



**UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA**  
**KAROLINA DUARTE ANDRADE**  
**THAINÁ PORTO**

**ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DE TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS EM  
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM SANTA CATARINA**

Palhoça  
2020

**KAROLINA DUARTE ANDRADE  
THAINÁ PORTO**

**ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DE TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS EM  
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM SANTA CATARINA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia Civil  
da Universidade do Sul de Santa Catarina  
como requisito parcial à obtenção do título  
de Graduação em Engenharia Civil.

**ORIENTADOR: PAOLA EGERT ORTIZ, Dr.**

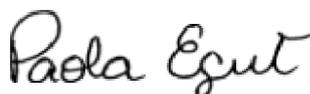
Palhoça  
2020

**KAROLINA DUARTE ANDRADE  
THAINA PORTO**

**ANALISE DA IMPLEMENTAÇÃO DE TECNOLOGIAS SUSTENTÁVEIS EM  
RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR EM SANTA CATARINA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Engenharia Civil  
da Universidade do Sul de Santa Catarina  
como requisito parcial é obtenção do título  
de Graduação em Engenharia Civil.

Palhoga, 15 de julho de 2020.



---

Professor orientador: Paola Egert Ortiz, Dr.  
Universidade do Sul de Santa Catarina



---

Professor Ricardo M. Mafra, MSc.  
Universidade do Sul de Santa Catarina



---

Engenheiro Civil Ildo Sponholz, MSc.  
Sc Pisos e Serviços Ltda

“Não há nada que não se consiga fazer com força de vontade, a bondade e, principalmente, com o amor” (CÍCERO).

## RESUMO

Atualmente a construção civil é um dos setores que causa maiores impactos ao meio ambiente. Desde o canteiro de obras, onde é feito o uso de recursos naturais, até o final da obra com a grande quantidade de resíduos gerados e inclusive após a obra com o uso constante de energia elétrica. Esse processo de urbanização se faz necessário para o desenvolvimento do país e suas tecnologias, entretanto é possível minimizar inúmeros desses efeitos através de sistemas construtivos que promovem a sustentabilidade e mudanças conscientes para o entorno. Neste trabalho, foi realizado um levantamento bibliográfico desses sistemas a partir de artigos, monografias, teses, revistas, entre outros. Em seguida, foram selecionados alguns sistemas para um estudo de campo no qual se baseia na aplicação dos sistemas escolhidos em uma residência unifamiliar localizada em Santa Catarina, apresentando os aspectos físicos e financeiros de cada um.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Sistemas sustentáveis. Avaliação econômica.

## **ABSTRACT**

Currently civil construction is one of the sectors that causes the greatest impact on the environment. From the construction site, where natural resources are used, to the end of the work with a large amount of waste generated and even after with the constant use of electricity. The urbanization process is necessary for the development of the country and its technologies, but it is possible to minimize the numbers of these effects through constructive systems that promote sustainability and conscious changes to the surroundings. In this work, a bibliographic survey of these systems was carried out based on articles, monographs, theses, magazines and among others. Then, some systems for field study were selected and some of them were chosen and applied in a residence located in Santa Catarina, presenting the physical and financial aspects of each one.

Keywords: Sustainability. Sustainable systems. Economic evaluation.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Exemplificação do funcionamento de captação de água da chuva com cisterna enterrada .....	25
Figura 2 – Usina Hidrelétrica de Itaipu - Maior usina hidrelétrica do Brasil.....	28
Figura 3 – Usina Termoelétrica Porto de Sergipe I, na cidade de Barra dos Coqueiros .....	29
Figura 4 – Placas solares instaladas no Porto Belo Outlet Premium.....	30
Figura 5– Esquema explicativo de como ocorre o funcionamento das placas fotovoltaicas em residência unifamiliar .....	31
Figura 6– Coletor solar com um reservatório de 200 litros de capacidade .....	32
Figura 7 – Funcionamento do sistema de aquecimento solar por coletores.....	33
Figura 8 – Velocidade média dentro da edificação com abertura de entrada e saída nos ângulos de 45 e 90° .....	35
Figura 9 – Vista isométrica frontal de residência unifamiliar com a técnica de ventilação natural cruzada.....	36
Figura 10 – Vista isométrica posterior de residência unifamiliar com a técnica de ventilação natural cruzada.....	36
Figura 11 – Residência unifamiliar com cobertura verde.....	38
Figura 12 – Camadas do telhado verde .....	39
Figura 13 – escoamento da água da chuva com e sem o sistema de telhado verde.....	42
Figura 14 – Tipologias do LEEDFonte: GBC Brasil .....	44
Figura 15 – Áreas que as tipologias analisam.....	46
Figura 16 – Níveis de certificação do LEED .....	46
Figura 17 – Perfil mínimo de desempenho para certificação.....	47
Figura 18 – Processo de certificação do AQUA .....	49
Figura 19 – Caminho da certificação do AQUA.....	50
Figura 20 – Fachada oeste da residência .....	53
Figura 21 – Planta baixa térreo .....	54
Figura 22 – Planta baixa 1º pavimento.....	55
Figura 23 – Planta de cobertura .....	56
Figura 24 – Portas de vidro com grandes vãos para saída na sacada.....	57
Figura 25 – Laje nervurada com lâmpada de LED .....	57
Figura 26 – Piso de concreto polido .....	58

Figura 27 – Usina de energia fotovoltaica no Piauí .....	59
Figura 28 – Representação do modelo On-grid .....	61
Figura 29 – Implantação das placas fotovoltaicas.....	64
Figura 30 – Fachada Norte .....	64
Figura 31 – Fachada Sul.....	65
Figura 32 – Fachada Leste .....	65
Figura 33 – Fachada Oeste.....	66
Figura 34 – Laje de cobertura da residência .....	73
Figura 35 – Sistema alveolar leve .....	77
Figura 36 – Sistema alveolar leve (corte).....	77
Figura 37 – Fluxo de ar no pavimento térreo.....	82
Figura 38 – Fluxo de ar no pavimento superior.....	83
Figura 39 – Acesso ao pavimento subterrâneo.....	84
Figura 40 – Visualização externa da entrada de ar do pavimento subterrâneo.....	84
Figura 41 – Entrada de ar no pavimento subterrâneo .....	85
Figura 42 – Circulação de ar atual .....	85
Figura 43 Sugestão de alteração da localização de abertura para melhor circulação do ar.....	86
Figura 44 – Lâmpadas tipo Plafon.....	87
Figura 45 – Claraboia localizada no banheiro social .....	89
Figura 46 – Vista Oeste/Sul da residência .....	89
Figura 47 – Reservatório de águas pluviais de 3.000L.....	90
Figura 48 – Horta .....	91

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1– Diagrama representativo dos aspectos sustentáveis .....	21
Gráfico 2 – Matriz elétrica brasileira de 2017 .....	27
Gráfico 3 – Hidrograma de áreas urbanizadas e de áreas não urbanizadas.....	41
Gráfico 4 – Irradiação solar no plano horizontal .....	62
Gráfico 5 – Irradiação solar no plano inclinado .....	63
Gráfico 6 – Relação de consumo x produção de energia.....	68
Gráfico 7 - Fatura mensal com e sem a implantação do SFV .....	70
Gráfico 8 – Economia financeira anual.....	70
Gráfico 9 – Fluxo de caixa acumulado .....	71
Gráfico 10 – Média anual do consumo de energia elétrica na rede (MWh).....	80
Gráfico 11 – Média anual do consumo de energia elétrica na rede por consumidor (MWh/pessoa) .....	81

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Desenvolvimento de novas tecnologias sustentáveis.....	22
Quadro 2 – Materiais para cisterna, suas características e cuidados. ....	26
Quadro 3 – Características dos telhados vivos extensivos e intensivos.....	40
Quadro 4 – Áreas de atuação das tipologias do LEED .....	44

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
	JUSTIFICATIVA E PROBLEMA .....	14
	OBJETIVO GERAL.....	15
	<b>Objetivos Específicos</b> .....	<b>15</b>
	LIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	15
	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	16
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>17</b>
	SUSTENTABILIDADE .....	17
	<b>Lei Nº 6.938 – Política Nacional do Meio Ambiente</b> .....	<b>18</b>
	<b>Agenda 21</b> .....	<b>19</b>
	<b>Construção civil sustentável</b> .....	<b>20</b>
	IMPLEMENTAÇÃO EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR.....	22
	<b>SISTEMAS SUSTENTÁVEIS</b> .....	<b>23</b>
	Captação de Água da Chuva.....	23
	Captação de Luz Solar .....	26
	<i>Placas Fotovoltaicas</i> .....	29
	<i>Aquecimento Solar</i> .....	31
	Ventilação Natural .....	34
	<i>Ventilação cruzada</i> .....	34
	Telhado verde.....	36
	CERTIFICAÇÕES.....	42
	<b>LEED</b> .....	<b>43</b>
	<b>AQUA</b> .....	<b>47</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>52</b>
	ESTUDO DE CAMPO.....	53
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>59</b>
	<b>SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA</b> .....	<b>59</b>
	<b>Coleta de dados</b> .....	<b>61</b>
	<b>Análise de Custos</b> .....	<b>66</b>
	<b>Orçamentos preliminares</b> .....	<b>66</b>

<b>Informações sobre o sistema adotado</b> .....	<b>67</b>
<b>Tempo de retorno</b> .....	<b>69</b>
<b>SISTEMA TELHADO VERDE</b> .....	<b>71</b>
<b>Clima de São José</b> .....	<b>71</b>
<b>Conforto térmico</b> .....	<b>72</b>
<b>Escoamento superficial</b> .....	<b>73</b>
<b>Informações sobre o sistema adotado</b> .....	<b>74</b>
Especificações dos materiais.....	74
Descrição dos serviços.....	76
<b>Custos - Telhado verde x Telhado convencional</b> .....	<b>77</b>
<b>SISTEMA DE VENTILAÇÃO NATURAL</b> .....	<b>80</b>
<b>SISTEMA DE ILUMINAÇÃO</b> .....	<b>86</b>
<b>SISTEMA DE COLETA DE ÁGUA</b> .....	<b>90</b>
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	<b>92</b>
<b>RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	<b>93</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>94</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil é uma prática eventualmente consumidora de recursos e na maioria das vezes causam um grande impacto ao meio ambiente, apesar buscar constantemente diminuir ou suprir os impactos desfavoráveis e enaltecer os impactos favoráveis. (CANTER; CARPENTER, 2001 apud PINHEIRO, 2003)

Conforme Colaço (2008, p.1):

Um dos desafios globais é a inter-relação entre o ambiente e os setores produtivos, o que conduziu a uma progressiva degradação do ambiente com consequências irreversíveis em alguns casos e catastróficas noutros. Os graves problemas ambientais são tão vastos e complexos que ultrapassaram os meros limites ecológicos. A degradação e o delapidar dos recursos naturais tem sido consequência do aumento meteórico da população mundial e das atividades econômicas que produzem contaminação planetária e o crescente exaurir dos recursos naturais. Como consequência, temos assistido às recentes mudanças climáticas, ao aumento dos lixos e desperdícios, à irreversível perda da biodiversidade, à deflorestação etc.

Atualmente a construção civil se encontra em uma situação favorável com relação à crescente de ganhos, reconhecimento dos profissionais e ampliação dos negócios. Contudo, como em toda área, as empresas devem manter-se alertas às reivindicações da sociedade em que está inserida. Questões ambientais vêm sendo cada vez mais preocupantes, tanto em países desenvolvidos como nos que não são, e a quantidade de resíduos ocasionados por construções, passou a ser alvo de discussões em diversos debates a respeito da sustentabilidade. Como é possível compreender, um comportamento consciente no processo da construção, além de acessível em relação às finanças, manifesta a responsabilidade da empresa com o cenário do meio ambiente unido à sociedade. (YEMAL; TEIXEIRA; NÄÄS, 2011)

A definição de desenvolvimento sustentável, alastrado desde a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, Rio-92, promove alterações no comportamento e na maneira como as pessoas se relacionam com o meio ambiente, da mesma maneira que na forma de elaborar, executar e ponderar políticas públicas de desenvolvimento. Na instrumentalização deste conceito surge, nas agendas de governo e da sociedade, a indispensabilidade de avaliar alternativas para estimar o crescimento e para certificar a existência de um processo explícito e interativo para o debate e as decisões finais a fim de alcançar o desenvolvimento sustentável (GUIMARÃES; FEICHAS, 2009).

