

**INSTITUTO FEDERAL**

Goiano

Campus Rio Verde

**CURSO DE BACHARELADO DE ENGENHARIA CIVIL**

**CUSTOS E BENEFÍCIOS DA APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE  
COLETA DE ÁGUA DE CHUVA E DE PLACAS  
FOTOVOLTAICAS**

**INÁCIO MIRANDA NETO**

**Rio Verde, GO**

**2020**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE  
ENGENHARIA CIVIL**

**CUSTOS E BENEFÍCIOS DA APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE COLETA  
DE ÁGUA DE CHUVA E PLACAS FOTOVOLTAICAS**

**INÁCIO MIRANDA NETO**

Trabalho de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Mestre Bruna Elói do Amaral

Rio Verde – GO  
Fevereiro, 2020

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

MM672c      Miranda Neto, Inácio  
              CUSTOS E BENEFÍCIOS DA APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE  
              COLETA DE ÁGUA CHUVA E DE PLACAS FOTOVOLTAICAS /  
              Inácio Miranda Neto; orientadora Bruna Elói do Amaral.  
              -- Rio Verde, 2020.  
              41 p.

              Monografia ( em Engenharia Civil) -- Instituto  
              Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2020.

              1. Construção Sustentável. 2. Energia Renovável.  
              3. Planejamento. 4. Reaproveitamento de água. I. Elói  
              do Amaral, Bruna, orient. II. Título.



**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese  | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                                 | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação                  | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |   |

Nome Completo do Autor: Inácio Miranda Neto

Matrícula: 2014102200840317

Título do Trabalho: CUSTOS E BENEFÍCIOS DA APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE COLETA DE ÁGUA CHUVA E DE PLACAS FOTOVOLTAICAS

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  não  sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIIF Goiano: 12/02/2020

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde, Goiás, 12/02/2020.

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

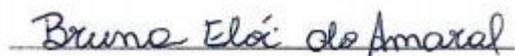
Ciente e de acordo:

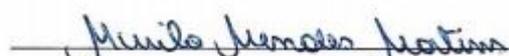
Assinatura do (a) orientador (a)

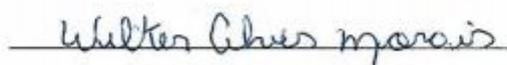
**INÁCIO MIRANDA NETO**

**CUSTOS E BENEFÍCIOS DA APLICAÇÃO DE SISTEMAS DE  
COLETA DE ÁGUA DE CHUVA E PLACAS  
FOTOVOLTAICAS**

Trabalho de Curso DEFENDIDO e APROVADO em 07 de fevereiro de 2020, pela Banca Examinadora constituída pelos membros:

  
Prof. Me. Bruna Elói do Amaral

  
Eng. Murilo Mendes

  
Prof. Dr. Wilker Morais

Rio Verde, GO  
Fevereiro, 2020

MIRANDA NETO, Inácio. **Custos e benefícios da aplicação de sistemas de coleta de água de chuva e de placas fotovoltaicas**. 2020. 41p. Trabalho de Curso (Curso de Bacharelado de Engenharia Civil). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2020.

A sustentabilidade busca valorizar um novo estilo de vida, onde não ocorra desperdícios de recursos e nem degradação ambiental. A captação e uso para aproveitamento das águas das chuvas apresentam vantagens sobre sua aplicação principalmente para usos que são considerados não potáveis, como descargas em bacias sanitárias. Atualmente, com uso das tecnologias disponíveis, a geração de energia elétrica proveniente da radiação solar é adquirida através do efeito fotovoltaico, e vem sendo muito procurada por conta de sua economia. Objetiva-se no presente trabalho analisar o custo e benefícios gerados proveniente da utilização de placas fotovoltaicas e sistemas de reaproveitamento de água em conjunto aplicados em uma residência de um condomínio de alto padrão. Para criar os orçamentos foi analisado um projeto simplificado de uma estação de captação de água de chuva, gerando assim o quantitativo de material utilizado. Com os dados históricos de precipitação e insolação, bem como os dados históricos fornecidos por um morador de demanda de água e energia na residência durante um ano, após a coleta desses dados foi possível dimensionar os reservatórios e as placas fotovoltaicas. Os resultados obtidos foram satisfatórios, que poderá proporcionar economias de até 120 mil reais durante um período de 20 anos para uma residência do condomínio.

**Palavras chave:** Construção sustentável, Energia renovável, Planejamento, Reaproveitamento de água.

## **ABSTRACT**

Sustainability seeks to value a new lifestyle, where there is no waste of resources or environmental degradation. The capture and use of rainwater have advantages over its application mainly for uses that are considered non-potable, such as discharges in sanitary basins. Currently, with the use of available technologies, the generation of electric energy from solar radiation is acquired through the photovoltaic effect and has been in high demand due to its saving. The objective of the present work is to analyze the costs and benefits generated proven for the use of photovoltaic plates and water reuse systems together using a high standard condominium residence. To create the budgets, a simplified design for rainwater reuse station was analyzed, thus generating the amount of material used. With the historical data of precipitation and insolation, as well as the historical data provided by a resident of water and energy demand in the residence for a year, after collecting these data it was possible to dimension the reservoirs and the photovoltaic plates. The results obtained were satisfactory, which may provide savings of up to 120 thousand reais over 20 years for a condominium residence.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1</b> – Tipos de potencial energético e suas respectivas utilizações em porcentagem no Brasil.....	4
<b>FIGURA 2</b> – Ilustração de uma placa fotovoltaica.....	5
<b>FIGURA 3</b> - Índice pluviométrico médio mensal em Rio Verde – Goiás de 2002 a 2011.....	9
<b>FIGURA 4</b> – Média mensal de insolação em Rio Verde – Goiás de 2002 a 2011.....	10
<b>FIGURA 5</b> – Histórico consumo de água Jan-Jun/ 2019.....	10
<b>FIGURA 6</b> – Histórico consumo de água Jul-Nov/ 2019.....	11
<b>FIGURA 7</b> – Histórico de consumo em KWh Jan-Dez/ 2019.....	11
<b>FIGURA 8</b> – Planta com as áreas dos loteamentos.....	13
<b>FIGURA 9</b> – Planta com as áreas dos loteamentos.....	14
<b>FIGURA 10</b> – Exemplo de cálculo.....	16
<b>FIGURA 11</b> – Esquema de coleta de água de chuva em uma residência.....	18
<b>FIGURA 12</b> – Esquema da placa fotovoltaica.....	28

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1</b> – Consumo de água médio em cada aparelho em uma residência .....	12
<b>TABELA 2</b> – Lotes e suas respectivas áreas.....	20
<b>TABELA 3</b> – Características de cada Zona Residencial na cidade de Rio Verde- GO segundo Lei N. 5.478/2008.....	22
<b>TABELA 4</b> – Materiais utilizados no sistema de coleta de água de chuva e seus respectivos valores.....	25
<b>TABELA 5</b> – Índice pluviométrico em Rio Verde- GO durante o período de 2002 á 2011.....	26
<b>TABELA 6</b> – Consumo mensal do morador no ano de 2019.....	26
<b>TABELA 7</b> – Representação do método de Rippl.....	28
<b>TABELA 8</b> – Relação de vazão de acordo com os metros de coluna d´água (m.c.a) necessários.....	30
<b>TABELA 9</b> – Valor total para instalação do sistema de coleta de água de chuva.....	31
<b>TABELA 10</b> – Gasto energético mensal e respectivas médias mensais e diárias.....	32
<b>TABELA 11</b> – Insolação média do ano de 2002 a 2011.....	33
<b>TABELA 12</b> – Demanda de água proveniente de descarga sanitária nos respectivos meses.....	36
<b>TABELA 13</b> – Demanda energética mensal durante o ano de 2019.....	37
<b>TABELA 14</b> – Fluxo de caixa durante 20 anos dos sistemas de coleta de água de chuva e placas fotovoltaicas.....	38

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	7
1.1 Objetivos.....	8
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	9
2.1 Sustentabilidade.....	9
2.2 Fontes de energia elétrica renováveis.....	10
2.3 Energia solar fotovoltaica.....	11
2.4 Consumo de água .....	12
2.5 Sistemas de coleta de água de chuva.....	13
2.6 Método de Rippl.....	14
3 MATERIAIS E MÉTODOS .....	15
3.1 Área de estudo .....	15
3.2 Desenvolvimento dos projetos.....	16
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	20
4.1 Obtenção da área média construída.....	20
4.2 Sistema de coleta de água de chuva.....	22
4.2.1 Tubulação para o sistema de coleta de água pluvial.....	23
4.2.2 Reservatório para armazenamento de água pluvial e reservatório de distribuição.....	25
4.2.3 Bomba de recalque .....	29
4.2.3 Calhas .....	30
4.2.4 Valores para implantação de sistema de coleta de água de chuva.....	31
4.3 Sistemas de placas fotovoltaicas.....	31
4.4 Análise e discussão da viabilidade dos sistemas .....	35
5 CONCLUSÃO.....	39
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40

## 1 INTRODUÇÃO

A sustentabilidade é um assunto que vem sendo muito abordado atualmente, tornando-se vantajoso para o planeta e para os seres que vivem nele. É muito importante se falar em sustentabilidade, pois ela integra aspectos econômicos, sociais, culturais e ambientais.

