que fica no telhado, conforme (TOMAZ, 2009). A Taxa adotada: 2,00 litros/m² conforme a NBR 15527:2019 de telhado e Área do telhado para captação de chuva é de 257,46m². Então o volume do first flush é igual a 257,46m² x 0,002m³/m² = 0,515 m³ aproximadamente.

Assim é possível saber o comprimento da caixa, assumindo que largura é de 0,9m e a altura de 0,7m, o comprimento será de $0,515 / (0,9 \times 0,7) = 0,82$ m.

O first flush ocupará o volume de 0,52m³, a vazão do first flush é de 0,52 m³/10min, ou seja, a vazão é de 0,00087 m³/s.

O próximo passo é dimensionar a área do orifício do first flush dado pela equação (6) que é a equação de orifício.

$$Q = C_d A (2gh)^{1/2} \quad (6)$$

Onde $C_d = 0,62$;

altura h é $0,7/2 = 0,35\text{m}$ (altura do nível médio da água desde o meio da seção do orifício).

$$0,00087\text{m}^3/\text{s} = 0,62 \times A \times (2 \times 9,81 \times 0,35\text{m})^{0,5}$$

Encontra-se a área A de valor:

$$A = 0,00054\text{m}^2 \text{ sendo } que A = (\pi D^2) / 4 \text{ então, } D = 0,0262\text{m} \text{ ou } D = 26,2\text{mm}.$$

Considera-se assim a tubulação de diâmetro nominal de 32 mm (diâmetro comercial) de PEAD (polietileno), pois resiste bem aos raios ultravioletas, e são destinados a passagem de água para fins não potáveis (MACINTYRE, 2021).

Na parte de cima da caixa de first flush, na entrada da tubulação haverá uma grade/peneira de 0,8mm para evitar que todo material maior ou igual a esse tamanho entre na caixa.

2.3.1. Dimensionamento do Reservatório

Para dimensionar o reservatório será utilizado o método de RIPPL que está no apêndice da norma NBR 15527:2007 e conforme esta, a formula é expressa em (7):

$$V_c = PAC_r \quad (7)$$

Onde:

V_c = volume coletado no mês (litros ou m^3);

P = precipitação mensal (mm), conforme a figura 6;

A = área de captação (m^2);

C_r = coeficiente de rendimento que neste caso será utilizado 0,8.

Com isso, o método de RIPPL pode ser organizado conforme a tabela 6.

Tabela 6 – Método RIPPL

Mês	Chuva Média Mensal (mm)	Demanda Mensal (m ³)	Área de Captação (m ²)	Volume de Chuva Mensal (m ³)	Diferença entre Demanda e Volume de Chuva (m ³)	Diferença Acumulada dos Valores Positivos (m ³)
Janeiro	329,0	9,97	257,46	67,76	-57,79	
Fevereiro	246,0	9,97	257,46	50,67	-40,70	
Março	265,0	9,97	257,46	54,58	-44,61	
Abril	127,0	9,97	257,46	26,16	-16,19	-16
Mai	85,0	9,97	257,46	17,51	-7,54	-24
Junho	53,0	9,97	257,46	10,92	-0,95	-25
Julho	52,0	9,97	257,46	10,71	-0,74	-25
Agosto	53,0	9,97	257,46	10,92	-0,95	-26
Setembro	105,0	9,97	257,46	21,63	-11,66	-38
Outubro	160,0	9,97	257,46	32,95	-22,98	-61
Novembro	276,0	9,97	257,46	56,85	-46,88	-108
Dezembro	330,0	9,97	257,46	67,97	-58,00	-166
TOTAL	2081,00	119,64		428,62		

(Fonte: autores)

Como todos os valores da diferença entre a demanda e a chuva foram negativos, isso significa que em todos os meses haverá excedente de água independente do reservatório.

Por isso, foi escolhido o reservatório de 10000L (10m³) que será o suficiente para suprimir 1 mês sem chuva caso haja tal eventualidade.

O detalhamento pode ser visto no ANEXO 6.

2.4. Orçamento

Com os dois projetos bem concebidos, a próxima etapa é fazer a lista de material com o preço para que se tenha ideia do custo da implementação dos dois sistemas, conforme mostrado nas tabelas 7 e 8.