De acordo com Pinheiro (2003), a construção sustentável relaciona-se à introdução da sustentabilidade nas práticas construtivas, sendo conceituada como a elaboração e consciência de logística do meio construído, apoiado nos princípios ecológicos e na utilização apropriada dos recursos.

Kibert (1994, apud PINHEIRO, 2003) afirma que a sustentabilidade na construção pode ser definida em seis princípios:

- Diminuir o uso de recursos;
- Aumentar o reaproveitamento de recursos;
- Usar recursos renováveis e recicláveis;
- Preservar o meio ambiental;
- Compor um espaço saudável e não tóxico;
- Estimular a qualidade ao formar o ambiente construído.

“Esses seis princípios começaram por ser a essência da operacionalização da perspectiva da construção sustentável e da identificação das áreas de desenvolvimento tecnológico. Contudo, a Construção Sustentável é, ainda hoje, um conceito novo para a Indústria da Construção. Mesmo o conceito de construção sustentável dispõe de múltiplas perspectivas e formas de a medir diferenciadas consoante as diferentes correntes.”(PINHEIRO, 2003)

Para Gonçalves (2006, apud PREDIGER, 2008), a temática sustentabilidade vem inspirando questionamentos dentro dos projetos de arquitetura moderna e conta com iniciativas e modelos nas diferentes situações urbanas e ambientais. Excedendo os pontos a respeito de preservação do meio ambiente e suas ligações com a eficácia energética, meios para construções e desenvolvimento da edificação, como materiais, energia, água, ventilação, são temas inclusos quando o assunto é minimização do impacto ambiental.

Assim, o estudo apresenta alternativas sustentáveis para aplicação na construção civil, visando minimizar o impacto ambiental causado, analisando o melhor desempenho dos sistemas sustentáveis possíveis de serem implementados no estudo de campo referente e custeando todo o processo para averiguar o custo-benefício e o tempo de retorno do investimento feito.

## JUSTIFICATIVA E PROBLEMA

Atualmente alguns dos principais problemas mundiais enfrentados são a falta de água, a poluição do ar e do solo, o desmatamento de florestas, a utilização de áreas verdes, entre outros. Segundo Luz (2017), “a geração de resíduos sólidos é habitual para os seres humanos, não é possível encontrar um modo de vida que não produza nenhum tipo de resíduos sólidos” (apud PEREIRA, 2019). Associado a estes, não podemos deixar de mencionar a contribuição da construção civil aos problemas ambientais.

Conforme Mesquita (2012):

No Brasil, a construção civil é responsável por cerca de 14% do PIB nacional. O setor também é um dos maiores consumidores de matérias-primas naturais. Estima-se que sejam utilizados entre 20% e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade. A indústria da construção civil também gera impactos no meio ambiente com a produção de resíduos, que se tornou um grande problema nas grandes cidades. O entulho chega a representar 60% dos resíduos sólidos urbanos produzidos.

Desta forma, a sustentabilidade aplicada à construção vem sendo muito falada e empregada em diferentes fases do processo construtivo. Já existem diversos materiais que não poluem tanto o meio ambiente como os convencionais, e diferentes tipos de sistemas que proporcionam satisfação e comodidade ao morador e colaboram para a reutilização de recursos naturais, evitando gastá-los em excesso.

Para Demetrio e Fernandes (2018):

Destaca-se, ainda, a necessidade de garantir qualidade de vida para todos aqueles que estão de alguma forma, envolvidos no empreendimento, podendo afirmar que o cuidado com a natureza, o conforto e a saúde das pessoas e dos animais que dividem o espaço, são os referenciais para se avaliar a sustentabilidade de uma edificação.

Dada à importância da sustentabilidade na construção, justifica-se a relevância da análise técnico-financeira de sistemas sustentáveis que podem ser empregados em casas de uso unifamiliar e que contribuem para o conforto térmico da residência, e principalmente para com a sociedade e o meio ambiente.

## OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo geral analisar as diferentes tecnologias sustentáveis disponíveis para a construção civil, as quais poderão ser adotadas à residência unifamiliar escolhida ao estudo de campo, buscando apresentar resultados técnico-financeiros para instalação destas.

### **Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos desse trabalho consistem nos seguintes tópicos:

- Realizar um levantamento de tecnologias sustentáveis disponíveis para utilização na construção civil, com possibilidade de aproveitamento destas em residência unifamiliar escolhida para o estudo de campo;
- Identificar os sistemas já existentes na residência unifamiliar, adaptando-os da melhor maneira para um melhor desempenho sustentável e ecológico;
- Dimensionar e averiguar a possibilidade e os benefícios da implantação de um telhado verde na residência unifamiliar;
- Aprofundar a análise físico-financeira do sistema de aquecimento solar e geração fotovoltaica, adequando-o para as necessidades da residência unifamiliar e
- Analisar os sistemas de iluminação, ventilação e coleta água existentes na residência, buscando identificar os benefícios e melhorias em seu desempenho.

### LIMITAÇÕES DO TRABALHO

O trabalho apresenta, através de um estudo de campo, uma avaliação sobre a instalação de tecnologias sustentáveis em uma residência unifamiliar já existente. Sendo assim, a abordagem do referencial teórico se dá por meio de pesquisas sobre alguns sistemas e materiais sustentáveis utilizados na construção civil, no Brasil. Alguns desses muito conhecidos, porém outros nem tanto, mas todos com eficiência na redução do impacto negativo ambiental, social e econômico.

Além disso, é apresentada uma análise sobre as diferentes tecnologias sustentáveis disponíveis para a construção civil, as quais podem ser adotadas à residência unifamiliar, escolhida ao estudo de campo, buscando apresentar resultados técnico-financeiros para instalação destas.

## ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho de conclusão de curso foi dividido de forma a facilitar o entendimento do tema proposto, como segue:

- Capítulo 1 - Introdução, justificativa e problema, objetivos gerais e específicos, limitações da pesquisa e a estrutura do trabalho.
- Capítulo 2 - Referencial teórico, que abrange uma pesquisa sobre sustentabilidade: implementação em residência unifamiliar, abordando sistemas e materiais que podem ser utilizados para uma construção sustentável e certificações da área.
- Capítulo 3 - Metodologia utilizada para a realização da pesquisa. É nesta parte que estão descritos tipo da pesquisa e métodos empregados para o desenvolvimento deste trabalho.
- Capítulo 4 - Resultados alcançados na pesquisa. Apresenta também as discussões feitas sobre os resultados obtidos no estudo sobre as diferentes tecnologias sustentáveis disponíveis para a construção civil, adotadas à residência unifamiliar escolhida ao estudo de campo.
- Capítulo 5 - Mostra as conclusões do estudo.
- Capítulo 6 - Apresenta as referências bibliográficas utilizadas para realizar e fundamentar este trabalho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### SUSTENTABILIDADE

Com o passar dos anos, meio ambiente vem sendo o tema de vários autores, com o objeto de estudo focado em sustentabilidade, devido a necessidade de manter a qualidade e a taxa de produção das diversas áreas de atuação da indústria mundial, mas sem afetar de forma violenta o meio ambiente.

De acordo com Barbosa (2008, p. 1):

A questão ambiental, no Brasil, se intensifica nos discursos e estudos no curso da década de 1960 após uma fase de intenso crescimento urbano. Com a crise do petróleo no final dos anos sessenta e início da década de setenta, a reflexão acerca do futuro, que se apresenta incerto, começa a ser exposta no pensamento político, social e filosófico levando ao questionamento da participação do homem no planeta.

Ainda segundo a autora, “Neste contexto, o conceito de “desenvolvimento sustentável” surge como um termo que expressa os anseios coletivos, tais como a democracia e a liberdade, muitas vezes colocadas como uma utopia”.

A Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento definiu “Desenvolvimento Sustentável” como: “o desenvolvimento que atende às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das futuras gerações atenderem às suas próprias necessidades”.

Segundo Satterthwaite (2004), citado por Barbosa (2008), “a resposta às necessidades humanas nas cidades com o mínimo ou nenhuma transferência dos custos da produção, consumo ou lixo para outras pessoas ou ecossistemas, hoje e no futuro”.

Para Camargo (2003), “o desenvolvimento sustentável é uma saída plausível para as complicações que o meio ambiente e a sociedade vêm enfrentando, não só no Brasil, mas mundialmente”

Não é esperável que todos tenham consciência da sua importância frente a questão ambiental e social do mundo. Entretanto, os inúmeros debates a respeito do conceito de “desenvolvimento sustentável” nos mostram que há possibilidade de potencializar sem causar a destruição do meio ambiente (BARBOSA, 2008).

O desenvolvimento sustentável é um processo de aprendizagem social de longo prazo, balizado por políticas públicas orientadas por um plano nacional de

desenvolvimento dentro e fora da região de maneira endógena. (BEZERRA e BURSZTYN, 2000).

### **Lei Nº 6.938 – Política Nacional do Meio Ambiente**

A Lei de Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), de 31 de agosto de 1981, foi um símbolo na história ambiental do país. Essa lei foi encarregada de incluir os aspectos ambientais no âmbito das políticas públicas. Modificou o olhar sobre a questão ambiental nas atividades brasileiras, ministrando um meio imprescindível para que o País evoluísse rumo ao Desenvolvimento Sustentável (FIORI; LARA; JARDIM, 2006).

A Lei Nº 6.938/81 apresenta os seguintes objetivos e princípios:

Art 2º - A Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, atendidos os seguintes princípios:

I - ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, considerando o meio ambiente como um patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido, tendo em vista o uso coletivo;

II - racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar;

III - planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais;

IV - proteção dos ecossistemas, com a preservação de áreas representativas;

V - controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras;

VI - incentivos ao estudo e à pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais;

VII - acompanhamento do estado da qualidade ambiental;

VIII - recuperação de áreas degradadas;

IX - proteção de áreas ameaçadas de degradação;

X - educação ambiental a todos os níveis de ensino, inclusive a educação da comunidade, objetivando capacitá-la para participação ativa na defesa do meio ambiente.

Art 4º - A Política Nacional do Meio Ambiente visará:

I - à compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico; [...]

IV - ao desenvolvimento de pesquisas e de tecnologias nacionais orientadas para o uso racional de recursos ambientais;

V - à difusão de tecnologias de manejo do meio ambiente, à divulgação de dados e informações ambientais e à formação de uma consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico;

VI - à preservação e restauração dos recursos ambientais com vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente, concorrendo para a manutenção do equilíbrio ecológico propício à vida.

Para Nogueira Neto, biólogo e bacharel em Direito, primeiro titular da Secretaria Especial do Meio Ambiente, SEMA, “a PNMA fez com que, pela primeira vez, decisões sobre a matéria fossem tomadas por meio de resoluções do CONAMA, órgão colegiado, que é resultado direto da Lei 6.938/81”. Nogueira ainda destacou que foi um enorme avanço para fazer com que o meio ambiente, “sucessivamente desrespeitado em nosso país”, um assunto de maior relevância. (FIORI; LARA; JARDIM, 2006)

Ainda de acordo com as autoras, para o deputado federal José Sarney Filho, filiado ao Partido Verde, ex-ministro do Meio Ambiente e atual Secretário do Meio Ambiente do Distrito Federal, a fundação do CONAMA foi um progresso grandioso.

“Isso foi muito importante, pois o planejamento ambiental começou a fazer parte da elaboração das políticas públicas, embora sem a força que nós desejaríamos que ele tivesse. Mas, deixou de ser apenas consequência das políticas públicas”, expressa o deputado federal.

Dentre todas as opiniões de grandes nomes entrevistados pelas autoras, todos ressaltaram a relevância da Lei ao trazer atenção ao âmbito ambiental do País.

## **Agenda 21**

“A Agenda 21 pode ser definida como um instrumento de planejamento para a construção de sociedades sustentáveis, em diferentes bases geográficas, que concilia métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica”. (BRASIL, 2019)

Além da Agenda 21 Global, há também a Agenda 21 Brasil que é um meio de planejamento interativo para a sustentabilidade do país, consequência de ampla

pesquisa ao povo brasileiro. Foi conduzido pela Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e pela Agenda 21 (CPDS); desenvolvido de acordo com as guias da Agenda 21 Global; e levado à comunidade em 2002. (BRASIL, 2019)

E por fim a Agenda 21 Local, segundo o Ministério do Meio Ambiente:

É o processo de planejamento participativo de um determinado território que envolve a implantação, ali, de um Fórum de Agenda 21. Composto por governo e sociedade civil, o Fórum é responsável pela construção de um Plano Local de Desenvolvimento Sustentável, que estrutura as prioridades locais por meio de projetos e ações de curto, médio e longo prazos. No Fórum são também definidos os meios de implementação e as responsabilidades do governo e dos demais setores da sociedade local na implementação, acompanhamento e revisão desses projetos e ações.