A construção civil apresenta importantes funções financeiras para o país, tais como: aumento no número de geração de empregos, utilização de grande parte dos recursos naturais, elevando consideravelmente a economia e é responsável por construir comunidades inteiras (SOUZA et al., 2015). Segundo o (IBGE, 2014) (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), a construção civil é responsável por cerca de 5% do PIB nacional, fazendo com que sua importância e dimensão tenham maior destaque no mercado.

Diante da relevância da construção civil para o país e da necessidade de inovação, surge a ideia desse trabalho. A aplicação de placas fotovoltaicas juntamente com a reutilização das águas da chuva torna-se uma maneira eficaz para geração de energia e reaproveitamento de água de forma sustentável.

Dependendo da incidência solar, pode-se obter energia para promover o abastecimento de toda a residência e ainda gerar um excedente. O excedente produzido é reaproveitado e volta para a rede elétrica gerando créditos para o consumidor. O uso de energia fotovoltaica é muito importante, pois trata-se de uma maneira de substituir o uso da energia provinda de hidroelétricas e, juntamente com a reutilização da água pluvial, pode-se otimizar o aproveitamento sustentável.

A reutilização de águas das chuvas pode reduzir o consumo de água que tem como fonte o sistema de abastecimento convencional, o que implica que o manancial que abastece a cidade será menos solicitado. As águas pluviais são consideradas não potáveis, e, como geralmente seus reservatórios se localizam na parte exterior da residência, essas águas são utilizadas em grande parte para irrigação e lavagem. Contudo, com a utilização da energia fornecida pelas placas fotovoltaicas, torna-se possível realizar o bombeamento da água pluvial para um reservatório superior, sendo utilizada principalmente nas descargas, que são onde mais se gasta água no banheiro e não é necessário ser água potável (OLIVEIRA, 2004).

Ressalta-se que o foco da pesquisa ocorrerá em condomínios, direcionando-se para residências de alto padrão, que, conseqüentemente utilizam mais água e energia do que em residências de médio e baixo padrão.

Outro ponto importante da pesquisa, é a geração de benefícios sustentáveis, mostrando para o consumidor que é possível diminuir o custo mensal de energia e água e ainda colaborar

com o meio ambiente, tendo um investimento como marco inicial. Pretende-se apresentar também o quanto precisará ser investido e em quanto tempo após a instalação dos sistemas de placas fotovoltaicas e de reaproveitamento de águas da chuva, o investidor começará a ter retorno financeiro.

### **1.1 Objetivos**

Objetiva-se no presente trabalho analisar o custo e benefícios gerados proveniente da utilização de placas fotovoltaicas e sistemas de reaproveitamento de água em conjunto aplicados em condomínio de alto padrão.

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Identificar a frequência e variação da incidência de luz da região;
- Verificar o índice pluviométrico da região;
- Projetar os sistemas de coleta de água de chuva e de placas fotovoltaicas;
- Realizar cálculos de custos para implementar os sistemas fotovoltaico e de reutilização de águas de chuva;
- Analisar os custos obtidos para verificar a viabilidade da aplicação dos sistemas;
- Avaliar o custo de aplicação e o tempo de retorno dos sistemas, relacionando com o seu tempo de vida.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Sustentabilidade

A sustentabilidade ambiental pode ser classificada como uma forma de agir que supre as necessidades atuais da humanidade, sem que as gerações futuras sejam prejudicadas. Para que esse objetivo seja atingido, é fundamental que se respeite os três pilares da sustentabilidade na realização de projetos, que são: economicamente viável, ambientalmente correto e socialmente justo SINDUSCON (2013).

A conscientização da preservação do meio ambiente junto às melhorias das condições sociais e econômicas dos indivíduos fez com que surgisse o conceito de desenvolvimento sustentável. Esse estilo de vida apresenta valores e objetivos bem definidos que são dependentes da relação entre o homem e a natureza (PARENTE, 2007).

Segundo Sachs (2011), existem cinco dimensões do eco desenvolvimento, sendo elas: social, econômica, ecológica, espacial e cultural. A sustentabilidade social visa melhorar os níveis de distribuição de renda, e, conseqüentemente diminuir a exclusão social e a distância econômica para as classes. A sustentabilidade econômica está ligada ao aumento na eficiência do sistema, seja na alocação ou na gestão de recursos. A sustentabilidade ecológica visa a preservação do meio ambiente, mas, sem comprometer os recursos naturais necessários para a sobrevivência do ser humano. A sustentabilidade espacial refere-se a uma melhor distribuição territorial das atividades econômicas e assentamentos humanos. Por fim, a sustentabilidade cultural diz respeito à alteração dos modos de pensar e agir de uma sociedade a fim de despertar uma consciência ambiental.

A construção de uma sociedade sustentável não é tão simples. De acordo com Jacobi (2003), é necessário trabalhar a ideia do sustentável, elaborando condições para facilitar o processo de entendimento, com informações transparentes e centradas na educação ambiental, e para isso é necessário que os sistemas de informação e as instituições reforcem os argumentos expostos. A partir dessas ideias, a intenção é criar uma consciência ética no cidadão, que irá questionar o atual modelo predatório e desigual sócio ambientalmente.

A ICC (Indústria da Construção Civil) gere grande parte da economia mundial, e no Brasil não seria diferente. Segundo Librelotto (2005), a partir de um estudo feito em Florianópolis, o desperdício de materiais na construção civil chega a valores de até 48% dependendo do material. Isso gera um grande impacto econômico, ambiental e social que são

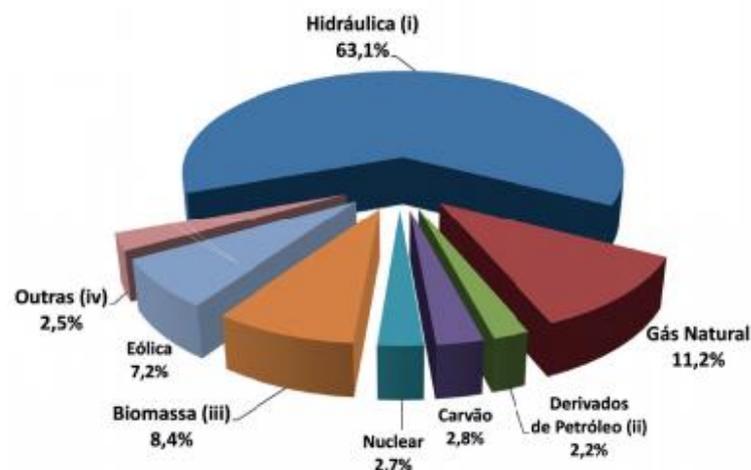
os principais âmbitos da sustentabilidade, necessitando assim de estudos na área para reduzir, reutilizar e reciclar os desperdícios.

## 2.2 Fontes de energia elétrica renováveis

Energias renováveis trata-se de uma representação para retratar uma grande fonte de energia que está disponível na natureza. As fontes renováveis são utilizadas para geração de calor ou para produção de combustíveis líquidos na área de transportes e exercem um importante papel para sustentabilidade energética (COSTA et al., 2005).

Os combustíveis fósseis são recursos finitos e ocasionam enorme poluição atmosférica por conta de sua queima. Devido a esse problema de poluição ambiental, surgiu a necessidade da busca por fontes de energia renovável, que, segundo Pacheco (2006), podem ser de origem animal e vegetal, como a biomassa; do vento, a energia eólica; do sol, a energia solar e da água, energia hidroelétrica. O Brasil apresenta uma forte base para energias renováveis, porém, faltam estímulos para a busca por fontes modernas das mesmas (GOLDEMBERG et al., 2007).

Pela sua posição geográfica favorável, as maiores fontes de energia renovável do Brasil são as hidroelétricas, como mostrado na Figura 1, retirada do Anuário Estatístico de Energia Elétrica (EPE 2018). Contudo, as mesmas apresentam grandes impactos ambientais e sociais para a região onde será instalada, tais como: translocação da população, perda de solos, perdas de espécies de plantas e animais, perdas de monumentos naturais e históricos, perda de recursos madeireiros, impactos para a pesca e aquicultura, deterioração da qualidade da água, dentre outros aspectos negativos (JUNK et al., 1987).



**Figura 1** – Tipos de potencial energético e suas respectivas utilizações em porcentagem no Brasil

**Fonte:** (EPE, 2018)

Para a substituição das hidroelétricas, há outras fontes de energia renovável que também são muito eficazes, como a energia solar, uma vez que a linha do equador passa pelo país, indicando alta incidência solar e consequentemente alta produção energética.

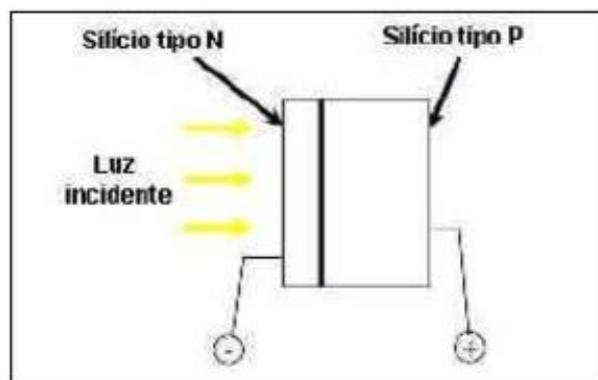
### 2.3 Energia solar fotovoltaica

A conversão de energia solar fotovoltaica em eletricidade é uma fonte energética limpa, pois seu funcionamento não contém emissões desfavoráveis ao meio ambiente, sendo considerada como uma forma de energia renovável devido à luz solar ser um recurso inesgotável. Além disso, apresenta baixo custo de manutenção e seus equipamentos possuem um bom tempo de vida (BRITO et al., 2006).