Tabela 7: Lista de material para o sistema fotovoltaico

PLANILHA DE ORÇAMENTO PARA SISTEMA FOTOVOLTAICO					
DESCRIÇÃO	FABRICANTE	UNIDADE	PREÇO UNITÁRIO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	QUANTIDADE	TOTAL
INVERSOR MID 20KTL3-XL2	GROWATT	UN	R\$ 13.299,05	1	R\$ 13.299,05
MÓDULO SOLAR TSM-DE18M	TRINA	UN	R\$ 700,00	40	R\$ 28.000,00
CABO EPR DE 6 mm ² OPERAÇÃO 120°C ATÉ 20.000 HORAS, 90°C EM SERVIÇO CONTÍNUO E 250°C EM CURTO-CIRCUITO, NÃO HALOGENADO, COM COBERTURA DE ISOLAÇÃO PARA TENSÃO DE ATÉ 1,8kV C.C. ENTRE CONDUTORES COR PRETA (ROLO DE 100M)	SIL	UN	R\$ 1.235,00	2	R\$ 2.470,00
CABO EPR DE 6 mm ² OPERAÇÃO 120°C ATÉ 20.000 HORAS, 90°C EM SERVIÇO CONTÍNUO E 250°C EM CURTO-CIRCUITO, NÃO HALOGENADO, COM COBERTURA DE ISOLAÇÃO PARA TENSÃO DE ATÉ 1,8kV C.C. ENTRE CONDUTORES COR VERMELHA (ROLO DE 100M)	SIL	UN	R\$ 1.235,00	2	R\$ 2.470,00
CABO EPR DE 16 mm ² UNIPOLAR COR VERMELHA (10m)	SIL	UN	R\$ 148,12	1	R\$ 148,12
CABO EPR DE 16 mm ² UNIPOLAR COR PRETA (10m)	SIL	UN	R\$ 148,12	1	R\$ 148,12
CABO EPR DE 16 mm ² UNIPOLAR COR BRANCA (10m)	SIL	UN	R\$ 148,12	1	R\$ 148,12
CABO EPR DE 16 mm ² UNIPOLAR COR AZUL (10m)	SIL	UN	R\$ 148,12	1	R\$ 148,12
CABO EPR DE 16 mm ² UNIPOLAR COR VERDE (0m)	SIL	UN	R\$ 148,12	1	R\$ 148,12
DISJUNTOR TRIPOLAR DE CAIXA MOLDADA CURVA C 80A, 20kA (ICC)	WEG	UN	R\$ 290,00	1	R\$ 290,00
CHAVE SECCIONADORA ROTATIVA TRIPOLAR 100A (ATÉ 160A)	WEG	UN	R\$ 562,00	1	R\$ 562,00
ELETROCALHA 50x50 PERFURADA, COM FIXAÇÃO E TAMPA 3 m	OBO	UN	R\$ 40,31	2	R\$ 80,62
VALOR TOTAL					R\$ 47.912,27

(Fonte: autores)

Tabela 8: Lista de material para o de captação de águas pluviais

PLANILHA DE ORÇAMENTO PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA					
DESCRIÇÃO	FABRICANTE	UNIDADE	PREÇO UNITÁRIO - FORNECIMENTO E INSTALAÇÃO	QUANTIDADE	TOTAL
TUBULAÇÃO PEAD DE 32mm (6m)	HIDRO BRW	UN	R\$ 70,03	2	R\$ 140,06
TUBULAÇÃO PEAD DE 100mm (6m)	HIDRO BRW	UN	R\$ 230,72	2	R\$ 461,44
TUBULAÇÃO PEAD DE 125mm (6m)	HIDRO BRW	UN	R\$ 430,50	1	R\$ 430,50
CURVA 45° PEAD DE 100mm	HIDRO BRW	UN	R\$ 119,99	2	R\$ 239,98
CURVA 90° PEAD DE 100mm	HIDRO BRW	UN	R\$ 121,10	2	R\$ 242,20
CURVA 90° PEAD DE 125mm	HIDRO BRW	UN	R\$ 292,27	1	R\$ 292,27
CURVA 90° PEAD DE 32mm	HIDRO BRW	UN	R\$ 46,25	2	R\$ 92,50
REGISTRO TIPO GAVETA 32mm	DECA	UN	R\$ 64,77	2	R\$ 129,54
CAIXA D'ÁGUA POLIETILENO FORTPLUS COM TAMPA ROSCA AZUL 10000L	FORTLEV	UN	R\$ 4.799,90	1	R\$ 4.799,90
CAIXA FIRSTFLUSH COM GRADE DE 0,8mm DE PENEIRA	UN	UN	R\$ 500,00	1	R\$ 500,00
VALOR TOTAL					R\$ 7.328,39

(Fonte: autores)

Conforme as tabelas 7 e 8 tem-se o total de R\$ 55.240,66 de custo só de material, ainda existe o custo de mão-de-obra que não foi concebido, e os valores dos cabos por exemplo foi

estimado, com relação a distância que percorreram entre o inversor e a localização da caixa de entrada QGBT, também não foi quantificado a tubulação que alimenta as bacias sanitárias uma vez que, dependeria saber como estão conectadas e se são com válvula ou caixa de descarga.

2.5. Identificação do impacto ambiental dos sistemas implementados.

Com o sistema fotovoltaico instalado na casa, tem-se disponível energia renovável que não emite poluentes, nem ruídos, nem fumaça, nem resíduos como geradores a diesel por exemplo. Outro destaque é que o sistema fotovoltaico deste estudo provê uma média de 95kWh por dia, diminuindo assim esta demanda de energia que seria fornecida pelo sistema elétrico interligado (usinas geradoras), diminuindo assim a pressão que se teria pela demanda total.

Com a captação de água de chuva e seu armazenamento, consegue-se economizar uma estimativa de 9,97m³ água potável por mês, aliviando o sistema de abastecimento. Também reduz o escoamento superficial da água e aumenta a resiliência do sistema em períodos de seca.

Combinando os dois sistemas, tem-se uma edificação mais eficiente tanto energeticamente como hidricamente, passível de receber um certificado ambiental, como o selo PROCEL EDIFICA, tornando-se assim modelo e exemplo para outras edificações consequentemente agregando valor a edificação.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo principal propor a aplicação de geração de energia por meio do sistema fotovoltaico e o aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis em uma residência, para que se promova a sustentabilidade através do aumento de eficiência energética atribuída a estes sistemas.

Ao longo do estudo, foi possível observar que a construção civil, por ser uma das áreas mais impactantes para o meio ambiente, pode se beneficiar significativamente da adoção de tecnologias sustentáveis.

Com isso, o sistema fotovoltaico projetado tem potencial para gerar, em média, 95 kWh por dia, o que cobre boa parte da demanda energética da residência. Já o sistema de captação e uso da água da chuva demonstrou capacidade de economizar cerca de 10 m³ por mês de água potável, ao ser utilizado em atividades como rega de jardim, limpeza de piso e descargas sanitárias.