### **Construção civil sustentável**

As estimativas divergem entre os países, porém, representando simplificada a situação, a construção civil e seus materiais utilizam cerca de 40% da energia e recursos da natureza e produz 40% dos resíduos gerados pelo agrupamento das demais práticas humanas. (SJÖSTRÖM, 2000, apud JOHN 2001).

Os edifícios e obras civis alteram a natureza, função e aparência de áreas urbanas e rurais, suas atividades de construção, reparo, manutenção e demolição consomem recursos e geram resíduos em proporções que em muito superam a maioria das outras atividades econômicas. (BAETA, 2006)

Não é possível, portanto, alcançar o desenvolvimento sustentável sem que haja construção sustentável. (SILVA, V., 2003). De acordo com Plessis (2001), “Uma construção mais sustentável necessita da escolha apropriada de elementos e matérias-primas, as quais podem ser determinadas como a seleção de artefatos que, associada com a descrição adequada de projetos, ocasionam danos menores ao meio ambiente e melhor vantagem a sociedade, considerando as limitações da viabilidade econômica, para cada circunstância.”

É frequentemente utilizado o termo “Construções Verdes” para indicar iniciativas de realizar construções mais eficientes quanto ao uso de materiais, ao consumo de energia, a oferta de conforto aos seus usuários, maior vida útil e quanto a formas de reciclagem ao fim do seu ciclo de vida. Esse termo tem maior ligação com a sustentabilidade em países desenvolvidos. Nesses países dos três eixos da

sustentabilidade: econômico, social e ambiental é o ambiental que apresenta mais enfoque. Por outro lado, em países em desenvolvimento os três fatores são de suma importância, cabendo então, o termo “Construções Sustentáveis” como melhor conceito. (SILVA, V., 2003).

Citado por Silva, V.(2003) e definido por BRE-CAR-ECLIPSE (2002), construção sustentável tem o seguinte comprometimento:

Sustentabilidade econômica: aumentar a lucratividade e crescimento através do uso mais eficiente de recursos, incluindo mão de obra, materiais, água e energia.

Sustentabilidade ambiental: evitar efeitos perigosos e potencialmente irreversíveis no ambiente através de uso cuidadoso de recursos naturais, minimização de resíduos, e proteção e, quando possível, melhoria do ambiente. -

Sustentabilidade social: responder às necessidades de pessoas e grupos sociais envolvidos em qualquer estágio do processo de construção (do planejamento a demolição), provendo alta satisfação do cliente e do usuário, e trabalhando estreitamente com clientes, fornecedores, funcionários e comunidades locais.

Gráfico 1– Diagrama representativo dos aspectos sustentáveis



Fonte: Adaptado - Revista Visões 4ª Edição, 2008.

## IMPLEMENTAÇÃO EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

São enormes as vantagens que o foco na sustentabilidade emprega ao meio ambiente quando os projetistas entendem esta necessidade e o colocam nos seus projetos. Tanto na seleção de materiais e produtos, como na qualidade do ar com uso de ventilação natural proporcionando também conforto térmico, como adotando outros sistemas que garantem iluminação e uso da água minimizando o impacto ambiental que causaria normalmente. (VALENTE, 2009)

Para a implantação dos sistemas sustentáveis é necessário um estudo preliminar da localização e do envolvimento da residência, o conhecimento da necessidade e da disponibilidade do local para receber determinada tecnologia e também o planejamento futuro do proprietário perante o imóvel. No quadro abaixo é apresentado um planejamento de estudo preliminar para implantação de tecnologias sustentáveis em um projeto, segundo Yudelson (2007).

Quadro 1 – Desenvolvimento de novas tecnologias sustentáveis

<b>Gestão da obra</b>	Análise do local; Aplicação do ciclo de vida da obra; Diretrizes de projeto e de materiais; Projeto de arquitetura, paisagismo e planejamento sustentável; Logística de materiais e recursos em geral.
<b>Aproveitamento dos recursos naturais</b>	Aproveitar os recursos naturais que atuar diretamente sobre a obra, como sol, vento, vegetação, para obter iluminação, conforto termo-acústico e climatização natural.
<b>Eficiência energética</b>	Conservação e economia de energia, geração de própria energia consumindo fontes renováveis como solar e eólica, controlando o calor gerado no ambiente construído e no seu entorno.
<b>Gestão e economia da água</b>	Uso de sistemas que permitam a redução no consumo da água, aproveitando as fontes disponíveis, tratando águas cinzas e utilizando água de chuva, para reaproveitá-las na edificação, tratando os efluentes.
<b>Gestão dos resíduos da edificação</b>	Criar área para disposição de resíduos no edifício, incentivando a reciclagem.
<b>Qualidade do ar e do ambiente interior</b>	Criação de um ambiente interior saudável aos ocupantes, identificando poluentes internos na edificação e controlando sua entrada, garantindo a saúde dos seus ocupantes.
<b>Conforto termo-acústico</b>	Promover a sensação de bem estar quanto a temperatura e sonoridade, através de recursos naturais, elementos de projeto, vedação, paisagismo, climatização, dispositivos eletrônicos e artificiais de baixo impacto ambiental.

Fonte: Yudelson, 2007.

## SISTEMAS SUSTENTÁVEIS

### Captação de Água da Chuva

Através de Campos e Azevedo (2013), e segundo dados disponibilizados pela Organização das Nações Unidas:

1,7 bilhões de pessoas não tem acesso à água potável equivalente a 18% da população mundial;  
2,2 milhões morrem a cada ano por causa de doenças de veiculação hídrica;  
Até 2025, se for mantido padrão de consumo e os altos índices de poluição, dois terços da população do planeta poderá sofrer escassez moderada ou grave de água; A previsão para 2050 é que apenas um quarto da humanidade terá água para satisfazer suas necessidades básicas.

De modo geral por toda história, ressaltam-se dois importantes motivos para utilizar o sistema de captação e de reaproveitamento de água da chuva: locais de grande pluviosidade (precaução para diminuição de cheias), e locais de carência de água, onde o propósito é conservar a água das épocas de grandes chuvas para certificar a sobrevivência no período de estiagem. (COLLA, 2008, p. 10)

Telles e Costa (2007, p. 251) definiram o uso racional da água como uma junção de atos com o propósito de diminuir o uso de água sem prejudicar a evolução das tarefas produtivas, tornando esse recurso mais eficiente por conta da diminuição de desperdícios e reutilização dos resíduos tratados.

Citado por Minikowski e Maia (2009, p. 182), para Viola *et al.* (2007):

O aproveitamento de água da chuva apresenta outros aspectos positivos, como: aproveitamento de uma nova fonte de água, esta, livre de cobrança, com um consumo energético muito menor; aumento da segurança hídrica descentralizada e da autossuficiência local, encorajando, ao mesmo tempo, a operação e manutenção nas famílias e comunidade.

A captação e o reuso das águas de chuva nas áreas urbanas, também minimiza o escoamento das águas pluviais nas zonas impermeáveis dos conglomerados habitacionais, além de evitar o uso da água potável para finalidades menos exigentes, em termos de qualidade, tais como: lavagens de piso, calçadas, jardins, carros, hortas e sanitários. (BOULOMYTIS, 2007)

Racionalizar a água está diretamente relacionado à sustentabilidade, pois assim faz a economia de um dos maiores recursos disponibilizados pela natureza e essencial para a existência do ser vivo.

Para Palhares (2016), independente das proporções e do objetivo, o sistema de aproveitamento da água da chuva é formado por seis elementos básicos:

Superfície de captação: área pela qual a água da chuva escorre;  
Calhas: necessárias para a condução da água para a cisterna;  
Telas e sistema de descarte da primeira chuva: para retirada de folhas, galhos e detritos, evitando a entrada desses na cisterna;  
Cisternas: local onde a água é armazenada;  
Sistema de tratamento: dependendo do tipo de uso será necessária a utilização de tecnologias de tratamento para ter água na qualidade desejada.

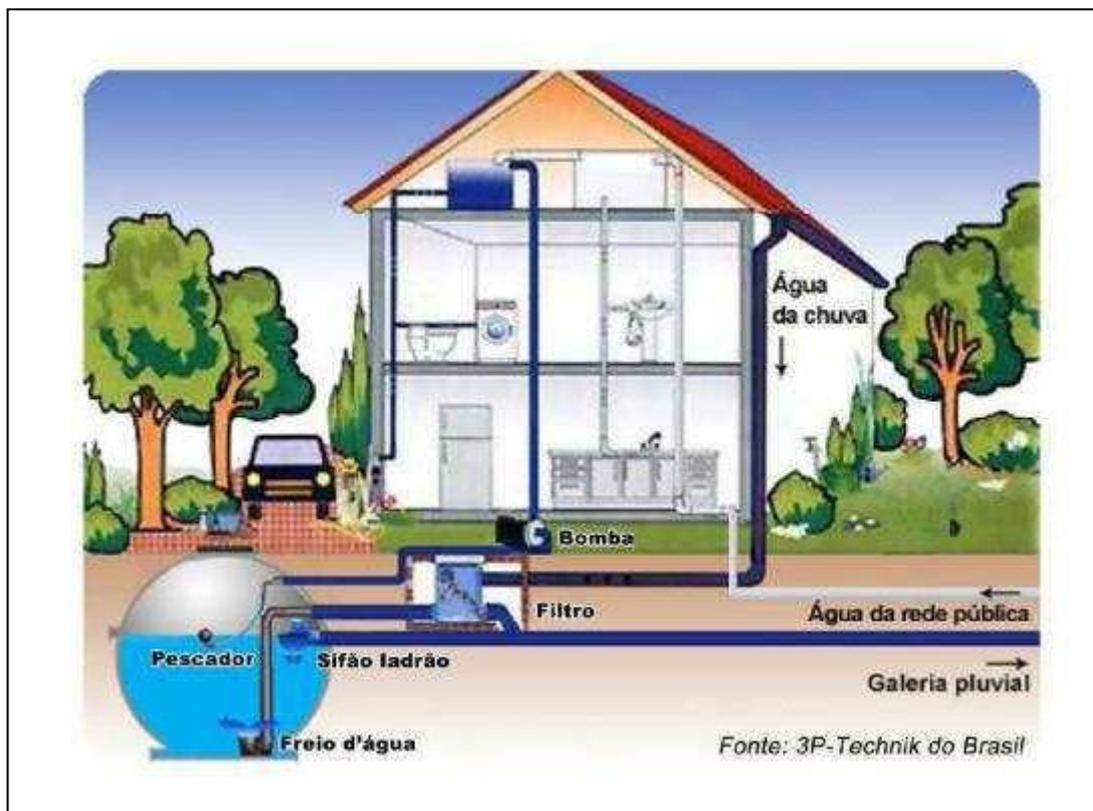
De acordo com Andrade Neto (2003, p. 1):

Cisternas são tanques construídos para armazenar imediatamente as águas de chuva captadas em uma superfície próxima. No meio rural, são empregadas para atender às necessidades dos usos domésticos da água, que deve ter qualidade compatível com os padrões de potabilidade (água de beber).

“Já o tamanho da cisterna é definido pelas variáveis: precipitação local, demanda para os diversos usos, duração do período seco, área de superfície de captação, estética, preferências pessoais e orçamento disponível”. (PALHARES, 2016)

Segundo o autor “elas podem estar sobre o solo, enterradas, semienterradas ou elevadas e ter diversas formas: retangular, quadrada, cilíndrica ou cônica. Dependendo da pressão [...] a estabilidade do solo deve ser avaliada”.

Figura 1 – Exemplificação do funcionamento de captação de água da chuva com cisterna enterrada



Fonte: Valente, 2009.

“Os materiais mais utilizados na construção de cisternas são: vinimanta de PVC, manta de PEAD, fibra de vidro, alvenaria, ferro cimento ou concreto armado.” (PALHARES, 2016)

Quadro 2 – Materiais para cisterna, suas características e cuidados.