A geração de energia solar fotovoltaica é considerada como uma tecnologia promissora, pois as células solares transformam diretamente a energia solar em energia elétrica. O processo de produção da energia ocorre através de semicondutores que não possuem partes móveis, não geram cinzas e nem resíduos que possam impactar negativamente o meio ambiente (BRAGA, 2008).

Os módulos fotovoltaicos são compostos de células fabricadas de silício, que é o segundo elemento químico mais abundante da natureza, ficando atrás apenas do hidrogênio. Ele é caracterizado como um material semicondutor e, em sua forma natural, é encontrado em rochas e minérios (SCHMIDT, 1983).

O funcionamento das placas está ligado a uma junção de dois tipos de material feito de silício, um positivo e um negativo de menor espessura (Figura 2). Quando unidos, a sua ligação positivo-negativa gera um campo elétrico por conta dos elétrons excedentes no material de silício negativo se unirem ao material do silício positivo.



**Figura 2** – Ilustração de uma placa fotovoltaica

**Fonte:** Lorenzo (1994)

Quando ocorre a incidência de luz, os fótons presentes se chocam com os elétrons das células dando-lhes energia e transformando-os em semicondutores. Por conta do campo elétrico gerado na união positivo-negativo, os elétrons são orientados e fluem da camada positiva para a negativa. Devido a um condutor externo, liga-se as duas camadas, gerando assim um fluxo de elétrons, o que também é conhecido como corrente elétrica (LORENZO, 1994).

## 2.4 Consumo de água

O Brasil é um dos maiores consumidores de água doce do planeta, e isso se dá principalmente por ter fontes abundantes da mesma. O consumo per capita varia de acordo com o nível econômico dos bairros, de, em média, 200 litros por habitante por dia a até 400 litros em bairros mais ricos. O consumo do banheiro é onde se encontra a maior utilização do recurso, podendo variar de 70,0 % a 82,0 % em uma residência de porte médio (OLIVEIRA, 2004). Na Tabela 1 pode-se analisar o consumo típico de água em porcentagem de uma residência brasileira que utiliza 200 litros de água por habitante por dia.

**Tabela 1** – Consumo de água médio em cada aparelho em uma residência.

<b>Aparelhos</b>	<b>Consumo (%)</b>
Descarga do vaso sanitário	41
Chuveiro	37
Pia (cozinha)	6
Bebida	5
Lavação de roupas	4
Limpeza da casa	3
Irrigação de jardins	3
Lavação de carros	1

**Fonte:** (OLIVEIRA, 2004)

Como pode ser observado, na descarga é onde se encontra o maior percentual de água doce utilizada, e essa pode ser substituída por água de reaproveitamento pluvial, mas, tomando cuidado na instalação para que não ocorram misturas de água não potável (pluvial) com a água potável.

A água de chuva é classificada como não potável, principalmente em áreas urbanas, pois pode apresentar dióxidos de enxofre, óxidos de nitrogênio e outras substâncias químicas prejudiciais, provenientes de automóveis e indústrias. As contaminações também podem

ocorrer por impurezas que se encontram nos telhados, e por isso, em caso de reaproveitamento, é recomendado fazer o descarte dos primeiros milímetros de chuva que iriam para o reservatório (GROUP RAINDROPS, 2002).

Mesmo não sendo potável, a água da chuva pode ser utilizada em outras funções, como na irrigação, lavagem e descarga. Para isso, é preciso um sistema de coleta eficiente, e que tenha certos cuidados de manutenção e utilização. Mesmo sendo utilizada apenas como fim não potável, o reservatório de água de chuva necessita de limpeza e desinfecção.

## 2.5 Sistemas de coleta de água de chuva

Em concordância com a NBR – 15.527 (Água de chuva – aproveitamento de coberturas em áreas de urbanas para fins não potáveis – requisitos), para a instalação de um sistema de coleta e utilização de água de chuva serão necessárias: calhas, condutores, reservatório e, se necessário, uma bomba. Também devem ser instalados dispositivos para remoção de detritos, como grades e telas.

Durante o uso do sistema, é recomendado realizar o descarte das primeiras águas da chuva que seriam coletadas, por conta de eliminar materiais que estariam repousados na cobertura e nas calhas. Esse processo pode ser feito manualmente ou automaticamente, com dispositivos de descarte. Contudo a NBR – 15.527 recomenda que seja um dispositivo automático. A água descartada deve ser levada em consideração para o projeto.

O projeto do reservatório onde será armazenada a água para a utilização não potável, deve apresentar: extravasor, dispositivo de esgotamento, cobertura, inspeção, ventilação e segurança. Para o dimensionamento, é necessário calcular o volume mensal, anual ou diário de água que pode ser aproveitada, o qual pode ser encontrado conforme a Equação 1:

$$V = P \times A \times C \times \mu \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

V é o volume a ser aproveitado;

P é a precipitação média;

A é a área de coleta;

C é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura;

$\mu$  (fator de captação) é a eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e de descarte do escoamento inicial.

O volume dos reservatórios deve ser dimensionado com base em critérios técnicos, econômicos e ambientais. Segundo a ABNT NBR 5626, os reservatórios devem ser limpos pelo menos uma vez ao ano, utilizando soluções de hipoclorito de sódio. A água de chuva reservada deve ser protegida contra a incidência direta de luz e calor, bem como de animais que possam adentrar o reservatório através da tubulação.

## 2.6 Método de Rippl

O método de Rippl também conhecido como método do diagrama de massas, foi desenvolvido no final do século XIX, tornou-se um dos métodos mais utilizados para dimensionamento de reservatórios devido a sua fácil aplicação (CAMPOS et al., 2007).

Conforme Amorim et al., (2008), o método baseia-se na determinação do volume com base na área de captação e na precipitação registrada, considerando-se que nem toda a água precipitada seja armazenada e correlacionando tal volume ao consumo mensal da edificação, que pode ser constante ou variável.

Para o dimensionamento dos reservatórios, pode-se utilizar o Método de Rippl, conforme descrito na NBR – 15.527 (equações 2, 3 e 4). Neste método, podem-se utilizar as séries históricas mensais ou diárias.

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad (\text{Equação 2})$$

$$Q_{(t)} = C \times \textit{precipitação da chuva}_{(t)} \times \textit{área de captação} \quad (\text{Equação 3})$$

$$V = \sum S_{(t)}, \textit{ somente para valores } S_{(t)} > 0 \quad (\text{Equação 4})$$

Sendo que:  $\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)}$

Onde:

S é o volume de água no reservatório no tempo t;

Q é o volume de chuva aproveitável no tempo t;

D é a demanda ou consumo no tempo t;

V é o volume do reservatório;

C é o coeficiente de escoamento superficial do reservatório.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

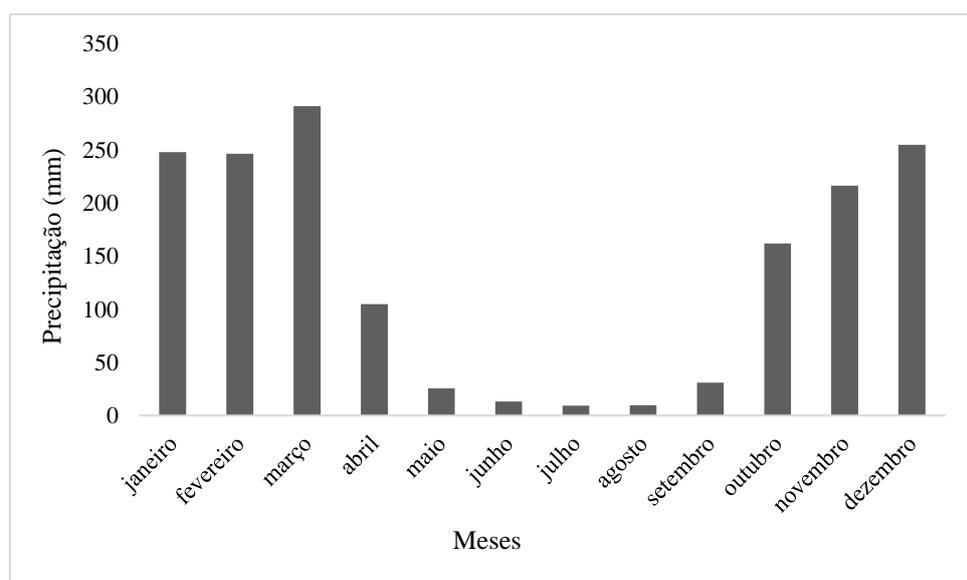
A pesquisa objetiva descrever o processo de aplicação de um sistema de coleta de água de chuva e de placas fotovoltaicas em residências de um condomínio na cidade de Rio Verde - GO. Serão fornecidos os custos para implementação dos sistemas, o tempo de retorno financeiro e os benefícios de se ter ambos os projetos, uma vez que trabalharão em harmonia.

#### 3.1 Área de estudo

Inicialmente foi feito um levantamento de informações da região para identificar alguns fatores como:

- Volume de chuva mensal estimado;
- Índice de insolação.