Entretanto, é importante destacar que o orçamento apresentado se baseia em dados de literatura, referências técnicas e estimativas de mercado. Além disso, não se tem o real

detalhamento da instalação elétrica e da hidrossanitária que dariam dados detalhados como a distância e o ponto de conexão do sistema fotovoltaico e a rede elétrica, assim como os tipos de bacias sanitárias suas disposições para o dimensionamento dos sub-ramais da tubulação.

Por essa razão, não é possível afirmar com precisão o custo-benefício real da implementação dos sistemas. Contudo, esta limitação não compromete os objetivos técnicos da pesquisa, mas indica a necessidade de estudos futuros que incluam a coleta de dados práticos.

Outra consideração a ser feita é que fatores como variações sazonais de consumo e o comportamento real dos usuários também não foram abordados, o que poderia interferir nos resultados estimados.

Também por causa disso, não foi possível fazer uma análise de viabilidade técnico-econômica, precisaria por exemplo das contas de energia e de água para tal, entretanto, sabe-se que haverá uma drástica diminuição na conta de energia e de água do imóvel.

Apesar dessas restrições, a proposta mostrou-se tecnicamente viável e aplicável em contextos similares, especialmente em regiões com boa insolação e índices razoáveis de precipitação, como é o caso de Teresópolis (RJ). A possível reprodução desse modelo é um de seus maiores pontos positivos, podendo servir como referência para outras residências que busquem maior autonomia energética e hídrica.

Para futuras pesquisas, recomenda-se a expansão da análise para incluir sistemas híbridos de geração de energia (com baterias ou fontes complementares, como eólica ou biogás), bem como o aproveitamento de águas cinzas e o tratamento de esgoto, para se chegar a um modelo de “Net Zero Água”.

Por fim, o presente trabalho reforça a importância de incorporar soluções sustentáveis desde a fase de projeto, como parte de uma mudança de paradigma na forma como uma edificação é planejada, construída e utilizada.

4. REFERÊNCIAS

ABNT 5410:2004 - Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

ABNT NBR 5626:2020 - sistemas prediais de água fria e água quente —Projeto, execução, operação e manutenção.

ABNT NBR 10844:1989 – Instalações prediais de águas pluviais.

ABNT NBR 15527:2007 - Reaproveitamento de água da chuva não potável.

ABNT NBR 15527:2019 - Reaproveitamento de água da chuva não potável.

ABNT NBR 16612:2017 - Cabos de potência para sistemas fotovoltaicos, não halogenados, isolados, com cobertura, para tensão de até 1,8 kV C.C. entre condutores - Requisitos de desempenho.

ABNT NBR 16690:2019 - Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos.

ABSOLAR- Associação Brasileira De Energia Solar Fotovoltaica. 2024. Disponível em: <<https://www.absolar.org.br/noticia/https-diariotocantinense-com-br-noticia-guarai-to-reduz-94-da-conta-de-luz-com-energia-solar-descubra-como-a-cidade-conquistou-essa-economia-milionaria-18211/>> Acesso em 05/10/24.

BATISTA, Lavynia S.; LEÃO, Clarissa S.; SILVA, Witson A. da. Análise dos impactos ambientais de construções ecológicas: uma revisão sistemática da literatura. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, Aquidabã (SE), v. 13, n. 07, p.90-99, 2022.

BURKE, Bill; KEELER, Marian Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

CAMPOS, Victor Arruda Ferraz de. Aspectos técnicos, econômicos e ambientais de sistemas híbridos aplicados em edificações familiares e propriedades rurais. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Guaratinguetá, 2019.

CLIMATEMPO. Climatologia em Teresópolis. Disponível em: <<https://www.climatepo.com.br/climatologia/329/teresopolis-rj>> Acesso em 01/04/25.

CRESESB. Potencial Solar - SunData v 3.0. Disponível em: <<https://cresesb.cepel.br/index.php?link=/sundata/index.php>> Acesso em 01/04/25.

DAEV S/A. Você sabe qual é a diferença da água pluvial e da água fluvial? 2021. Disponível em: <<https://www.daev.org.br/noticias/materias/voce-sabe-qual-e-a-diferenca-da-agua-pluvial-e-da-agua-fluvial>>. Acesso em: 30 out. 2024.

EDWARDS, Brian. O Guia Básico para a Sustentabilidade. 2ª edição. Barcelona: Gustavo Gili, 2008.

ELETROBRAS. "Programa Luz para Todos: Energia Solar em Áreas Remotas." Eletrobras, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/mme/pt-br/destaques/Programa%20Luz%20para%20Todos/publicacoes/livro-um-marco-historico-10-milhoes-de-brasileiros-sairam-da-escuridao/livro-um-marco-historico-10-milhoes-de-brasileiros-sairam-da-escuridao-portuques.pdf/view>> Acesso em 05/10/24.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 6. ed. - São Paulo: Atlas, 2017.

KIBERT, C. J. Edificações sustentáveis: projeto, construção e operação. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2020.

LABREN - Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia. Disponível em: < https://labren.ccst.inpe.br/atlas_2017_RJ.html > acesso em 01/04/25.

LEÃO, Eduardo Araújo de Souza et al. *O reuso da água: um estudo de caso na lavagem de veículos em lava-jato de Belém/PA*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 16.; ENCONTRO NACIONAL DE PERFURADORES DE POÇOS, 17., 2010, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: Associação Brasileira de Águas Subterrâneas, 2010.

MACINTYRE, A. J. Manual de instalações hidráulicas e sanitárias. LTC-Livros Técnicos e Científicos, 2021.