Material	Características	Cuidados
Plástico Galão Fibra  Polietileno/Polipropileno	Disponível no comércio e de baixo custo  Disponível no comércio, modificável e móvel  Disponível no comércio, modificável e móvel	Utilizar somente novos  Deve estar assentada em piso liso, contínuo e ao nível do chão  Degradável pelos raios ultravioleta. Deve ser pintado ou colorido
Metal Tambores de aço  Tanques galvanizados	Disponível no comércio, modificável e móvel  Disponível no comércio, modificável e móvel	Verificar se foi utilizado para produtos tóxicos. Susceptíveis à corrosão e ferrugem  Susceptíveis à corrosão e ferrugem
Concreto e Alvenaria Ferrocimento e Blocos de concreto	Durável e imóvel	Potencial para rachaduras e falhas
Madeira	Estética atrativa, durável e móvel	Alto custo

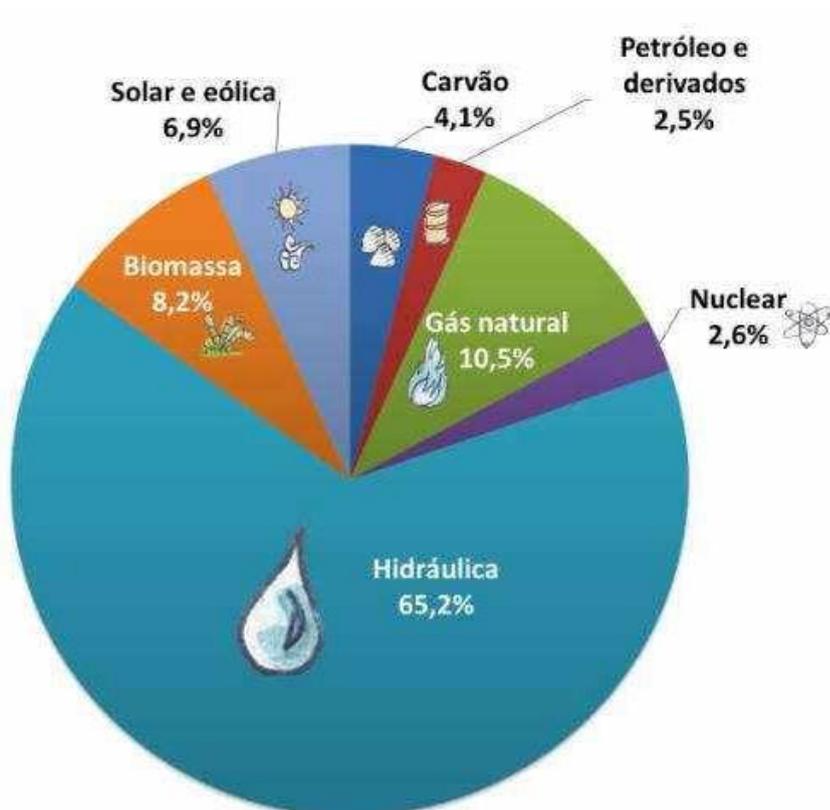
Fonte: Palhares, 2016.

### Captação de Luz Solar

As fontes de energia mais utilizadas em território nacional são o petróleo e as hidroelétricas, ambas fontes com intenso impacto ambiental, o uso de energia está se tornando mais limitado a cada dia, implicando prioridades e uma máxima eficácia na sua utilização (BERNARDO, 2008, p.10). De acordo com o Portal Biosistemas Brasil (2018) “ as hidrelétricas são responsáveis por produzirem cerca de 70% da energia disponível para consumo no Brasil”.

No gráfico a seguir está representada a matriz elétrica brasileira do ano de 2017.

Gráfico 2 – Matriz elétrica brasileira de 2017



Fonte: Bem, 2018.

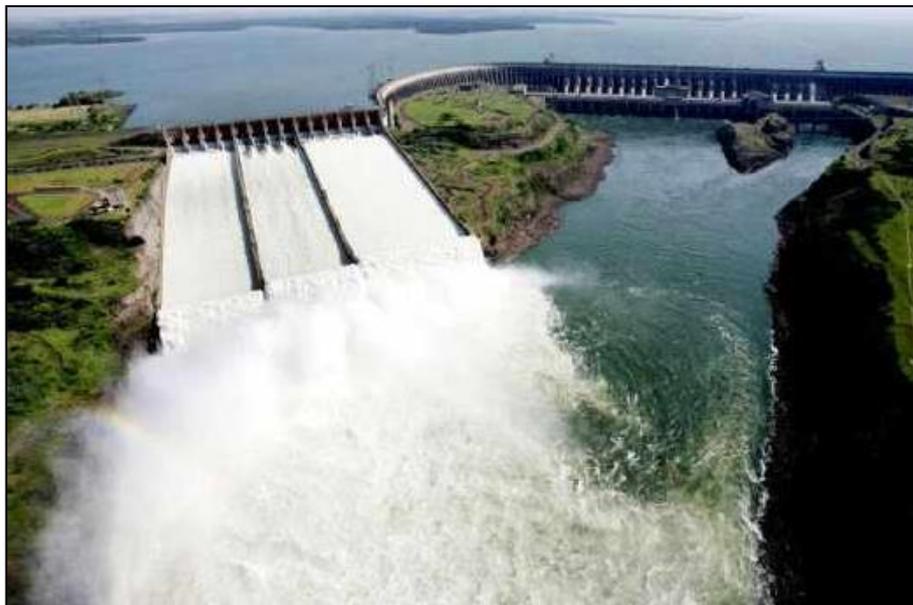
Segundo o Portal eCycle:

Apesar da energia hidrelétrica ser uma fonte de energia renovável, o relatório da Aneel, aponta que sua participação na matriz elétrica mundial é pequena e está se tornando ainda menor. O desinteresse crescente seria um resultado às externalidades negativas decorrentes da implantação de empreendimentos de tal porte.

Para PAQUETE (2011), através do site Superinteressante:

É um estrago e tanto. Na área que recebe o grande lago que serve de reservatório da hidrelétrica, a natureza se transforma: o clima muda, espécies de peixes desaparecem, animais fogem para refúgios secos, árvores viram madeira podre debaixo da inundação... E isso fora o impacto social: milhares de pessoas deixam suas casas e têm de recomeçar sua vida do zero num outro lugar.

Figura 2 – Usina Hidrelétrica de Itaipu - Maior usina hidrelétrica do Brasil



Fonte: Caio Coronel.

Segundo KRUSE (2017), as usinas termelétricas, que funcionam através da queima de combustíveis, atingem principalmente o ar e a água. O ar, pois, liberam uma fumaça com gases (gás carbônico) que contribuem com o efeito estufa e outros com a chuva ácida, e também partículas que atacam as vias respiratórias, podendo ocasionar graves doenças aos seres humanos. Já a água é utilizada para resfriar as caldeiras e é devolvida para o rio, mar ou lago em questão, o que chamamos de Poluição Térmica.

Para a química, FOGAÇA:

A principal consequência da poluição térmica das águas é que a solubilidade do oxigênio molecular ( $O_2$ ) em água diminui. [...] Assim, o aumento da temperatura das águas diminui a quantidade de oxigênio dissolvido, o que prejudica a respiração de peixes e de outros animais aquáticos, podendo levá-los à morte.

Figura 3 – Usina Termoeletrica Porto de Sergipe I, na cidade de Barra dos Coqueiros



Fonte: Divulgação.

Segundo o Superinteressante e a respeito das usinas, o engenheiro Gilberto Jannuzzi, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) afirma que:

Toda extração de energia da natureza traz algum impacto. Mesmo a energia eólica (que usa a força do vento), que até parece inofensiva,  problemática. Quem vive embaixo das enormes hélices que geram energia sofre com o barulho, a vibração e a poluição visual, além de o sistema perturbar o fluxo migratório de aves, como acontece na Espanha.

### *Placas Fotovoltaicas*

“A fonte solar fotovoltaica chama atenção por possuir vantagens que sobressaem suas desvantagens, tornando assim a mais recomendada para investimentos que visam atender aspectos socioambientais.” (SILVA , L.; SHAYANI; OLIVEIRA, 2018)

Figura 4 – Placas solares instaladas no Porto Belo Outlet Premium.



Fonte: Autores, 2019.

Ainda de acordo com os autores, a fonte solar fotovoltaica também causa certo impacto ao meio ambiente. Este impacto ocorre no processo de produção das células fotovoltaicas, um dispositivo elétrico que converte a energia da luz do Sol diretamente em energia elétrica através do efeito fotovoltaico, porém se controlado pela empresa para se adequar aos padrões estabelecidos, pode ser visto como uma vantagem desse sistema.

Segundo a Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica, ABINEE (2012), as células fotovoltaicas atuam da seguinte maneira:

1. Fótons da luz do sol atingem o módulo solar e são absorvidos por materiais semicondutores, como o silício.
2. Elétrons são liberados das bandas de valência para bandas de condução (dentro do próprio material semicondutor), resultando no desenvolvimento de tensão elétrica entre dois elétrodos e fluindo através dos terminais elétricos conectados ao material, produzindo eletricidade. Devido à composição especial de células solares, os elétrons se movem num único sentido.
3. Num módulo fotovoltaico, uma sequência de células solares conectadas em série (e certos casos também em paralelo, para aumentar a corrente) converte a energia solar numa quantidade útil de eletricidade.

“Nos centros urbanos, os sistemas fotovoltaicos poderão ser utilizados em áreas já ocupadas, telhados de residências, coberturas de estacionamentos e coberturas de edifícios, como unidades de geração distribuída”. (ABINEE, 2012)

Figura 5– Esquema explicativo de como ocorre o funcionamento das placas fotovoltaicas em residência unifamiliar



Fonte: STAL Engenharia elétrica.

### *Aquecimento Solar*

Sobre a energia solar e suas funcionalidades pode-se afirmar que:

De todas as fontes alternativas de energia estudadas [...] a que mais tem merecido destaque é a energia solar, por ser uma fonte renovável, limpa e não poluente, disponível em qualquer localidade da Terra. De uma forma geral, todas essas fontes de energia podem ser resumidas apenas em solar e geotérmica, visto que todas as demais fontes são formas indiretas da energia solar. De todas as possibilidades de uso da energia solar, a que tem se evidenciado como uma das mais viáveis é o aquecimento de água para fins residenciais e industriais, sendo sua aplicação a mais difundida e utilizada em todo o mundo, principalmente na França, Estados Unidos, Israel, Índia, Canadá, dentre outros. No Brasil, por ser um país tropical, esta fonte de energia encontra-se de forma bastante abundante em todo o território nacional [...]. (SOUZA; BEZERRA, 2000)

Ainda de acordo com os autores, o aproveitamento térmico para aquecimento de água é realizado por meio da utilização de coletores ou concentradores solares. Para instalações residenciais e comerciais com o objetivo de aquecimento de água para higiene pessoal e outros usos do dia-a-dia, usam-se os coletores, já para gerar

maiores temperaturas, usa-se os concentradores, que inclusive utilizam de um gerador de corrente elétrica.

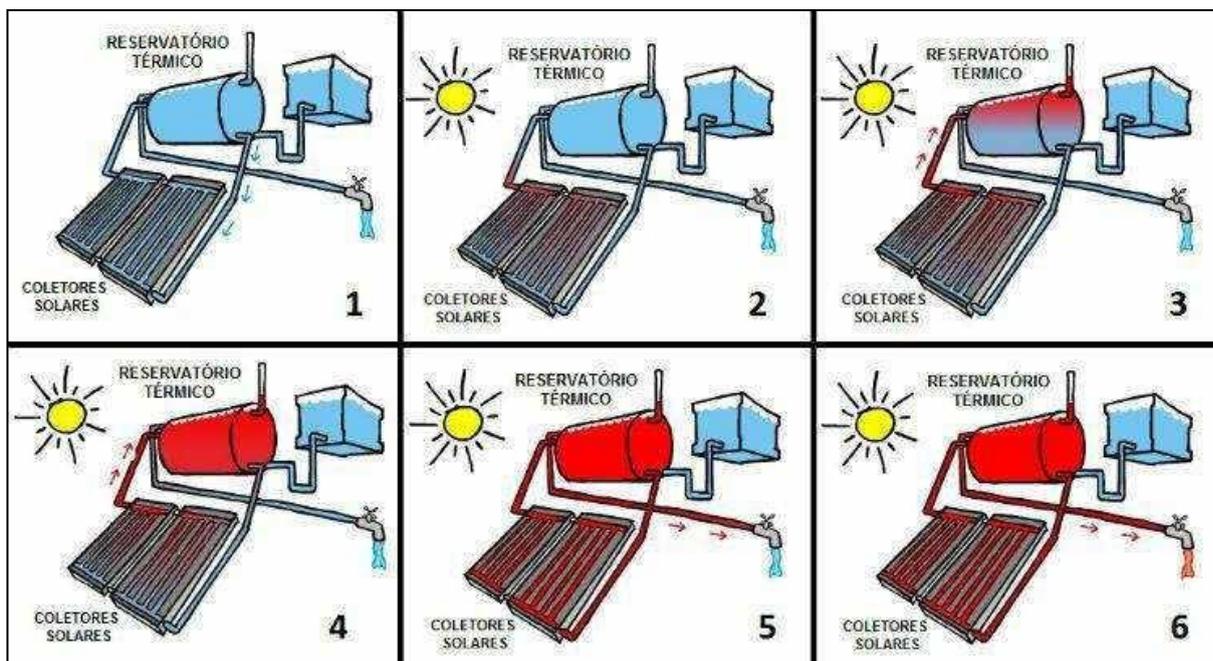
Figura 6– Coletor solar com um reservatório de 200 litros de capacidade



Fonte: Domiciano Correa Marques da Silva.