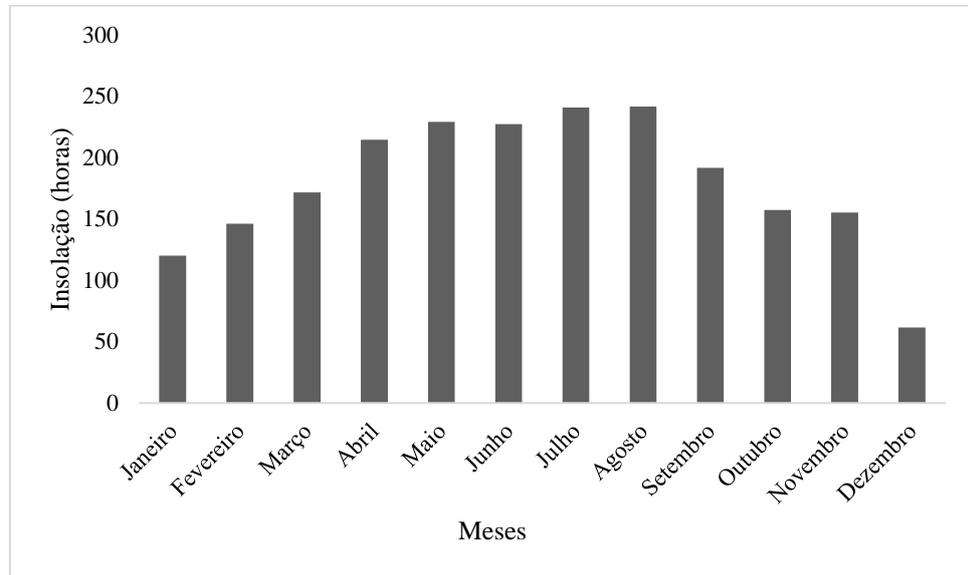
Conforme (CARDOSO; MARCUZZO; BARROS, 2014), o Centro-Oeste brasileiro, é caracterizado por duas estações principais, com invernos secos e verões chuvosos e, devido ao condomínio analisado estar nessa região, tem-se uma prévia dos resultados climáticos esperados. O condomínio está situado na cidade de Rio Verde-Goiás, no Parque Bouganiville. Foi utilizado o site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) que fornece dados históricos da região. A partir dos dados fornecidos, gerou-se dois gráficos através do pacote Office 2016 para serem analisados. Na Figura 3 está apresentada a média mensal de precipitação em milímetros durante um período de 10 anos, iniciando no ano de 2002 até o final do ano de 2011 na cidade de Rio Verde – Goiás.



**Figura 3** – Índice pluviométrico médio mensal em Rio Verde – Goiás de 2002 a 2011

**Fonte:** INMET

A Figura 4, fornece a média de horas que a região recebeu de luz solar por mês nos anos de 2002 até o final de 2011.



**Figura 4** – Média mensal de insolação em Rio Verde – Goiás de 2002 a 2011

Fonte: INMET

### 3.2 Desenvolvimento dos projetos

Para o desenvolvimento dos projetos, além dos dados levantados para a caracterização da área de estudo, foi necessário coletar informações, como: consumo mensal de água fria, consumo mensal de energia, área do lote, área construída do lote.

Com intuito de obter os dados de consumo mensal de água fria e de energia, foi realizada uma entrevista com um morador do condomínio, no dia 15 de dezembro de 2019, onde o mesmo disponibilizou as faturas de água e energia. Na fatura de água, consta a série histórica de 6 meses, e por serem necessários os dados de um ano todo, o morador disponibilizou duas faturas, como pode ser observado nas figuras 5 e 6. Dentro do retângulo preto constam as séries históricas referente aos meses de janeiro a novembro, e do retângulo vermelho, o mês de dezembro (mês da fatura).

LEITURA ANTERIOR : 403	DATA: 13/06/2019				
LEITURA ATUAL : 439	DATA: 15/07/2019				
TIPO DE CONSUMO FATURADO: MEDIDO	CONSUMO				
HISTÓRICO DE CONSUMO (m³/mês)					
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN
00038	00036	00036	00039	00033	00044
CATEGORIA / ECONOMIA / PESO					

**Figura 5** – Histórico consumo de água Jan-Jun/ 2019.

Fonte: Autor

Hidrômetro (s)		Leitura (s)			Faturado	Médio	Estimado
Tipo	Número	Atual	Anterior	Próxima	m <sup>3</sup>	Dias	m <sup>3</sup>
ÁGUA FRI	Y18AA0395366	13/12/2019	13/11/2019		36	41	36
		638	602				

Histórico de consumo:						
Tipo/Mês	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV
ÁGUA FRI	00044	00036	00042	00044	00040	00037

**Figura 6** – Histórico consumo de água Jul-Nov/ 2019.

**Fonte:** Autor, 2020

Foi disponibilizada a fatura de energia, e nela consta a série histórica do consumo de quilowatts hora no ano, como pode ser observado na figura 7.

Mês/Ano	kWh	Dias
01/19 LID	513	
02/19 LID	769	
03/19 LID	549	
04/19 LID	525	
05/19 LID	635	
06/19 LID	440	
07/19 LID	548	
08/19 LID	549	
09/19 LID	553	
10/19 LID	724	
11/19 LID	588	
12/19 LID	605	
01/20 LID	511	32

**Figura 7** – Histórico de consumo em KWh Jan-Dez/ 2019.

**Fonte:** Autor

O projeto de loteamento é um fator muito importante para o condomínio, pois, a partir do mesmo torna-se possível realizar estimativas futuras, visto que se tem o número de lotes e suas devidas dimensões. As informações sobre o projeto foram fornecidas pelo condomínio, e está dividido nas figuras 8 e 9, onde pode-se ver a disposição dos lotes e sua numeração de 03 a 137. A partir da planta, pode-se obter de forma simplificada, as áreas dos lotes e sua respectiva média final, a qual será utilizada nos cálculos de área.



Figura 8: Planta com as áreas dos loteamentos do condomínio

Fonte: Gerência do Condomínio, 2020



Figura 9: Planta com as áreas dos loteamentos do condomínio

Fonte: Gerência do Condomínio, 2020

Com as informações contidas no projeto, foi possível calcular a área de cada lote, e fazer uma média de área construída, a qual foi utilizada nos cálculos.

Para o desenvolvimento dos projetos de placas fotovoltaicas, alguns outros fatores deverão ser analisados segundo (DASSI et al., 2015), tais como:

- Análise da área total disponível do telhado, para obter o número total de painéis solares;
- Potência e tensão elétrica dos painéis do fornecedor;
- Rendimento dos painéis do fornecedor.

Para a obtenção da área disponível de telhado, foi utilizado a média das áreas feita anteriormente e a potência e tensão elétrica dos painéis, bem como seu rendimento, foram disponibilizados pelo vendedor.

Para o desenvolvimento do orçamento, grande parte dos materiais que serão utilizados foram cotados em lojas localizadas na cidade de Rio Verde-GO, com exceção da bomba hidráulica, que foi cotada na internet, e das placas fotovoltaicas, que foram cotadas em Goiânia-GO.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Obtenção da área média construída

Para obter a área média construída, foi feita a média da área dos lotes apresentados anteriormente na planta de loteamento do condomínio, onde o primeiro lote residencial é o de número 4, e o último é o de número 137, totalizando 133 lotes. Os mesmos foram dispostos na tabela 2, bem como suas áreas. O valor obtido com a média foi de 564,15 metros quadrados.

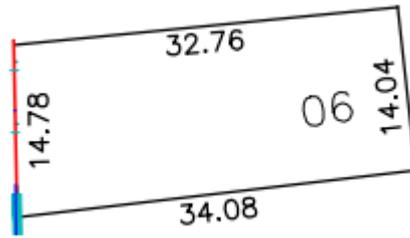
**Tabela 2:** Lotes do condomínio e suas respectivas áreas.

Lote	Área (m <sup>2</sup> )								
4	501,59	31	699,98	58	571,34	85	487,11	112	700,13
5	503,81	32	499,90	59	500,00	86	512,66	113	500,05
6	481,58	33	499,90	60	499,90	87	490,77	114	494,55
7	463,99	34	818,32	61	499,90	88	500,94	115	518,27
8	450,99	35	758,99	62	699,82	89	499,90	116	461,74
9	442,56	36	499,90	63	499,90	90	514,99	117	488,97
10	438,23	37	699,98	64	915,00	91	499,90	118	500,05
11	438,59	38	499,90	65	945,50	92	696,93	119	500,05
12	443,40	39	499,90	66	499,90	93	499,90	120	500,05
13	452,68	40	699,98	67	699,98	94	840,58	121	853,85
14	508,77	41	498,82	68	499,90	95	890,91	122	615,14
15	459,53	42	682,65	69	499,90	96	499,90	123	499,95
16	921,71	43	523,92	70	477,77	97	699,98	124	499,95
17	500,05	44	495,64	71	664,37	98	600,09	125	473,87
18	699,82	45	500,05	72	655,83	99	600,09	126	577,02
19	500,05	46	500,05	73	499,57	100	591,51	127	482,16
20	511,49	47	500,05	74	499,90	101	571,64	128	436,15
21	699,82	48	699,98	75	499,90	102	197,34	129	457,05
22	500,05	49	500,05	76	699,98	103	465,98	130	450,00
23	500,05	50	809,93	77	499,90	104	492,24	131	750,00
24	487,99	51	781,56	78	745,57	105	514,54	132	500,49
25	667,80	52	499,90	79	810,25	106	499,90	133	395,05
26	656,43	53	699,98	80	499,90	107	699,98	134	440,54
27	612,14	54	499,90	81	699,82	108	499,90	135	442,62
28	683,20	55	499,90	82	499,90	109	918,36	136	406,69
29	499,90	56	658,82	83	515,45	110	799,41	137	418,05
30	499,90	57	557,57	84	499,90	111	500,05		<b>MÉDIA= 564,15 m<sup>2</sup></b>

Fonte: Autor

Para as áreas que não eram retangulares, foi realizada uma simplificação para facilitar o entendimento do cálculo. Por exemplo, no loteamento 06 foi feita a média das dimensões

verticais e das dimensões horizontais para posteriormente fazer o cálculo da área, multiplicando as duas novas dimensões, como pode-se analisar na figura 10 e nas equações 5,6 e 7:



**Figura 10:** Exemplo de cálculo.

Fonte: Autor.

$$Dv = \frac{14,78 + 14,04}{2} = 14,41 \text{ metros} \quad (\text{Equação 5})$$

$$Dh = \frac{32,76 + 34,08}{2} = 33,42 \text{ metros} \quad (\text{Equação 6})$$

$$\text{Área} = 14,41 * 33,42 = 481,58 \text{ metros quadrados} \quad (\text{Equação 7})$$

Onde,

Dv = Dimensão vertical;

Dh = Dimensão horizontal.