MICHEL, Martin Santos. Autossuficiência Hídrica: Análise de Viabilidade Técnico-Econômica para Desenvolvimento de Projetos Net Zero Água. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

MORUZZI, R. B.; NAKADA, L. Y. K. Coleta e tratamento de água pluvial para fins não potáveis com emprego de amido de milho como coagulante primário em filtração cíclica em escala de laboratório. REA – Revista de Estudos Ambientais, Rio Claro, v. 11, n. 1, p. 51-60, jan./jun. 2009.

MOREIRA, Julio; MOREIRA, Pedro. Sistemas de aproveitamento de água de chuva: projeto e dimensionamento. São Paulo: Editora Sustentável, 2010.

MOTA, Loyslène de F. et al. Construções sustentáveis, desenvolvimento econômico e a de engenharia: otimização dos recursos naturais. RELISE - Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo, Curitiba, v. 06, n. 02, p. 221-242, mar./abr, 2021.

NASCIMENTO, Emilli R. do; MORAIS, Denilson Pedro F. de; LOPES, Shara C. Sustentabilidade na construção civil no Brasil: uma revisão da literatura. Research, Society and Development, Vargem Grande Paulista, v. 11, n.14, p. 01-12, 2022.

OLIVEIRA, L. S. F. O impacto da captação de água de chuva na infraestrutura urbana. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

PEREIRA, Ênio B. et al. Atlas brasileiro de energia solar. São Paulo: INPE, 2017.

RÜTHER, Ricardo. Edifícios Solares Fotovoltaicos: O Potencial da Geração Solar Fotovoltaica Integrada a Edificações Urbanas e Interligada à Rede Elétrica Pública no Brasil. 1. ed. Florianópolis: Editora UFSC, 2004. 118f. Disponível em: <<https://fotovoltaica.ufsc.br/sistemas/livros/livro-edificios-solares-fotovoltaicos.pdf>. > Acesso em : Acesso em 05/10/24.

SEVERIANO JUNIOR, Wagner O. Construção verde: emprego de recursos renováveis na construção civil. REASE - Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação, São Paulo, v. 07, n. 07, p. 792-807, jul. 2021.

SILVA, Carlos E. et al. Captação de água de chuva: uma alternativa para reduzir o consumo de água potável. Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2015.

SILVA, Vitor Eustáquio Andrade; COELHO, Lineker Max Goulart. Otimização das características construtivas e arquitetônicas para a concepção de edificações sustentáveis com autossuficiência energética. Congresso Brasileiro De Gestão Ambiental E Sustentabilidade, 3., 2015, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: Ecogestão Brasil, 2015. p. 958-970.

MINISTÉRIO DAS CIDADES. SNIS – SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE O SANEAMENTO. Disponível em https://appsnis.mdr.gov.br/indicadores-hmg/web/agua_esgoto/mapa-agua?codigo=3305802 Acesso em 18/04/25

SOUZA, Cleidman Euzébio de; SILVA E SOUZA, Brenda Victória R. Revista Multidebates, Palmas, v. 07, n. 04, p. 300-307, 2023.

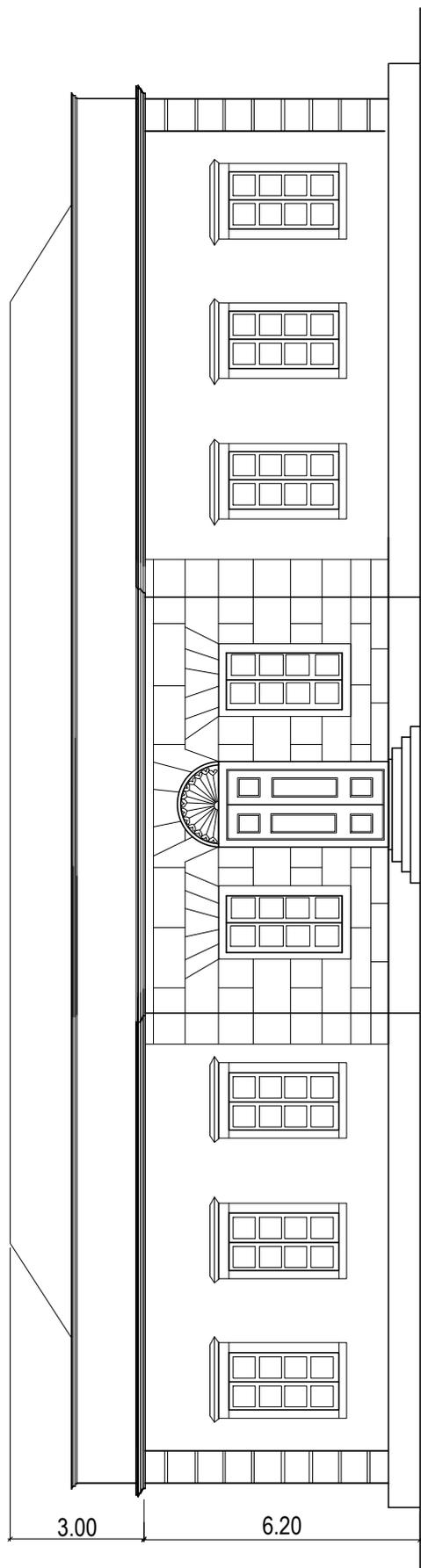
SOUZA, Gabriela R; PENHA, Roberto S. da. Viabilidade econômica de um projeto de investimento de energia fotovoltaica. RAGC - Revista de Auditoria Governança e Contabilidade, Monte Carmelo, v. 08, n.35, p.113-128, 2020.

TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis. Guarulhos: Editora Plínio Tomaz, 2009.

VILLALVA, M. G. Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e aplicações. 2. Ed.São Paulo: editora Érica, 2022.