Os coletores solares podem ser divididos entre baixa, média e alta concentração, conforme o nível de temperatura desejado. Os coletores geralmente usados para essa finalidade são os de placa plana, representados na figura 7, elas são absorvedoras e são pintadas de preto fosco ou de uma tinta exclusiva. Caso o objetivo seja aquecimento de fluidos, deve-se implantar tubos absorvedores, para o ar não há necessidade. A parte superior do coletor é tampada com uma ou duas (de acordo com a temperatura desejada) placas de vidro plana. O seu desempenho fundamenta-se na absorção de radiação solar pela placa, que converte essa radiação em calor e o concede ao fluido em questão (SOUZA; BEZERRA, 2000).

Figura 7 – Funcionamento do sistema de aquecimento solar por coletores



Fonte: Soletrol.

Mogawer e Souza (2004) afirmam que:

O coletor é instalado normalmente no teto das residências e edificações e, por isso, é também conhecido como teto solar. Devido à baixa densidade da energia solar que incide sobre a superfície terrestre, o atendimento de uma única residência pode requerer a instalação de vários metros quadrados de coletores, para o suprimento de água quente para uma residência típica. Segundo informações da Associação Brasileira de Refrigeração, Ar Condicionado, Ventilação e Aquecimento [ABRAVA, 2000], existiam até recentemente cerca de 250.000 coletores solares residenciais instalados no Brasil, o que correspondia a somente 0,6% dos cerca de 40 milhões de domicílios brasileiros. Somente com aquecimento doméstico de água para banho, são gastos anualmente cerca de 20 bilhões de kWh de energia elétrica, os quais poderiam ser supridos com energia solar, com enormes vantagens socioeconômicas e ambientais. Mais grave ainda é o fato de que quase toda essa energia deve ser gerada em poucas horas do dia (basicamente entre 18h e 20h), o que significa sobrecarga no sistema.

Por empregar pouca ou muitas vezes prescindir o uso da energia elétrica para o aquecimento da água, o esquema é econômico, além sustentável por não causar resquícios para além das placas e não provocar danos ao meio ambiente. É também promissor no Brasil e no mundo, pois promove impactos ambientais mínimos e reduz a emissão de carbono ao ar por optar por um método de captação de água quente a partir da redução da demanda de energia elétrica (ECYCLE).

## Ventilação Natural

O conforto térmico é essencial para a comodidade do usufruidor da edificação. No momento em que um edifício não atinge a capacidade térmica mínima indicada pela norma de desempenho, ele não propicia conforto em seu interior e interfere imediatamente no uso energético. Deste modo, os moradores inclinam-se a adotar medidas para fazer com que o ambiente se torne mais confortável como, por exemplo, utilizando máquinas de condicionar o ar (SANTO, ALVAREZ e NICO-RODRIGUES, 2013).

Neste caso, a temática do comportamento térmico com uso de ventilação natural para edifícios é relevante, visto que estas edificações retratam grande capacidade de minimização no uso de energia associado a meios internos com percentuais altos no quesito satisfação dos ocupantes (GONÇALVES, BODE, 2015).

“A ventilação natural é o fenômeno da movimentação do ar no interior da edificação ou em ambientes externos sem a indução de nenhum sistema mecânico” (PALLADINO; TEIXEIRA, 2016).

A ventilação natural é causada pela diferença de pressão do ar, que pode ocorrer por ações dos ventos e pela diferença de densidade do ar, devido à diferença de temperatura. Consistem no fluxo de ar intencional por meio das janelas, portas e outros tipos de aberturas. A ventilação forçada ou mecânica é ocasionada pelo uso de equipamentos como ventiladores, insufladores e exaustores. A infiltração consiste no fluxo de ar do exterior para o interior do ambiente por meio das frestas e outras aberturas não intencionais, podendo ocorrer por diferença de pressão por meios naturais ou artificiais. (AMERICAN..., 2001, apud NICO-RODRIGUES, 2015, p. 65)

Para Lamberts *et al.* (2007), referente a finalidade desse tipo de ventilação:

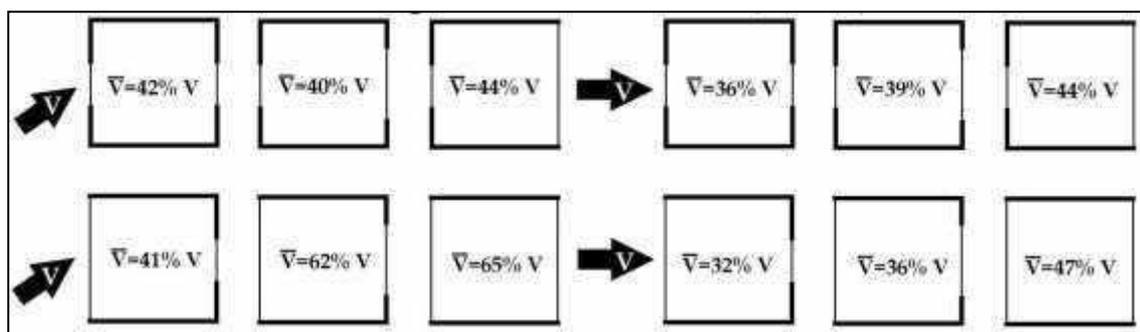
Os principais objetivos da ventilação natural nas edificações é evitar gastos com energia através do uso de aparelhos condicionadores de ar e criar ambientes mais saudáveis e com boa circulação de ar. Isto pode ser obtido através da ventilação cruzada nos ambientes, efeito chaminé por meio de aberturas em diferentes alturas, uso de elementos como pátios dentro do projeto.

### *Ventilação cruzada*

A ventilação cruzada é uma das técnicas utilizadas para alcançar os benefícios da ventilação natural. É muito eficiente pois possibilitam o fluxo de ar no interior da edificação. A importância das medidas das aberturas foi argumentada por Baruch

Givoni em 1969 e reportado por Bittencourt e Cândido (2006), explicando que aberturas maiores a sota-vento provocam índices superiores de ventilação de que as posicionadas a barlavento. Destaca-se que na condição inversa, isto é, no caso onde as aberturas maiores estão à barlavento, os índices de fluxo de ar são menores, proporcionando uma disposição de maior regularidade da velocidade do vento no interior do ambiente (apud NICO-RODRIGUES, 2015, p. 68).

Figura 8 – Velocidade média dentro da edificação com abertura de entrada e saída nos ângulos de 45 e 90°



Fonte: Bittencourt e Candido, 2006.

Segundo Bittencourt e Candido (2010) e mencionado por Nico-Rodriguez (2015, p. 68-69), há elementos arquitetônicos essenciais caso seja necessário conduzir, deslocar ou filtrar a ventilação natural para dentro do local. “Dentre os elementos habitualmente utilizados, destacam-se os beirais, platibandas, muros e vegetação, destacando-se ainda os componentes das janelas, tais como as venezianas e proteções solares” , comenta Nico-Rodriguez (2015). Outro ponto relevante, é as posições e proporções das aberturas serem iguais, pois no caso de abertura de mesmo tamanho frente a frente, a velocidade do vento aumenta e conseqüentemente a ventilação se torna menos eficaz.

“Além disso, se a incidência do vento é oblíqua à abertura, o dispositivo vertical pode funcionar como direcionador e captador de vento, aumentando a circulação do ar em ambientes de ventilação cruzada” (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2010, apud NICO-RODRIGUEZ, 2015, p. 69)

Figura 9 – Vista isométrica frontal de residência unifamiliar com a técnica de ventilação natural cruzada



Fonte: Soares, Adams e Ullmann, 2016.

Figura 10 – Vista isométrica posterior de residência unifamiliar com a técnica de ventilação natural cruzada



Fonte: Soares, Adams e Ullmann, 2016.

### Telhado verde

O processo de urbanização consiste, na construção civil, na implementação de infraestruturas a essa cidade, como obras de edifícios, abastecimento de água, rede elétrica, asfaltamento, rede de esgoto, construções de escolas, hospitais e muitos outros. Essas alterações causam danos terrestres, aquáticos e climáticos ao meio ambiente.

“Ocorre a formação do efeito conhecido como ilha de calor urbano como resultado da substituição de áreas verdes por superfícies compostas de concreto e asfalto” (TASSI et al. 2014). Essas extensões absorvem e conservam calor durante um tempo maior que as áreas verdes ocasionando um aumento de temperatura na cidade. A impermeabilização de superfícies na área urbana faz com que a infiltração das águas no solo e os níveis de evapotranspiração (evaporação da água pela superfície juntamente com a transpiração das plantas) diminuam, que o rumo natural de escoamento seja extinto e causa acréscimo nas vazões e volume das águas da chuva que são escoadas rapidamente (ROCHA; SOUZA, 2011). Neste contexto, criou-se o conceito de Desenvolvimento de Baixo Impacto (DBI), que tem o enfoque em gestão das águas pluviais, procurando mimetizar o ciclo da água na área urbana. Diante dessa situação, o telhado verde vem sendo visto como uma solução (TASSI et al. 2014).

Assim a implementação do telhado verde além de função estética, visa atender estes dois problemas que a urbanização nos resultou: calor excessivo no ambiente por conta dos asfaltos e concretos utilizados em obras e construções e as frequentes enchentes causadas pela ampliação de zonas impermeáveis e impactos ocasionados por bloqueios de pontes e aterros. Podendo também ser usado para coleta de água da chuva para as cisternas, tópico muito importante enquanto o assunto é sustentabilidade.

O telhado verde resume-se à disposição de vegetação sobre a cobertura de edificações comerciais ou residenciais que possuam tratamento adequado em relação à impermeabilização, sistema de drenagem e estrutura para instalação, contribuindo para a efetividade dessa cobertura (ALBERTO et al., 2013). A NRCA (National Roofing Contractors Association – “Associação Nacional de Construtores de Cobertura”) conceitua como um sistema de cobertura verde, “a vegetação aplicada em um substrato colocado em qualquer nível impermeabilizado da estrutura fabricada”

Figura 11 – Residência unifamiliar com cobertura verde



Fonte: Ecotelhado, 2006.

Conforme Schunk et al. (2003, apud BALDESSAR, 2012, p. 38):

O plantio em telhados é usado principalmente em telhados planos. No entanto, também é possível explorar esta técnica em telhados inclinados, desde que medidas adequadas sejam tomadas para garantir a cobertura do telhado, ou seja, para que a vegetação não escorregue junto com o substrato. As técnicas para a contenção da vegetação e do seu substrato irão variar conforme a inclinação desta cobertura e do local onde ela está inserida em decorrência dos dados climáticos. Havendo aumento na inclinação do telhado, estes se tornam menos econômicos e a aparência do plantio menos natural.

Os telhados verdes são constituídos por diversas camadas, de acordo com sua estrutura e necessidade. Oliveira (2009, p. 27) separou e definiu estas camadas da seguinte maneira:

- Laje: componente estrutural onde devem ser ponderadas os carregamentos permanentes e acidentais;
- Camada impermeabilizante: protege a laje de infiltrações;
- Isolante térmico: aplicado conforme a incidência de energia solar que é absorvida;

- Camada drenante: tem como propósito dar vazão a quantidade de água excedida no solo, pode ser formada de argila expandida, brita ou seixos de diâmetros similares. Suas dimensões podem alternar entre 7 a 10 cm.
- Camada filtrante: impede que as águas pluviais e das irrigações carreguem as partículas de solo do teto verde, utiliza-se geralmente um tecido permeável.
- Solo: superfície orgânico que deve dispor de boa drenagem, preferencialmente terra não argilosa que detenha um bom conjunto mineral de nutrientes para o sucedimento das plantas. A espessura varia em conformidade com a dimensão das plantas.
- Vegetação: para a sua seleção há necessidade de conhecer o clima local, o tipo de substrato a ser empregado e de manutenção que será utilizada no telhado verde.