Segundo o mapa de zoneamento da cidade de Rio Verde – GO, o condomínio estudado está localizado na Zona Residencial I (ZR-1), e de acordo com a Lei Complementar N. 5.478/2008 (RIO VERDE, 2008) sobre uso e ocupação do solo, a projeção máxima que uma residência pode ter em relação ao seu lote é de 70% da sua área, como observado na Tabela 3, que demonstra as características de cada zona do município.

**Tabela 3:** Características de cada Zona Residencial na cidade de Rio Verde- GO segundo Lei N. 5.478/2008.

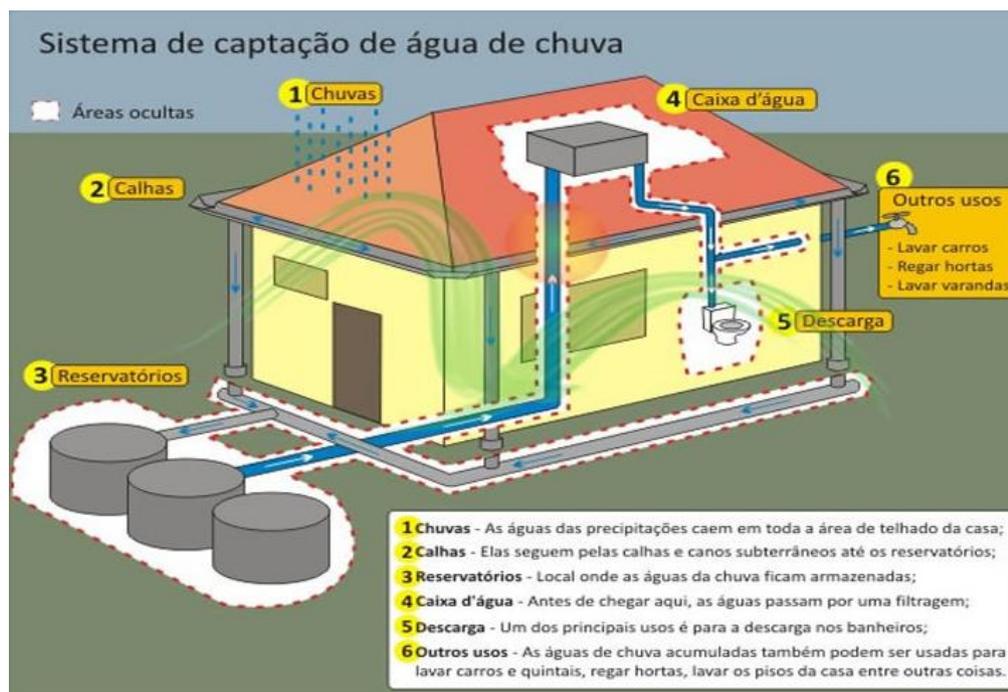
Zona	Área mínima do lote	Dimensão mínima testada	Taxa de ocupação	Índice de permeab. Mín.	Afastam frontal	Afastam. Lateral/fundos
ZR-1	360m <sup>2</sup>	10 m	70%	20%	3m	1,50 m
ZR-2	360 m <sup>2</sup>	10 m	70%	20%	3m	1,50m
ZR-3	360 m <sup>2</sup>	10 m	70%	20%	3m	1,50m
ZE-1	360 m <sup>2</sup>	10 m	70%	20%	. <sup>(8)</sup>	1,50m
ZE-2	360 m <sup>2</sup>	10 m	70%	20%	. <sup>(8)</sup>	1,50m
ZE-3	360 m <sup>2</sup>	10 m	70%	20%	. <sup>(8)</sup>	1,50m
ZC	360 m <sup>2</sup>	10 m	70%	20%	. <sup>(8)</sup>	1,50m
ZS	360 m <sup>2</sup>	10 m	70%	20%	3m	1,50m
ZI-1	360 m <sup>2</sup>	..	70%	20%	10m	5m
ZI-2	360 m <sup>2</sup>	..	70%	20%	10m	5m
ZV	360 m <sup>2</sup>	10 m	50%	20%	5m	5m

**Fonte:** Adaptado de Lei complementar N. 5.478/2008

Sabendo que a área média dos lotes do condomínio é de aproximadamente 564 metros quadrados (m<sup>2</sup>) e que o máximo permitido em lei para construir é de 70% do lote, para fins de pesquisa, será proposto que cerca de sessenta por cento da área será construída. Sendo assim, tem-se que a área média construída é de 338,4 m<sup>2</sup> e, se a área for um quadrado, as dimensões seriam aproximadamente 18,4 m por 18,4 m. Tendo a área média construída, pode-se estimar os materiais para a construção do sistema hidráulico e a área de cobertura, onde serão dispostas as placas fotovoltaicas.

#### 4.2 Sistema de coleta de água de chuva

Em um sistema de coleta de água pluvial, existem vários materiais que devem ser levados em consideração. Na figura 11, pode-se analisar o esquema de funcionamento de um sistema coletor, bem como de seus respectivos materiais. Como um dos intuitos do projeto é verificar os custos e benefícios de um sistema de coleta de água de chuva, foi necessário fazer um orçamento na cidade de Rio Verde-Goiás, para determinar o valor médio dos materiais utilizados. Nesse intuito, foram determinados quais materiais que serão utilizados no sistema, e seus respectivos quantitativos.



**Figura 11:** Esquema de coleta de água de chuva em uma residência.

**Fonte:** Friburgo filtros- coleta agua chuva.

#### 4.2.1 Tubulação para o sistema de coleta de água pluvial

Para obtenção do quantitativo de materiais utilizados na montagem do sistema hidráulico de captação de água de chuva, necessitou-se estimar a distância da central de coleta de água de chuva até a caixa d'água que irá abastecer as bacias sanitárias da casa. O pé direito padrão de uma residência varia de 2,5 metros a 2,8 metros, então estima-se que a distância vertical de tubulação necessária será de 3 metros, e a distância horizontal será a metade de uma das dimensões da área construída. Desta forma, a metade de 18,4 metros que é 9,2 metros. Para estimar esse valor, determinou-se que o sistema de coleta de água de chuva estaria localizado o mais próximo possível da caixa d'água superior. Logo, obtém-se o comprimento de tubulação, que é a soma do pé direito de 3 metros com o comprimento horizontal de 9,2 metros, sendo assim, 12,2 metros de tubulação aproximadamente.

$$\text{Comprimento tubulação 1} = 3m + 9,2m = 12,2m$$

Tendo o comprimento de tubulação que irá deslocar a água de chuva do reservatório inferior até o superior, basta estimar o comprimento de tubulação que será utilizado para deslocar as águas pluviais das calhas para o reservatório inferior. Para isso, serão necessárias 4 colunas de 3 metros de tubulação, uma para cada aresta do quadrado que representa a área da

residência, e cerca de 55,2 metros de tubulação horizontal, que é a soma de 3 dimensões do quadrado (18,4 metros de lado). Logo, tem-se que serão necessários 12 metros de tubulação vertical mais 55,2 metros de tubulação horizontal, totalizando 67,2 metros.

$$\textit{Comprimento tubulação 2} = 4 \times 3m + 55,2m = 67,2m$$

Para obter o comprimento final basta somar o comprimento 1 com o comprimento 2, obtendo o valor de 79,4 metros de tubulação.

$$\textit{Comprimento total} = 12,2m + 67,2m = 79,4m$$

Dispondo do comprimento de encaenação, posteriormente verificou-se as peças específicas que seriam utilizadas. Como anteriormente analisado na figura 11, não se trata de um trajeto complexo, até porque, um caminho com muitas curvas ocasionaria um aumento da perda de carga na tubulação, como pode ser verificado na norma técnica de instalação predial de água fria ABNT NBR 5626:1998, dificultando o recalque para a caixa d'água e, também por ser um trajeto simples, com poucas curvas, peças especiais e distancia curta, o diâmetro da tubulação será de 50 mm. Sendo assim, as peças utilizadas estão demonstradas na tabela 4, acompanhadas de suas quantidades e seus respectivos valores, orçados em uma loja situada na cidade de Rio Verde- GO.