YUDELSON, J. Projeto integrado e construções sustentáveis. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

5. ANEXOS



UNIVERSIDADE SANTA ÚRSULA

PROJETO CASA SUSTENTAVEL

VISTA FRONTAL

AUTORES

DANIEL RIBEIRO

HUGO A. BARROS

TÍTULO:

LOCAL DA OBRA:

ESTRADA TERE—FRI KM4 TERESÓPOLIS—RJ.

DATA:

ABR/2025

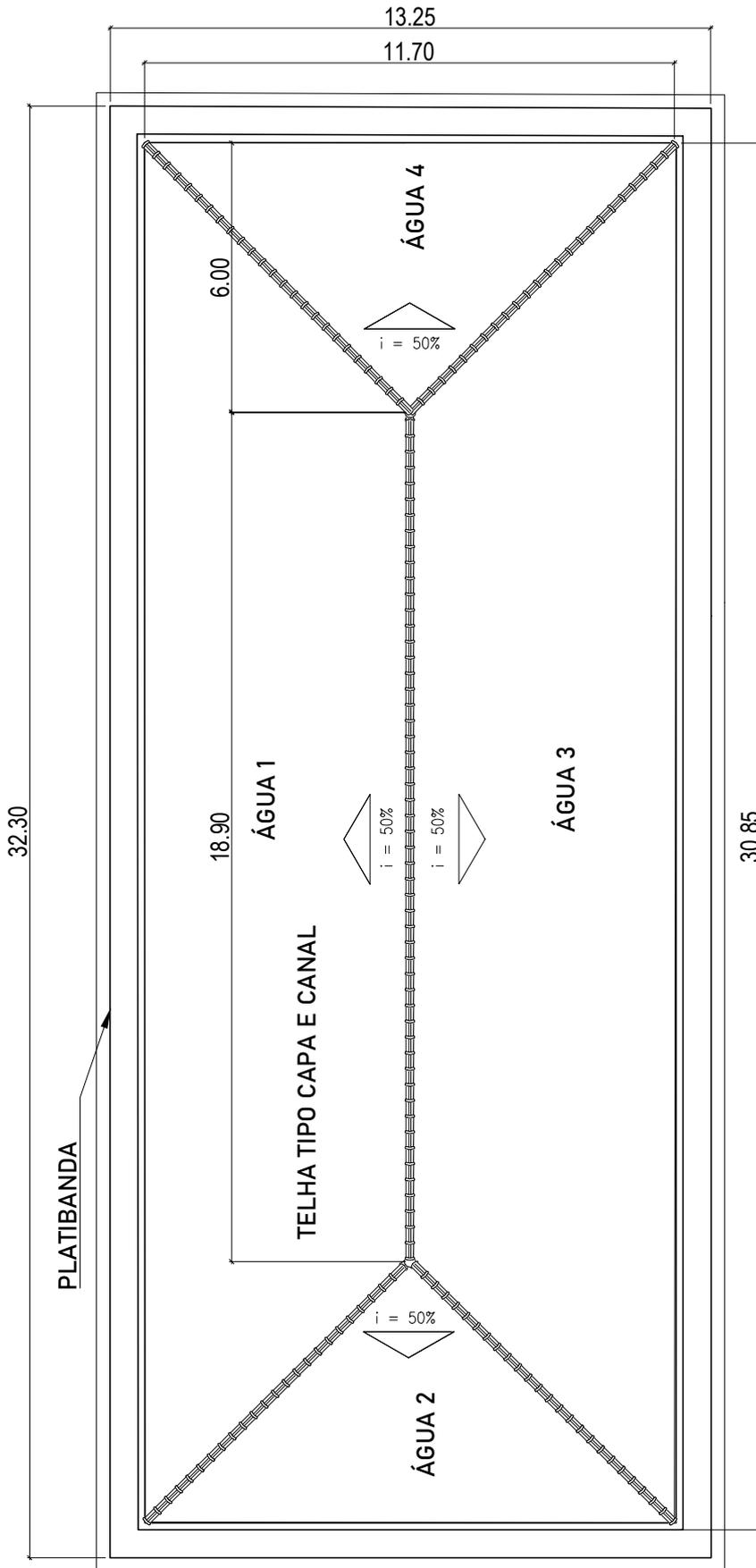
ANEXO

ANEXO 1

ESCALA PLOTAGEM:

1/150

TCC2



UNIVERSIDADE SANTA ÚRSULA

PROJETO CASA SUSTENTAVEL

TELHADO

LOCAL DA OBRA:

ESTRADA TERE—FRI KM4 TERESÓPOLIS—RJ.

DATA:

ABR/2025

ANEXO

ANEXO 2

ESCALA PLOTAGEM:

1/150

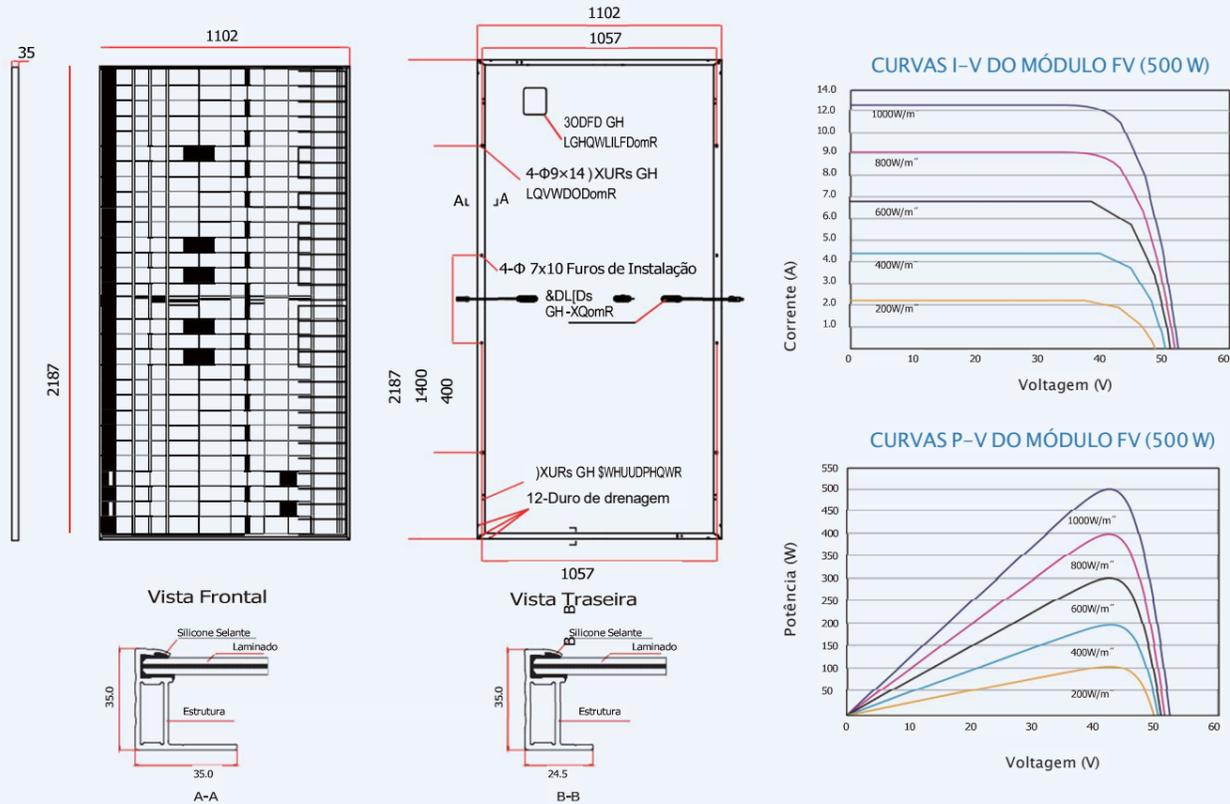
TCC2

AUTORES

DANIEL RIBEIRO

HUGO A. BARROS

DIMENSÕES DO MÓDULO FV (mm)



DADOS ELÉTRICOS (STC)

Potência Máxima de Pico - P _{MAX} (Wp)*	485	490	495	500	505	510
Tolerância de Potência - P _{MAX} (W)	0 ~ +5					
Tensão de Potência Máxima - V _{MPP} (V)	42.2	42.4	42.6	42.8	43.0	43.2
Corrente de Potência Máxima - I _{MPP} (A)	11.49	11.56	11.63	11.69	11.75	11.81
Tensão de Circuito Aberto - V _{OC} (V)	51.1	51.3	51.5	51.7	51.9	52.1
Corrente de Curto Circuito - I _{SC} (A)	12.07	12.14	12.21	12.28	12.35	12.42
Eficiência η (%)	20.3	20.5	20.7	20.9	21.1	21.2

STC: Irradiação 1000W/m², Temperatura de Célula 25°C, Massa de Ar AM1.5.
*Tolerância de Medição: ±3%.

DADOS ELÉTRICOS (NOCT)

Potência Máxima - P _{MAX} (Wp)	365	369	373	377	381	385
Tensão de Potência Máxima - V _{MPP} (V)	39.9	40.0	40.2	40.4	40.6	40.5
Corrente de Potência Máxima - I _{MPP} (A)	9.17	9.22	9.28	9.33	9.38	9.50
Tensão de Circuito Aberto - V _{OC} (V)	48.1	48.2	48.4	48.6	48.8	49.0
Corrente de Curto Circuito - I _{SC} (A)	9.73	9.78	9.84	9.90	9.95	10.01

NOCT: Irradiação 800W/m², Temperatura Ambiente 20°C, Velocidade do Vento 1m/s.

DADOS MECÂNICOS

Células	Monocristalinas
No. de Células	150 células
Dimensões dos Módulos	2187 × 1102 × 35 mm (86.10 × 43.39 × 1.38 polegadas)
Peso	26,5 kg (58,4 lb)
Vidro	3.2 mm (0.13 polegadas), Alta Transmissão, Anti Reflexo, Termoendurecido
Material Encapsulante	EVA/POE
Backsheet	Branco
Moldura	35mm (1.38 polegadas), Liga de Alumínio Anodizado
J-Box	IP 68
Cabos	Cabo de Tecnologia Fotovoltaica 4.0mm ² (0.006 polegadas ²), Retrato: 280/280 mm (11.02/11.02 polegadas), Comprimento de cabo customizável
Conectores	MC4 EVO2 / TS4*

*Consultar vendedor local para saber o conector utilizado

COEFICIENTES DE TEMPERATURA

NOCT (Temp. Nominal de Operação da Célula)	43°C (±2°C)
Coefficiente de Temp. P _{MAX}	-0.34%/°C
Coefficiente de Temp. V _{OC}	-0.25%/°C
Coefficiente de Temp. I _{SC}	0.04%/°C

LIMITES OPERACIONAIS

Temperatura Operacional	-40~+85°C
Tensão Máxima do Sistema	1500V DC (IEC)
	1500V DC (UL)
Capacidade Max. Fusível	30A

GARANTIA

12 Anos de Garantia do Produto
25 Anos de Garantia de Entrega de Energia
2% Degradação do Primeiro Ano
0.55% Degradação Anual de Potência

(Consultar documento de garantia para detalhes)