Figura 12 – Camadas do telhado verde



Fonte: Adaptado - Ecotelhado, 2016.

Conforme a espessura do substrato e do tipo da camada de vegetação, são classificados como telhados vivos extensivos ou intensivos, Laar et al. (2001) afirmam que os telhados intensivos se diferenciam pela espessura, a qual deve ser maior de 20 cm de solo ou substrato. Além disso, caracterizam-se pela utilização de plantas que requerem um consumo mais elevado de água, adubo e manutenção geral. As classes habitualmente usadas são as gramíneas, floríferas e pequenos arbustos (plantas C3 e C4). Já os telhados extensivos caracterizam-se pelo uso de plantas com

alta resistência à seca, se fazendo desnecessárias manutenções, e pela espessura de solo inferior a 20 cm. As espécies comumente utilizadas são as crassuláceas (cactáceas, bromeliáceas e outras suculentas), as quais possuem mecanismo fotossintético CAM, com baixa taxa de crescimento. Diante disso, pode-se usar camadas de substratos mais reduzidas e leves, minimizando os custos da execução.

Quadro 3 – Características dos telhados vivos extensivos e intensivos

Itens	Telhado Verde Extensivo	Telhado Verde Intensivo
Manutenção	Baixa	Alta
Irrigação	Não	Regularmente
Plantas	Sedum, ervas e gramíneas.	Gramado, arbustos e árvores.
Altura do substrato	6 – 20 cm	15 – 40 cm
Peso	60 – 150 kg/m <sup>2</sup>	180 – 500 kg/m <sup>2</sup>
Custo	Baixo	Alto
Uso	Jardim, gramado	Parque, arvores e arbustos.

Fonte: Adaptado - Galdino, 2016.

Para Rivero (1998, apud OLIVEIRA, 2009, p. 34), a vegetação nos promove infinitas perspectivas, capaz de fornecer a harmonia do ambiente, como o formato e a orientação das edificações, além de serem componentes fixos ou móveis na arquitetura, que tem como intuito fundamental o controle da radiação solar, buscando minimizá-la no dias mais quentes e otimizá-la nos dias mais frios. O teto verde causa o esfriamento do ambiente abaixo da cobertura, no verão, provocado pela evapotranspiração do plantio, conseqüentemente economizando energia elétrica nos países tropicais, aumento do isolamento térmico e atenuação do efeito da ilha de calor.

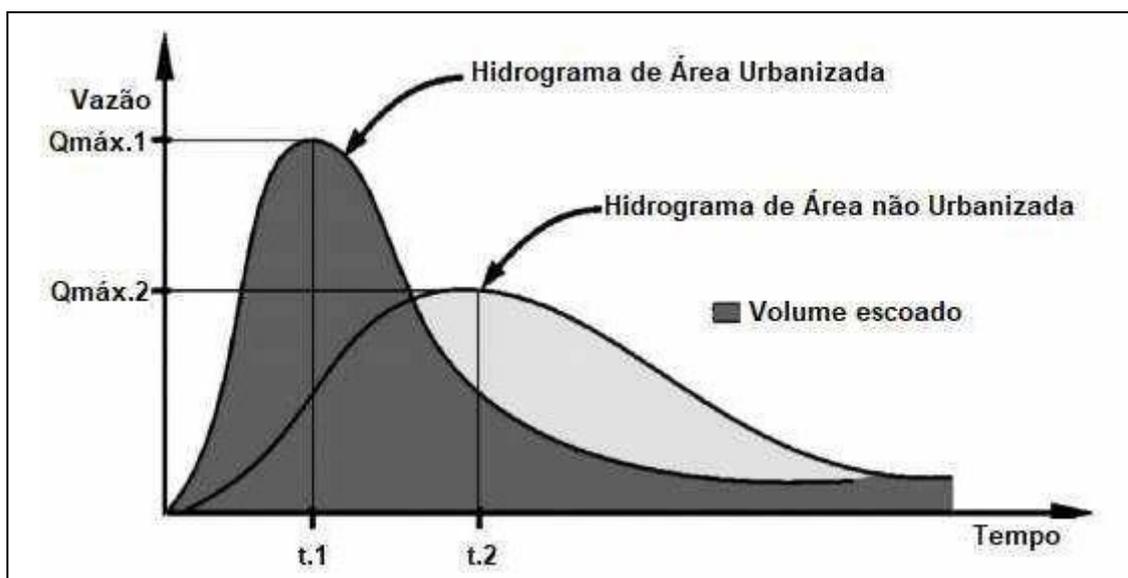
Santos et al. (2013) definem a situação hidrológica da seguinte maneira:

O problema se caracteriza pela redução da infiltração da água pluvial no solo devido ao aumento de áreas impermeabilizadas. Conseqüentemente ocorre diminuição das taxas de recarga para os aquíferos e diminuição do escoamento de base. O escoamento superficial é, então, intensificado, resultando no aumento da frequência e da magnitude dos picos do hidrograma de escoamento, levando à ocorrência de enchentes e frequentemente de inundações, tendo sido considerado neste trabalho que a enchente está associada à ocorrência natural, que corresponde à elevação

do nível d'água além dos limites normais do escoamento natural, e que a inundação normalmente decorre de modificações no uso do solo e provocam o extravasamento da água para além dos níveis máximos do curso d'água.

No gráfico 3 é possível identificar a diferença nos picos do hidrograma de uma área urbana, onde há maior asfaltamento, logo maior área impermeabilizada e de uma área não urbanizada, onde o pico máximo é mais baixo.

Gráfico 3 Hidrograma de áreas urbanizadas e de áreas não urbanizadas



Fonte: Adaptado - UFMG, 2008.

Ao realizar um estudo em uma edificação na Universidade de Ciências da Vida e do Meio Ambiente em Wrocław, na Polônia, a pesquisadora Burszta-Adamiak (2012) determinou a capacitação da cobertura verde em reter água, retardar o escoamento superficial e reduzir o pico do hidrograma enquanto ocorrência de fortes chuvas.

Segundo Castro (2008, apud SCHMIDT, 2009, p. 42):

[...] em estudos realizados os resultados preliminares mostram que para os eventos estudados o telhado e terraço com cobertura vegetal têm uma redução no escoamento superficial de até 97,5 e 100% respectivamente nas primeiras 3 horas após o início da chuva. Já 6 horas após o início da chuva, a redução no escoamento superficial é de 70 a 100% no terraço e de 26,6 a 100% no telhado.

A pesquisadora concluiu que os telhados verdes com diversas camadas colaboraram para o freamento do escoamento e para a redução no pico do hidrograma em comparação ao número máximo de precipitação registrado. Teoricamente, os

sistemas de captação de água da chuva podem ser dimensionados com medidas menores, desprezando em muitas cidades a implantação de amplos reservatórios, subterrâneos ou não, para conter os excessos de água que sucedem dos dias de grande pluviosidade.

Na figura 13 está ilustrado como comporta-se a água da chuva com e sem o uso do sistema de telhado verde nas edificações.

Figura 13 Escoamento da água da chuva com e sem o sistema de telhado verde



Fonte: Instituto Cidade Jardim, 2018.

## CERTIFICAÇÕES

Em meio a busca por sustentabilidade na construção, a utilização de certificações ambientais é um meio de entusiasmar os construtores a se conscientizar e se atentar mais com o decorrer do andamento construtivo, procurando torná-lo o mais sustentável possível, uma vez que os certificados também têm forte implicação comercial, atuando como um diferencial no mercado. (COSTA; MORAES, 2013, p. 160).

Segundo John (2008), citado por Pedigrer (2008, p. 20):

Hoje, o mercado de certificação de edifícios no Brasil conta com duas certificações importadas e adaptadas, o LEED (Leadership in Energy and Environmental Design – vendido como “o maior sistema de certificação” de

edifícios) e o francês HQE (Haute Qualité Environnementale – no Brasil, AQUA).

O LEED foi desenvolvido em 1991 e instituído em 1998 pela USGBC (United States Green Building Council) e coordenado localmente pelo GBCB (Green Building Council Brasil). É um sistema voluntário de certificação e orientação ambiental de edificações com reconhecimento internacional, que privilegia o teor de resíduos e compostos orgânicos voláteis. (DALLA COSTA; MORAES, 2013, p. 170)

Conforme os autores, no ano de 2008 o processo HQE (Haute Qualité Environnementale), criado na França em 1947, foi implementado no Brasil pela Fundação Vanzolini. O processo visa a qualidade ambiental de um empreendimento, sendo atestado através de auditorias independentes.

## **LEED**

“Implantado no Brasil pela GBC Brasil, em janeiro de 2008, o sistema LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) certifica o empreendimento de acordo com pré-requisitos atendidos pelo imóvel.”(GBC BRASIL)

Utilizado em mais de 160 países, GBC Brasil afirma que “o LEED possui 4 tipologias, suprimindo a necessidade dos diferentes tipos de imóveis. As tipologias são as seguintes”:

Figura 14 – Tipologias do LEED



Fonte: GBC Brasil.

Cada tipologia atua em diferentes tipos de construção:

Quadro 4 – Áreas de atuação das tipologias do LEED

TIPOLOGIA	ÁREAS DE ATUAÇÃO
BD+C (Novas construções e Grandes reformas)	Envolvória e Núcleo Central
	Data Centers
	Unidades de Saúde
	Hospedagem
	Varejo
	Escolas
	Galpões e Centros de distribuição
ID+C (Design de interiores)	Novas construções e Grandes reformas
	Varejo
	Hospedagem
O+M (Edifícios existentes)	Interiores Comerciais
	Varejo
	Escolas
	Hospedagem
	Data Centers
	Armazéns e Centros de Distribuição
ND (Bairros)	Edifícios Existentes
	Plano
	Projeto Construído

Fonte: GBC Brasil.

Ainda segundo o site da GBC Brasil (grifo do autor), pode-se definir cada tópico acima da seguinte forma:

- **Envoltória e Núcleo Central:** Onde o desenvolvedor controla o projeto e a construção de todo o sistema mecânico, hidráulico e de proteção contra, mas não o projeto e a construção da instalação do locatário. Essa opção é utilizada para projetos com menos de 60% de conclusão no momento da certificação.
- **Data Centers:** Atende às necessidades de equipamentos de computação de alta densidade, usados para armazenamento e processamento de dados.
- **Unidades de Saúde:** Para hospitais que operam vinte e quatro horas por dia, sete dias por semana.
- **Hospedagem:** Utilizado para serviços que fornecem hospedagem de transição ou de curto prazo com ou sem comida, como por exemplo hotéis, motéis, pousadas, entre outros.
- **Varejo:** Aborda as necessidades exclusivas dos varejistas – de bancos, restaurantes, vestuário, eletrônicos, lojas de departamento e outros. Espaços internos dos varejistas utilizados para realizar a venda de bens de consumo. Inclui as áreas de atendimento direto ao cliente (showroom) e áreas de preparação ou armazenamento que suportam o atendimento ao cliente.
- **Escolas:** Para edifícios constituídos por espaços de aprendizagem principais e auxiliares em áreas escolares de ensino fundamental, secundário, superior e edifícios não acadêmicos nos campos escolares.
- **Armazéns, Galpões e Centros de Distribuição:** Edifícios usados para armazenagem de mercadorias, produtos manufaturados, matérias-primas ou pertences pessoais.
- **Interiores Comerciais.** Para espaços internos dedicados a outras funções que não sejam de varejo ou hospedagem.
- **Novas Construções Grandes Reformas e edifícios existentes:** Para edifícios novos ou grandes reformas cujo uso não se adequa aos outros tópicos.

E são analisadas de acordo com as seguintes áreas:

Figura 15 – Áreas que as tipologias analisam



Fonte: GCB Brasil.

Cada um dos itens citados acima dispõe de pré-requisitos e créditos. Pré-requisitos são condutas exigidas em todo empreendimento que demanda a certificação. Não seguindo um dos variados pré-requisitos, impede o empreendimento obter a certificação. Já os créditos são ações complementares, recomendadas pela LEED, que caso sejam desempenhadas aumentam pontuação para a conquista do certificado. (GCB BRASIL)

Figura 16 – Níveis de certificação do LEED



Fonte: GCB Brasil.