**Tabela 4:** Materiais utilizados no sistema de coleta de água de chuva e seus respectivos valores

<b>Adaptador Flange 50 mm</b>	<b>curva 90° 50 mm</b>	<b>tubulação 50 mm</b>
<b>5 peças</b>	<b>5 peças</b>	<b>79,4 metros</b>
		
15 reais a unidade	4 reais a unidade	9 reais o metro
<b>Tê 50 mm</b>	<b>Registro Gaveta</b>	<b>TOTAL</b> 864,6 REAIS
<b>1 peça</b>	<b>1 peça</b>	
		
5 reais a unidade	50 reais a unidade	

#### 4.2.2 Reservatório para armazenamento de água pluvial e reservatório de distribuição

Um dos principais materiais do sistema, é o reservatório de água pluvial, que está localizado no térreo da residência. Para realização do dimensionamento do reservatório, foi utilizado o Método de Rippl, presente na NBR - 15.527. Para isso, foi preciso gerar duas tabelas, 5 e 6, com os dados obtidos na entrevista com um morador do condomínio e a média feita de índice pluviométrico em milímetros na cidade de Rio Verde, durante o período de 2002 a 2011. Na tabela 7 pode-se observar o mês em questão e seu respectivo índice pluviométrico. Na tabela 8 tem-se o consumo, em metros cúbicos, de água por mês na residência.

**Tabela 5:** Índice pluviométrico em Rio Verde-GO durante o período de 2002 á 2011

<b>MÊS</b>	<b>Índice pluviométrico (mm)</b>
janeiro	247,94
fevereiro	246,4
março	291,02
abril	104,76
maio	25,43
junho	13,12
julho	9,2
agosto	9,48
setembro	30,96
outubro	161,78
novembro	216,38
dezembro	254,78

**Tabela 6:** Consumo mensal do morador no ano de 2019.

<b>Mês</b>	<b>Consumo (m<sup>3</sup>)</b>
Janeiro	38
Fevereiro	36
Março	36
Abril	39
Maio	33
Junho	44
Julho	36
Agosto	42
Setembro	44
Outubro	40
Novembro	37
Dezembro	36

Dispondo da precipitação média e a demanda mensal em um ano, é possível dar início ao dimensionamento. Porém, o consumo da tabela 8 é referente a toda a água utilizada na residência, e o uso da água pluvial é somente disponível para as descargas sanitárias. Logo, foi preciso fazer uma adaptação. Cerca de 41% da água utilizada nas residências é para descarga sanitária (OLIVEIRA, 2004), sabendo disso, faz-se passo a passo os cálculos do mês de janeiro utilizando o método de Rippl.

$$Q = C \times \textit{precipitação} \times \textit{área de captação}$$

Q é o volume de chuva mensal.

O coeficiente C, é o coeficiente de escoamento superficial, e, segundo a NBR - 15.527, tem valor de 0,8.

$$\textit{Precipitação de janeiro} = \frac{247,94mm}{1000} = 0,248 \textit{ metros};$$

A área de captação é toda a área de cobertura da residência, que, acaba sendo sua própria área construída.

$$\textit{Área de captação} = 338 \textit{ metros quadrados};$$

$$Q = 0,8 \times 0,248 \textit{ m} \times 338 \textit{ m}^2 = 67,04 \textit{ m}^3$$

Tendo o volume de chuva mensal, faz se diferença entre a demanda e o volume de chuva mensal, com intuito de verificar se durante o mês de janeiro, o volume de chuva irá suprir a necessidade de demanda.

$$\textit{Demanda} = 38 \times 41\% = 15,58 \textit{ m}^3 \textit{ de água}.$$

Logo;

$$S = 15,58m^3 - 67,04m^3 = -51,46m^3$$

O valor de S, que é a diferença da demanda com o volume de precipitação, deu negativo, significando que o volume de chuva foi muito maior que a demanda. Da mesma forma que foi feito para o mês de janeiro, foi feito para os próximos meses do ano, como mostrado de forma simplificada na tabela 7.

Tabela 7: Representação do método de Rippl.

<b>Meses</b>	<b>Chuva média mensal (mm)</b>	<b>Demanda mensal (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Demanda mensal da descarga sanitária (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Área de captação (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Volume de chuva mensal (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Diferença entre o volume da demanda e o volume de chuva</b>	<b>Diferença acumulada da coluna 7 dos valores positivos (m<sup>3</sup>)</b>
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro	247,94	38	15,2	338	67,04	-51,84	0
Fevereiro	246,4	36	14,4	338	66,63	-52,23	0
Março	291,02	36	14,4	338	78,69	-64,29	0
Abril	104,76	39	15,6	338	28,33	-12,73	0
Maiο	25,43	33	13,2	338	6,88	6,32	6,32
Junho	13,12	44	17,6	338	3,55	14,05	20,38
Julho	9,2	36	14,4	338	2,49	11,91	32,29
Agosto	9,48	42	16,8	338	2,56	14,24	46,53
Setembro	30,96	44	17,6	338	8,37	9,23	55,75
Outubro	161,78	40	16	338	43,75	-27,75	0
Novembro	216,38	37	14,8	338	58,51	-43,71	0
Dezembro	254,78	36	14,4	338	68,89	-54,49	0

Ao analisar a tabela 7, na coluna 7 tem-se o volume de água de chuva que irá exceder o necessário e o volume que não irá suprir a demanda. Nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril, outubro, novembro e dezembro, o sistema de coleta de água pluvial não irá sofrer com falta de chuva, mas nos meses de maio, junho, julho, agosto e setembro, o sistema não conseguirá suprir a necessidade da residência. Esse fato traz algumas implicações, como a possibilidade de construir um reservatório grande o suficiente para armazenar água pluvial o bastante para suprir a demanda desses meses não chuvosos, e isso é mostrado na coluna 8.

Todavia, ao analisar a coluna 8 e verificar o volume de água acumulado que seria necessário, constata-se que o reservatório teria que possuir capacidade para aproximadamente 55 metros cúbicos de água, em outras palavras, 55 caixas d'água de 1000 litros, o que torna o projeto inviável. Logo, para dimensionamento do reservatório de água de chuva, analisou-se os

meses com maior demanda de água para as descargas, baseado na ideia de que se suprir o mês com maior demanda, conseqüentemente irá suprir os de menores demandas, sendo esses, junho e setembro, com um total de 17,6 metros cúbicos no mês. Levando em consideração que o abastecimento da caixa d'água é diário, divide-se este valor por 30, com intuito de obter a média diária de água gasta em descargas no mês de maior uso.

$$m^3 \text{ de água por dia} = \frac{17,6m^3}{30} = 0,59 \frac{m^3}{\text{dia}} \text{ ou } 590 \text{ litros/dia}$$

Os cálculos devem ser feitos para o pior dos casos, que é o mês com maior gasto, sendo 590 litros por dia que o reservatório terá que possuir para suprir a demanda diária. Como nem sempre há chuvas, será utilizado uma folga de aproximadamente sete dias que o reservatório terá água para fornecer. Sendo então, sete vezes 590 litros, o que dá 4130 litros de água pluvial.

$$\text{Reservatório} = 7 \times 590 \text{ litros} = 4130 \text{ litros}$$

Porém, não existe reservatório com tais dimensões, em razão disso, serão adotados dois reservatórios de 2000 litros cada para o sistema de coleta de água de pluvial. A caixa d'água superior, terá 500 litros, uma vez que ela será diariamente abastecida pelo reservatório inferior, sempre que necessário.

Foi feito o orçamento dos reservatórios na cidade de Rio Verde, e os valores encontrados foram:

1. Reservatório 2000 litros PVC: 880,00 reais.
2. Reservatório 500 litros PVC: 150,00 reais.
3. Total: 1910 reais.

#### 4.2.3 Bomba de recalque

Será necessária uma bomba para recalcar a água do reservatório inferior para a caixa d'água superior. O modelo de bomba escolhido é a Bomba d'água Centrífuga Termoplástico 1/2CV 110/220V - FERRARI-SCM-370P e está no mercado por volta de 340,00 reais. Suas especificações suprem perfeitamente a demanda, e são:

- Motor: 1/2CV
- Potência: 370W
- Tensão nominal: 110V/220V
- Rotação: 3500RPM
- Vazão máxima (Q): 8.000 L/hora
- Altura manométrica máxima (Hm): 23 mca

- Sucção máxima (Hs): 8 mca

A tabela 8 foi retirada da ficha técnica do fabricante, e nela observa-se a variação de vazão de acordo com a altura de recalque que será solicitada.

**Tabela 8:** Relação de vazão de acordo com os metros de coluna d'água (m.c.a) necessários.

SCM-370P								
m.c.a	0	5	10	15	16	20	21	22/23
vazão	7600	7000	6830	5710	5100	3710	1330	340/0

Fonte: Ficha técnica Ferrari

Uma vez que o reservatório está a 3 metros de altura, 5 m.c.a (indica qual a pressão que a água exerce sobre determinada altura, ou seja, 1 **m.c.a** = 1 metro de altura) irão suprir a necessidade. Por ser um trajeto simples, não será necessário um cálculo aprofundado de altura manométrica e perda de carga e nem de uma tubulação superior a 50 mm. A vazão será de 7000 litros por hora, como pode ser observado na tabela 8, e com ela, é possível calcular o uso diário da bomba:

$$\frac{7000 \text{ litros}}{590 \text{ litros}} = \frac{60 \text{ minutos}}{\text{tempo/dia}}$$

Temos que:

$$\frac{\text{tempo}}{\text{dia}} = \frac{60 \text{ min} \times 590 \text{ litros}}{7000 \text{ litros}} = 5,06 \text{ min}$$

Sabendo que a potência da bomba é de 370 W, e que o uso diário da bomba é de aproximadamente 5 min por dia, é possível calcular seu gasto energético.