CONFIGURAÇÕES DE EMBALAGEM

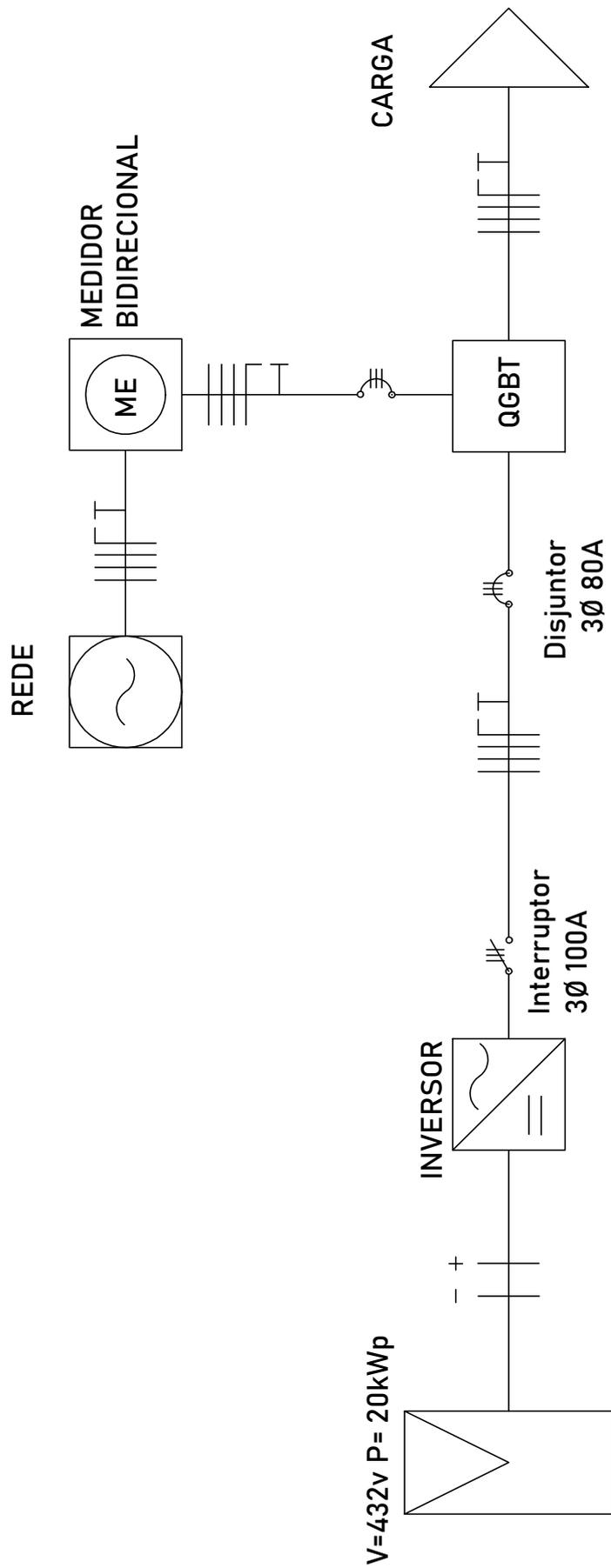
Módulos por caixa: 31 unidades
Módulos por container 40': 620 unidades

Ficha de dados	MID 15KTL3-XL2	MID 20KTL3-XL2	MID 25KTL3-XL2
Dados de entrada (CC)			
Máxima potência CC*	27000W	36000W	45000W
Tensão de partida		200V	
Tensão nominal		360V	
Faixa de tensão MPP		200-800V	
Faixa de Tensão para máxima eficiência		250-650V	
Números de MPP trackers		4	
Número de Strings FV por MPP trackers		2/2/2/2	
Máxima corrente de entrada por MPP Tracker		32/32/32/32	
Máxima corrente de curto-circuito por MPP tracker		40/40/40/40	
Dados de saída (CA)			
Potencia nominal de saída a 40°C	15000W	20000W	25000W
Potencia maxima de saída a 40°C	16600W	22200W	27500W
Tensão nominal de saída CA (faixa)	127V/220V	127V/220V	127V/220V
Frequência da rede CA		50/60 Hz 45~55Hz/55-65 Hz	
Corrente Nominal de Saída CA	39.4A(127V)	52.5A(127V)	65.6A(127V)
Corrente máxima de saída.	43.7A(127V)	58.3A(127V)	72.9A(127V)
Fator de potência ajustável		0.8Leading 0.8Lagging	
THDi		<3%	
Tipo de conexão da rede CA		3W+N+PE/3W+PE	
Eficiência			
Máx. Eficiência		98.8%	
Eficiência europeia		98.5%	
Dispositivos de proteção			
Proteção polaridade reversa CC		Sim	
Interruptor CC		Sim	
Proteção de surtos CA/CC		Tipoll	
Monitoramento de resistência de isolamento		Sim	
Proteção de curto-circuito CA		Tipoll	
Monitoramento de falta à terra		Sim	
Deteccção de string		Sim	
Unidade de monitoramento de corrente residual		Sim	
Proteção AFCI		Sim	
Dados Gerais			
Dimensões (L/A/P)		580/435/230mm	
Peso		37kg	
Temperatura de operação		-25 °C ... +60 °C	
Altitude		4000m	
Consumo noturno		<1W	
Topologia		Sem transformador	
Resfriamento		Natural	
Grau de proteção		IP66	
Humidade relativa		0~100%	
Conexão CC		H4/MC4(opt)	
Conexão CA		Waterproof PG head+OT terminal	
Interfaces			
Display		OLED+LED/WIFI+APP	
USB/RS485		Sim	
WIFI/GPRS/4G/LAN		Opt	
Garantia : 10 anos		Sim	

CE, IEC 62116, IEC 61727, IEC62109, AS4777, UI1741, IEEE1547, EN50549

* Para conectar os módulos solares, certifique-se de seguir corretamente a faixa de tensão de carga total, obtendo eficiência máxima e uma vida útil prolongada. O sistema será menos eficiente se a tensão fotovoltaica ficar fora da faixa de tensão operacional da MPPT.