## AQUA

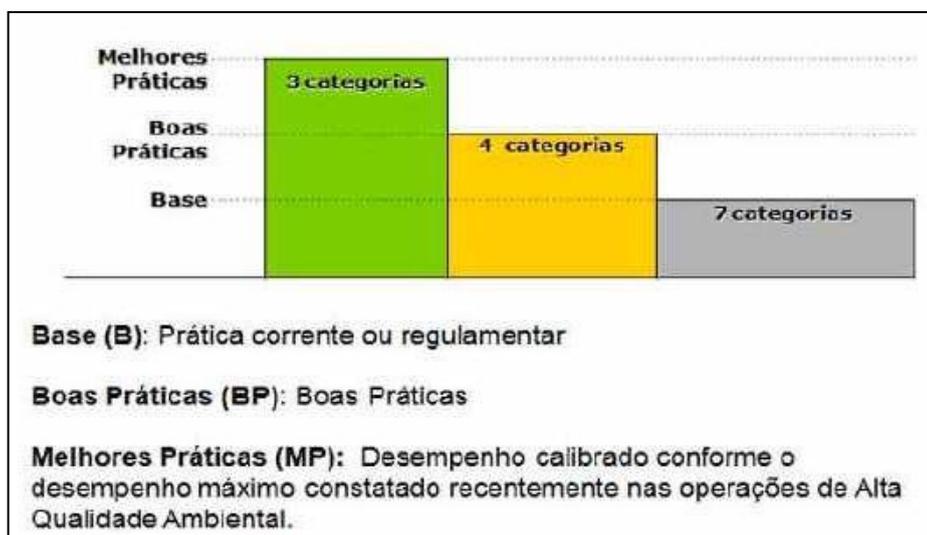
A certificação AQUA (Alta Qualidade Ambiental) foi adaptada, baseada nas premissas da certificação francesa HQE (Haute Qualité Environnementale), para construções brasileiras, levando em conta as normas, cultura e clima da região. Implementada pela fundação Vanzolini, a certificação possui reconhecimento internacional e usa as exigências de planejamento, operacionalização e controle de qualidade definidas no Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE). (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2010)

De acordo com a Fundação Vanzolini (2010):

Além do estabelecimento de um sistema de gestão específico para o empreendimento, o empreendedor deve realizar a avaliação da qualidade ambiental do edifício em pelo menos três fases (construção nova e renovações): Pré-projeto, Projeto e Execução; e na fase pré-projeto da Operação e Uso e fases Operação e Uso periódicas (edifício em operação e uso).

A Fundação declara que a avaliação é embasada em 14 categorias, as quais podem se enquadrar em base, boas práticas ou melhores práticas, e para obter a certificação AQUA o empreendimento deve obter 3 categorias no nível MELHORES PRÁTICAS, 4 categorias no nível BOAS PRÁTICAS e 7 categorias no nível BASE”.

Figura 17 – Perfil mínimo de desempenho para certificação



Fonte: Fundação Vanzolini.

As 14 categorias estimadas são:

RELAÇÃO DO EDIFÍCIO COM O SEU ENTORNO;  
ESCOLHA INTEGRADA DE PRODUTOS, SISTEMAS E  
PROCESSOS CONSTRUTIVOS;  
CANTEIRO DE OBRAS DE BAIXO IMPACTO AMBIENTAL;  
GESTÃO DA ENERGIA;  
GESTÃO DA ÁGUA;  
GESTÃO DE RESÍDUOS DE USO E OPERAÇÃO DO EDIFÍCIO;  
MANUTENÇÃO – PERMANÊNCIA DO DESEMPENHO  
AMBIENTAL;  
CONFORTO HIGROTÉRMICO;  
CONFORTO ACÚSTICO;  
CONFORTO VISUAL;  
CONFORTO OLFATIVO;  
QUALIDADE SANITÁRIA DOS AMBIENTES;  
QUALIDADE SANITÁRIA DO AR;  
QUALIDADE SANITÁRIA DA ÁGUA.

Em cada fase da construção (pré-projeto, projeto e execução) ocorrem auditorias feitas presencialmente, confirma a Fundação Vanzolini, que é quem realiza esses acompanhamentos, no final de cada uma das fases. Essas auditorias asseguram que o empreendimento atenda com os requisitos propostos de gestão e comportamento caracterizada nos referenciais técnicos.

Figura 18 – Processo de certificação do AQUA



Fonte: Fundação Vanzolini.

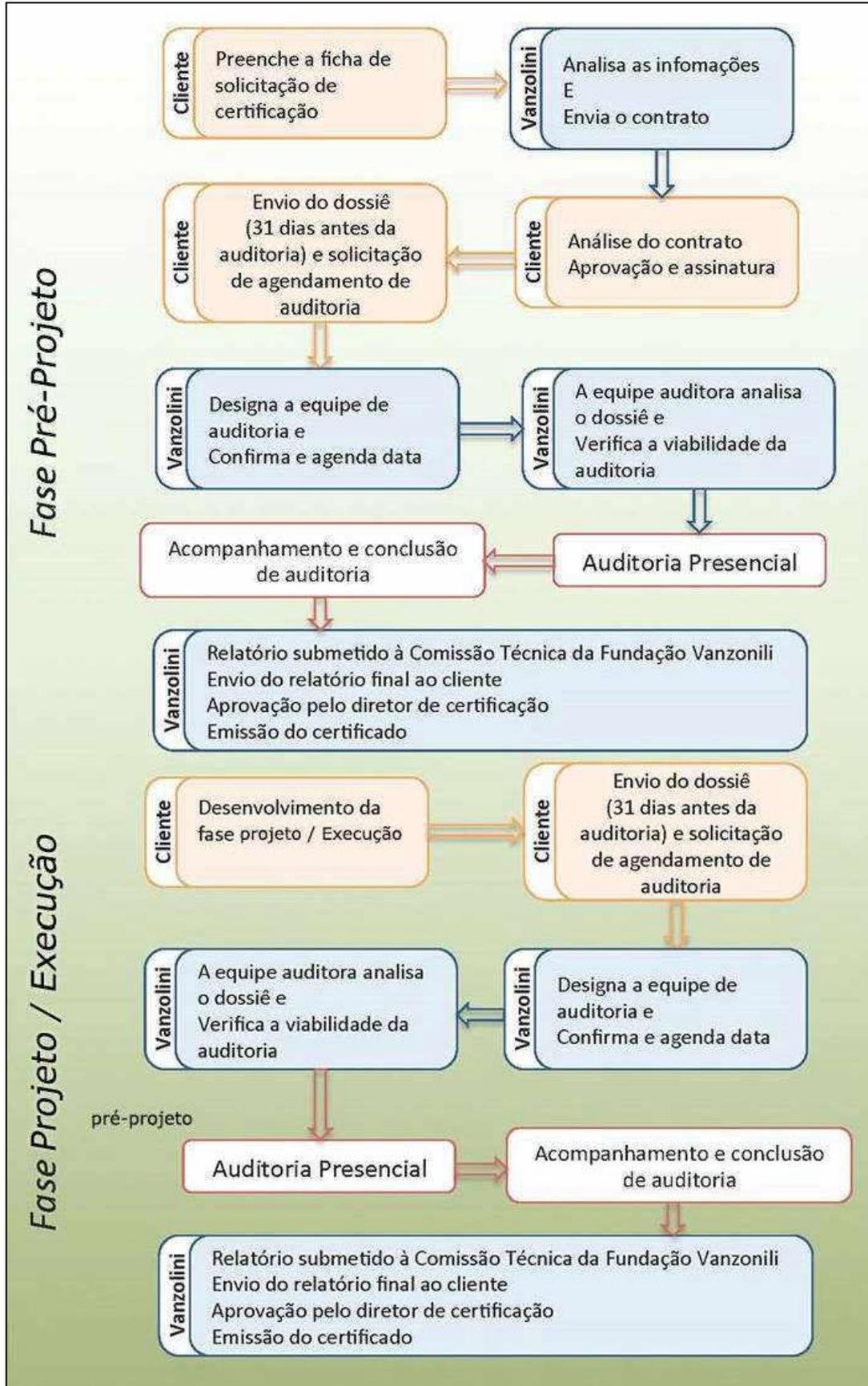
Para compreender melhor, a Fundação Vanzolini (2010) definiu essas fases de construção da seguinte maneira:

Fase Pré-Projeto -após elaboração do pré-projeto, definição do perfil de desempenho nas 14 categorias, estabelecimento do Sistema de Gestão do Empreendimento e avaliação das 14 categorias de desempenho pelo Empreendedor, mediante auditoria da Fundação Vanzolini.

Fase Projeto -após elaboração dos projetos de modo a atender os critérios correspondentes ao perfil de desempenho programado e avaliação das 14 categorias de desempenho pelo Empreendedor, mediante auditoria da Fundação Vanzolini.

Fase Execução -após a entrega da obra, realizada de modo a atender aos critérios correspondentes ao perfil de desempenho projetado e avaliação das 14 categorias de desempenho pelo empreendedor, mediante auditoria da Fundação Vanzolini.

Figura 19 – Caminho da certificação do AQUA



Fonte: Fundação Vanzolini.

Segundo a Organização Vanzolini (2010):

Com o Processo AQUA-HQE o empreendedor passará a receber 02 certificados: um da Fundação Vanzolini Processo AQUATM e outro do Cerway HQETM, com todos os elementos padronizados internacionalmente, fundamentado na certificação Processo AQUATM da Fundação Vanzolini.

O certificado traz inúmeros benefícios, para o empreendedor, para o usuário, para a sociedade e para o meio ambiente.

No site da Fundação é possível acessar o guia de cada auditoria, as regras para certificação, referências e documentos para cada tipo de construção e simular um cálculo do gasto aplicado para receber a certificação.

### 3 METODOLOGIA

Método é a união das práticas sistemáticas e racionais que, com mais garantia e economia, possibilita atingir o propósito, conhecimentos pertinentes e reais, criando o trajeto a ser adotado, encontrando erros e contribuindo com a decisão dos cientistas. (LAKATOS; MARCONI, 2010, p. 65)

Segundo LAKATOS e MARCONI (2010), há o conhecimento popular e o conhecimento científico. O primeiro, normalmente, passado entre gerações através do ensino familiar e fundamentado na imitação e na vivência individual. Conseqüentemente, é experimental. Já o científico, é passado por meio de treinamento adequado, sendo um conhecimento adquirido racionalmente, transmitido mediante métodos científicos. Propõe esclarecer “porque” e “como” os fatos acontecem, com o propósito de comprová-los, num aspecto global e não mais baseado em uma cultura particular.

Para Bunge (1976, p. 20 apud LAKATOS; MARCONI, 2010, p. 76):

A descontinuidade radical existente entre a Ciência e o conhecimento popular, em numerosos aspectos (principalmente no que se refere ao método), não nos deve fazer ignorar certa continuidade em outros aspectos, principalmente quando limitamos o conceito de conhecimento vulgar ao "bom-senso".

Em se tratando de conhecimento científico e, segundo Gil (2008), o método empregado no trabalho trata-se de um estudo de campo, caracterizado por observar um grupo e aprofundar-se na análise de interação dos seus componentes. O objeto de estudo é a análise das diferentes tecnologias sustentáveis disponíveis para uso na construção civil e sua avaliação para implementação à residência unifamiliar escolhida ao estudo de campo, buscando apresentar resultados técnico-financeiros para instalação destas.

Desta forma, a metodologia deste trabalho é constituída por duas etapas: uma primeira constituindo um estudo avaliativo sobre diferentes sistemas sustentáveis disponíveis, possíveis de serem implementados em residência unifamiliar escolhida ao estudo de campo e uma segunda etapa, onde são apresentadas análises técnico-financeiras sobre a instalação destas na residência escolhida ao estudo.