Como o gasto energético é feito mensalmente, é necessário verificar o tempo de uso mensal da bomba. Se em 1 dia são gastos 5 min, logo, serão 150 minutos por mês, ou 2,5 horas. A bomba possui uma potência de 370 W, se utilizada por 2,5 horas, serão 925 Wh, passando para quilo watts hora, tem-se que o gasto mensal de energia com a bomba é de 0,92 kWh. Comparando esse valor com o gasto mensal do morador entrevistado que varia de 513 a até 769 kWh, conclui-se que é um valor insignificante.

#### 4.2.3 Calhas

Por fim, foi calculada a quantidade de calhas que seriam necessárias para direcionar a água pluvial para o reservatório. Para tal, a partir das dimensões estimadas da residência fictícia, 18,4 metros por 18,4 metros, calculou-se o perímetro da casa para se obter a metragem linear das calhas.

$$\text{Perímetro} = 18,4 + 18,4 + 18,4 + 18,4 = 73,6 \text{ metros}$$

Logo, com os 73,5 metros de calha linear, tem-se a metragem total de calhas, permitindo então orçar esse produto e sua mão de obra. A pesquisa de preço foi feita em uma loja localizada na cidade de Rio Verde, e o valor determinado foi de 15 reais o metro já incluso mão de obra. Logo, se são 73,6 metros, tem-se que o valor total é de 1104 reais.

$$\text{Valor total} = 73,6 \times 15 \text{ reais} = 1104 \text{ reais}$$

#### 4.2.4 Valores para implantação de sistema de coleta de água de chuva

Foi levado em consideração a mão de obra de 5 dias, e que a diária do encanador é de 120 reais por dia totalizando 600 reais de mão de obra e o valor total pode ser analisado na tabela 9.

**Tabela 9:** Valor total para instalação do sistema de coleta de água de chuva

<b>Sistema de coleta de água de chuva</b>	
<b>Material</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Tubulação	864,6
Reservatórios	1910
Bomba	340
Calhas	1104
Mão de obra	600
<b>TOTAL</b>	<b>4818,6</b>

#### 4.3 Sistemas de placas fotovoltaicas

Para o dimensionamento do sistema de placas fotovoltaicas, foi utilizado o valor da média de gasto energético, obtida através da entrevista com o morador do condomínio, que foi de 583,17 kWh/mês. As placas produzem energia solar por dia, portanto, foi necessário obter a média diária de energia gasta na residência, dividindo o valor mensal por 30 dias, tendo então que o gasto diário é de 19,44 kWh/dia, como mostrado na tabela 10.

**Tabela 10:** Gasto energético mensal e respectivas médias mensais e diárias

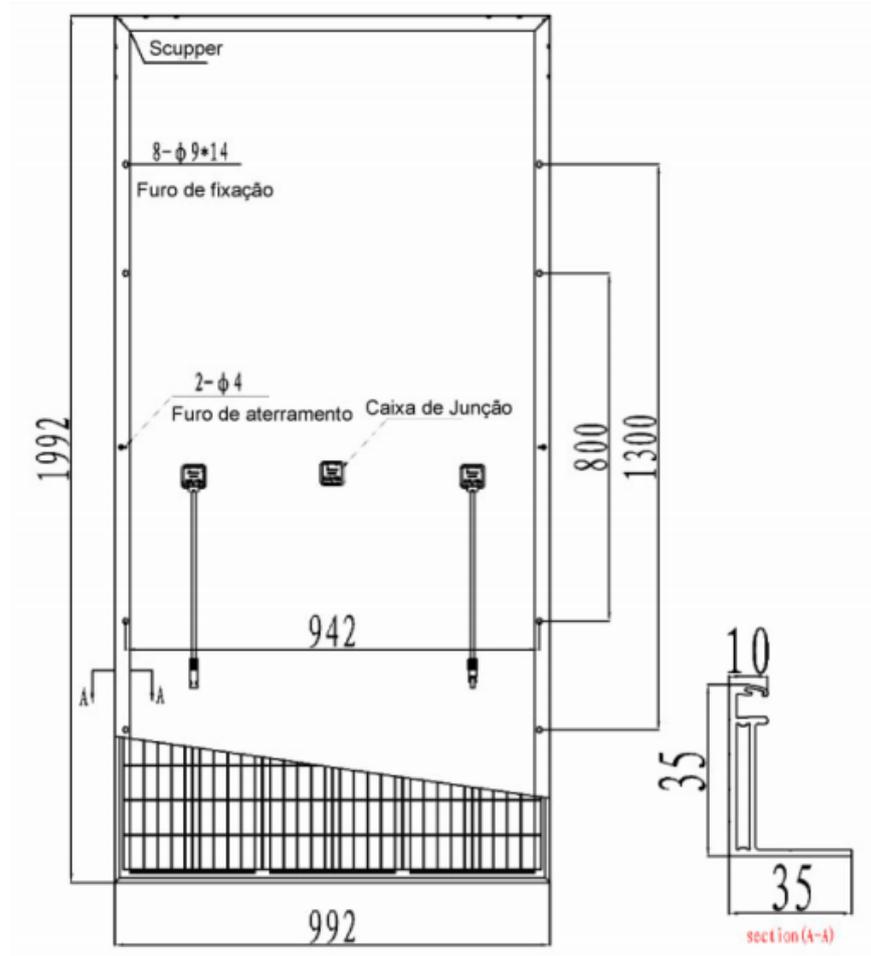
<b>Mês/Ano</b>	<b>kWh</b>
jan/19	513
fev/19	769
mar/19	549
abr/19	525
mai/19	635
jun/19	440
jul/19	548
ago/19	549
set/19	553
out/19	724
nov/19	588
dez/19	605
<b>MÉDIA MENSAL</b>	<b>583,17</b>
<b>MÉDIA DIÁRIA</b>	<b>19,44</b>

Com os valores previamente analisados de insolação na cidade de Rio Verde, pode-se gerar a média diária de insolação, que também será utilizada no cálculo de dimensionamento. O princípio é o mesmo utilizado no cálculo da média de kWh/dia, como pode-se observar na tabela 11, que mostra a insolação média do ano de 2002 a 2011.

**Tabela 11:** insolação média do ano de 2002 a 2011

<b>MÊS</b>	<b>Insolação mensal (h)</b>
Janeiro	120,11
Fevereiro	146,17
Março	171,51
Abril	214,54
Maio	229,11
Junho	227,21
Julho	240,7
Agosto	241,64
Setembro	191,59
Outubro	157,26
Novembro	155,27
Dezembro	61,48
<b>MÉDIA MENSAL</b>	<b>179,72</b>
<b>MÉDIA DIÁRIA</b>	<b>5,99</b>

As placas fotovoltaicas que serão utilizadas no projeto, são de 330W de potência, da marca American Solar. As mesmas foram orçadas na cidade de Goiânia-GO. A figura 12 representa as dimensões de cada placa, que foram utilizadas na obtenção da área das mesmas.



**Figura 12:** Esquema da placa fotovoltaica.

**Fonte:** Catálogo da American solar, 2019

As dimensões de cada placa são 1992 milímetros por 992 milímetros, ou, 1,992 metros por 0,992 metros. Sendo assim, tem-se que a área é a multiplicação entre as duas dimensões:

$$\text{Área} = 1,992m \times 0,992m = 1,98 m^2$$

Com os valores da média de kWh, insolação e área, poderá ser calculado o número de placas e o espaço que elas ocuparão. Para isso, tem-se que o gasto médio diário de energia na residência é de 19,44 kWh, como mostrado na tabela 10, e a média de insolação diário é de aproximadamente 6 horas, como mostrado na tabela 11. Sabendo que as placas só trabalharão durante o período de luz, é necessário dividir 19,44 kW horas por 6 horas, para saber quanto o sistema deverá produzir de energia por hora, durante essas 6 horas, como mostrado nas equações 8 e 9:

$$kW_{\text{necessário}} = 19,44 \frac{kWh}{6h} = 3,24 kW \text{ (Equação 8)}$$

$$W_{necessário} = 3,24 * 1000 = 3240 W \quad (\text{Equação 9})$$

Como as placas adotadas são de 330 W, a quantidade de placas necessárias pode ser obtida por meio da equação 10:

$$n^{\circ} \text{ placas} = \frac{3240 W}{330 W} = 9,82 \text{ placas} \quad (\text{Equação 10})$$

Portanto, 10 placas serão necessárias para suprir a residência estudada. Cada placa ocupa 1,98 m<sup>2</sup>, logo a área necessária será de 19,80 m<sup>2</sup>.

A loja analisada vende o kit fotovoltaico completo, no qual estão inclusos:

1. 10 módulos fotovoltaicos Amerisolar de 330 Watts;
2. 1 inversor Growatt de 3,6 kW de potência com monitoramento de produção online.
3. Estrutura de suporte em alumínio ou ferro galvanizado para telhado cerâmico;
4. Dispositivo de proteção elétrica e materiais elétricos;
5. Serviço de instalação;
6. Projeto e Homologação junto à Concessionária de energia.

O valor do kit é de 19.011,00 reais.