* A Growatt New Energy informa que não há limite de oveload (ou sobrecarga), relação CC/CA, para os inversores desde que sejam respeitados os valores de tensão de circuito aberto (Voc) e corrente de curto-circuito (Isc) descritos no datasheet. Para melhor performance do sistema, a tensão de operação (Vmp) deve estar dentro da faixa de máxima eficiência do MPPT, descrita no datasheet.



ARRANJO
FOTOVOLTAICO

UNIVERSIDADE SANTA ÚRSULA
PROJETO CASA SUSTENTAVEL

ESQUEMA ELÉTRICO

AUTORES
 DANIEL RIBEIRO
 HUGO A. BARROS

LOCAL DA OBRA:

ESTRADA TERE-FRI KM4 TERESÓPOLIS-RJ.

DATA:

ABR/2025

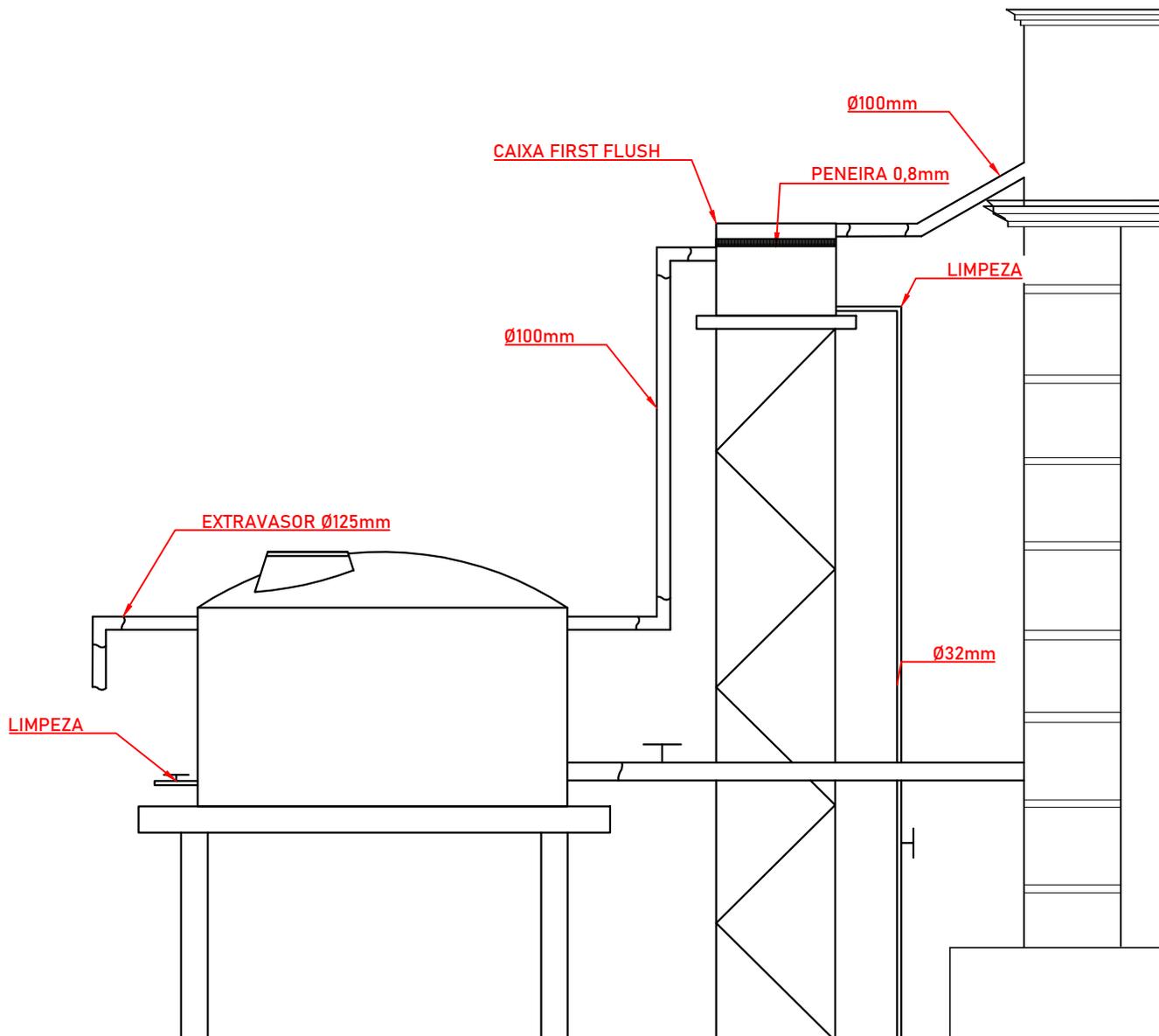
ANEXO

ANEXO 5

ESCALA: PLOTAGEM:

1/150

TCC2



UNIVERSIDADE SANTA ÚRSULA

TÍTULO:

PROJETO CASA SUSTENTAVEL

SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL

LOCAL DA OBRA:

ESTRADA TERE-FRI KM4 TERESÓPOLIS-RJ.

DATA:

16/04/2025

ANEXO

ISSM 25801284

ESCALA PLOTAGEM:

1/50

V. 8 TCC 2

AUTORES

DANIEL RIBEIRO

HUGO A. BARROS