#### **4.4 Análise e discussão da viabilidade dos sistemas**

Alcança-se a etapa final da pesquisa de custos e benefícios da implementação de um sistema de coleta de água de chuva juntamente com um sistema de placas fotovoltaicas. O valor de cada um foi de 5.028,60 reais e 19.011,00 reais, respectivamente, obtendo-se um valor total de 24.039,60 reais. Ao analisar o gasto energético da bomba hidráulica comparado ao gasto energético mensal da residência, chegou-se à conclusão que seria um valor insignificante. Logo, deve-se estudar o tempo que o morador da residência levará para economizar todo o valor gasto com os sistemas.

Foi analisado anteriormente que durante os meses de janeiro, fevereiro, março, abril, outubro, novembro e dezembro o sistema irá suprir completamente a demanda de água das descargas sanitárias na residência, e essa demanda foi previamente analisada e está resumida na tabela 12.

**Tabela 12:** Demanda de água proveniente de descarga sanitária nos respectivos meses

<b>Meses</b>	<b>Demanda (m<sup>3</sup>)</b>
Janeiro	15,2
Fevereiro	14,4
Março	14,4
Abril	15,6
Outubro	16
Novembro	14,8
Dezembro	14,4
<b>TOTAL</b>	<b>104,8</b>

Tendo o valor total de metros cúbicos economizados em 1 ano, e o valor médio da taxa por metro cúbico de água na cidade de Rio Verde, que é de aproximadamente 12,16 reais o metro cúbico, estima-se que em 1 ano a economia será de 104,8 vezes 12,16 reais, que correspondem a 1274,37 reais economizados por ano aproximadamente. O valor gasto com energia para bombeamento de água é zerado por estar incluso nos sistemas de placas fotovoltaicas.

Para descobrir em quantos anos o sistema se pagará, divide-se 5028,60 reais que é o valor total do sistema de coleta de água pluvial por 1274,37, que é o valor economizado por ano com o sistema. Logo, o sistema se pagará em 3,94 anos, ou, aproximadamente 4 anos.

Para a análise da viabilidade econômica do sistema de placas fotovoltaicas, deve-se levar em consideração que haverá dias que não irão suprir a média de 6 horas de luz diária, porém, terá dias que esse valor será maior, gerando mais energia do que será solicitado, logo, essa energia voltará para a rede e gerará um crédito para o residente. A tabela 13 representa de forma resumida a demanda energética mensal da residência durante o ano, bem como seu valor total.

**Tabela 13:** Demanda energética mensal durante o ano de 2019

<b>Mês/Ano</b>	<b>kWh</b>
Janeiro	513
Fevereiro	769
Março	549
Abril	525
Mai	635
Junho	440
Julho	548
Agosto	549
Setembro	553
Outubro	724
Novembro	588
Dezembro	605
<b>Total</b>	<b>6998,00</b>

Sabendo que o valor do kWh na região de Rio Verde é de aproximadamente 0,85 centavos, e que as placas fotovoltaicas vão suprir toda a necessidade energética da residência, em um 1 ano a economia será de 6998 kWh vezes 0,85 centavos, logo, a economia será de 5948,3 reais por ano. O sistema custa 19011 reais, portanto, divide-se 19011 reais por 5948,3 reais a fim de encontrar o tempo que o sistema irá se pagar com a economia anual, e, o tempo será de aproximadamente 3,20 anos, ou, 3 anos, 2 meses e 12 dias.

Como a economia do sistema de coleta de água de chuva é 1274,37 reais ao ano e a do sistema de placas fotovoltaicas é de 5948 reais ao ano, assim que os sistemas se pagarem, o morador terá uma economia anual de 7.222,37 reais livre. O tempo de vida desses sistemas varia muito por conta de manutenção ou condições climáticas de região, logo, será usado uma base de 20 anos cada com finalidade de análise, mas, pode-se estender por mais anos. Se for analisado uma projeção de 20 anos, a economia será de cerca de 120 mil reais, como pode ser observado na tabela 14, onde é mostrado o fluxo de caixa de cada sistema de acordo com o ano, numa expectativa de 20 anos.

**Tabela 14:** Fluxo de caixa durante 20 anos dos sistemas de coleta de água de chuva e placas fotovoltaicas

<b>Sistema de placas fotovoltaicas</b>		<b>Sistema de coleta de água de chuva</b>	
valor em caixa inicial = <b>-19011</b>		valor em caixa inicial = <b>-4818</b>	
valor adquirido anualmente = <b>+5948</b>	<b>ANO</b>	valor adquirido anualmente = <b>+1274</b>	
-13063	2020	-3544,23	
-7115	2021	-2269,86	
-1167	2022	-995,49	
4781	2023	278,88	
10729	2024	1553,25	
16677	2025	2827,62	
22625	2026	4101,99	
28573	2027	5376,36	
34521	2028	6650,73	
40469	2029	7925,1	
46417	2030	9199,47	
52365	2031	10473,84	
58313	2032	11748,21	
64261	2033	13022,58	
70209	2034	14296,95	
76157	2035	15571,32	
82105	2036	16845,69	
88053	2037	18120,06	
94001	2038	19394,43	
99949	2039	20668,8	
<b>VALOR TOTAL DO CONJUNTO EM UMA PROJEÇÃO DE 20 ANOS = 120617,8 REAIS</b>			

## 5 CONCLUSÃO

Com a necessidade de gerar meios sustentáveis e econômicos, foi analisada a viabilidade econômica da implantação de um sistema de água coleta de água de chuva juntamente com um sistema de placas fotovoltaicas em residências de alto padrão em um condomínio, onde a demanda energética e de água é muito maior em relação a residências de baixa padrão.

Por conta das dimensões da residência de alto padrão, os sistemas ficaram onerosos, custando um total de aproximadamente 24.039,00 reais para a instalação dos dois, já incluso mão de obra e materiais. Porém, nota-se também as economias mensais e anuais também serão maiores em relação aos sistemas menores de residências de baixo padrão, podendo, assim que pagos, gerar economias de até 7.222,00 reais por ano.

Ao analisar uma expectativa de 20 anos, que é geralmente o tempo aproximado de vida dos sistemas, conclui-se que a economia é bastante viável, podendo atingir 120 mil reais de economia com os dois sistemas trabalhando simultaneamente.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10844 – **Instalações Prediais de Águas Pluviais**. Rio de Janeiro (1989).

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5626 – **Instalações Prediais de Água Fria**. Rio de Janeiro (1998).

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 2, p. 53-66, 2008.

BRAGA, R. P. **Energia solar fotovoltaica: fundamentos e aplicações**. p. 80. 2008.

BRITO, M. C.; SILVA, J. A. **Energia fotovoltaica: conversão de energia solar em eletricidade**. p. 7. Julho 2006.

CAMPOS, M. A. S. et al. Sistema de aproveitamento de água pluvial: aspectos qualitativos e quantitativos. In: **SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS**, 10., 2007.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N.; BARROS, J. R. Climatic Classification of Köppen-Geiger For the State of Goiás and Federal District. **Acta Geográfica**, v. 8, n. 16, p. 40–55, 2014.

COSTA, R. C.; PRATES, C. P. T. **O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado**. p. 27. 2005.

DASSI, J. A. et al. Análise da Viabilidade Econômico-Financeira da Energia Solar Fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil. **XXII Congresso Brasileiro de Custos**, p. 16, 2015.

EPE. 2018 **Statistical Yearbook** - 2017 Baseline. p. 249, 2018.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. No Brasil. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, p. 7–20, 2007.

GROUP RAINDROPS **Aproveitamento da Água da Chuva**. Organic Trading Editora. Curitiba, 2002.

JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de Pesquisa**, n. 118, p. 189–206, 2003.

JUNK, W. J.; NUNES DE MELLO, J. A. S. Impactos ecológicos das represas hidrelétricas na bacia amazônica brasileira\*. **Estudos Avançados**, v. 4, n. 8, p. 126–143, 1987.

LIBRELOTTO, L. I. **Modelo para avaliação da sustentabilidade na construção civil nas dimensões econômica, social e ambiental (ESA): aplicação no setor de edificações**. p. 371, 2005.

LORENZO, E., *Electricidade Solar: Engenharia de los Sistemas Fotovoltaicos*. Madri: Editora Artes Gráficas Gala, 1994.

OLIVEIRA, Y. V. **Uso do Balanço Hídrico Seriado para o Dimensionamento de Estrutura de Armazenamento de Água das Chuvas: Estudos de Casos**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. UFSC. Florianópolis, 2004.

PACHECO, F. Energias Renováveis : Breves Conceitos. **Conjuntura e Planejamento**, n. 149, p. 4–11, 2006.

PARENTE, A. **Indicadores de sustentabilidade ambiental: Um estudo do *Ecological Footprint Method* do município de Joinville- SC**. p. 197, 2007.

SACHS, I. **As cinco dimensões do ecodenvolvimento** (Ignacy Sachs). v. d, p. 1–11, 2011.

SCHMIDT, W., **Materiais Elétricos**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1983.

SINDUSCON- RS. **Guia de Sustentabilidade na Construção Civil no Rio Grande do Sul**, 2013. Disponível em: < [http://www.sinduscon-rs.com.br/wp-content/uploads /2013/06/Cartilha\\_ Sustentabilidade\\_WEB.pdf](http://www.sinduscon-rs.com.br/wp-content/uploads/2013/06/Cartilha_Sustentabilidade_WEB.pdf)>. Acesso em: 13 maio 2019.

SOUZA, B. A. et al. **A nálise dos indicadores pib nacional e pib da indústria da construção civil**, *A nalysis of national gdp indicators and gdp industry construction*. Importância da indústria, Importância do PIB para a economia nacional. p. 140–150, 2015.