## ESTUDO DE CAMPO

O futuro estudo de campo foi realizado em uma residência unifamiliar localizada no Condomínio Hípico Campestre, no bairro Real Parque, em São José, Santa Catarina, Brasil. Essa residência possui particularidades que a tornam referência para a engenharia e para a arquitetura, estas citadas a seguir:

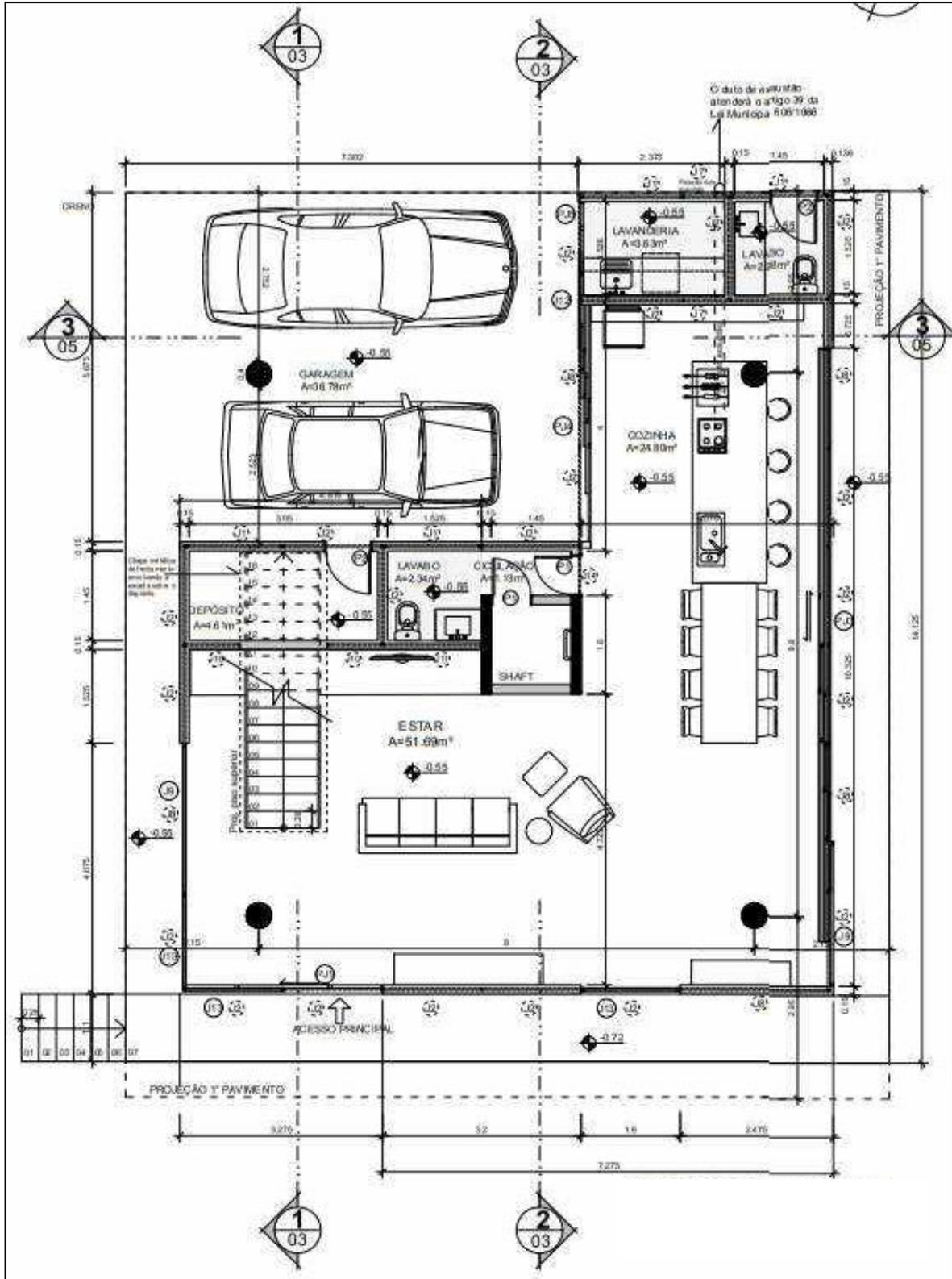
- Estrutura e paredes de concreto, que trazem uma modernidade pouco vista em residências unifamiliares;
- Lajes nervuradas, (fig. 25);
- Piso de concreto polido ou piso zero, (fig. 26);
- Pilares redondos dentro da residência;
- Grandes vãos para portas de vidro (fig. 24), entre outras.

Figura 20 – Fachada oeste da residência



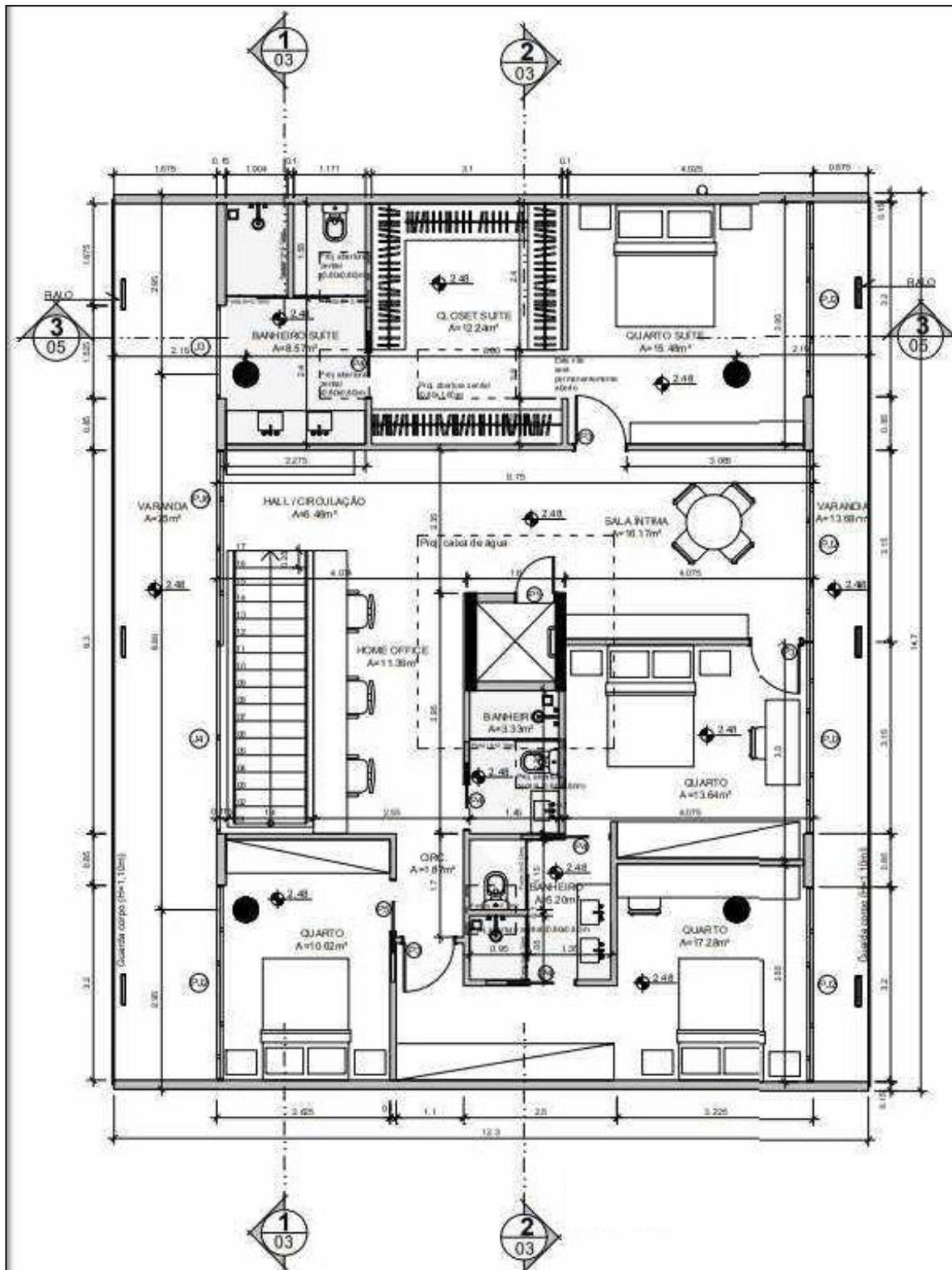
Fonte: Autores, 2020.

Figura 21 – Planta baixa térreo



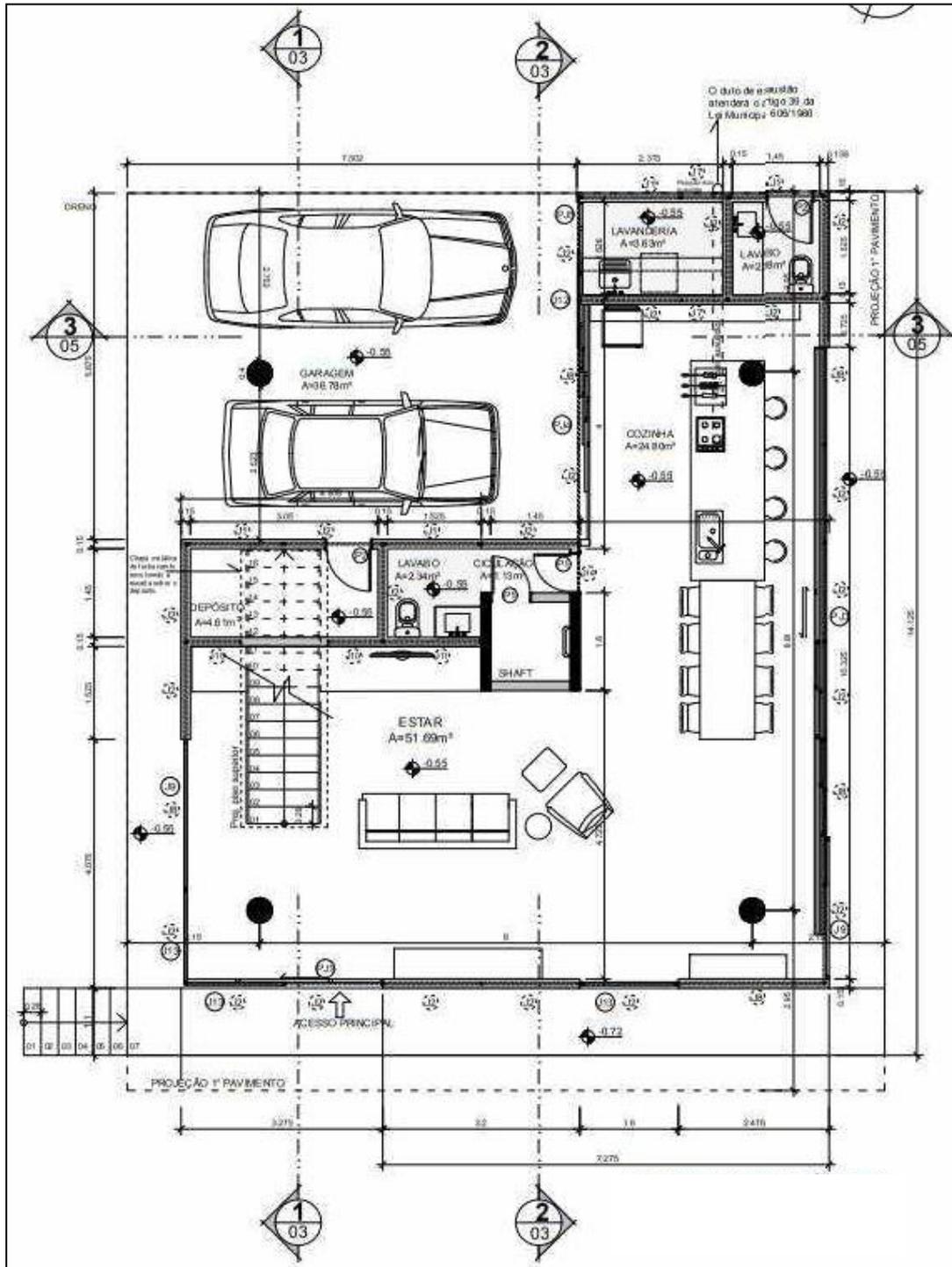
Fonte: R.V. CATTANI, 2019.

Figura 22 – Planta baixa 1º pavimento



Fonte: R.V. CATTANI, 2019.

Figura 23 – Planta de cobertura



Fonte: R.V. CATTANI, 2019.

Figura 24 – Portas de vidro com grandes vãos para saída na sacada



Fonte: Autores, 2020.

Figura 25 – Laje nervurada com lâmpada de LED



Fonte: Autores, 2020.

Figura 26 – Piso de concreto polido



Fonte: Autores, 2020.

Esse estudo apresenta os sistemas construtivos e medidas utilizadas na residência, possíveis de serem substituídas e/ou aplicadas na casa depois de pronta, tornando-a mais sustentável. Também é apresentada uma análise comparativa dos custos e dos benefícios que essas tecnologias teriam para o morador e para o meio ambiente.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### SISTEMA DE GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

O Brasil possui um alto potencial para geração de energia fotovoltaica. Segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar (2017), a região menos ensolarada do Brasil gera mais eletricidade solar, se comparado ao local mais ensolarado da Alemanha.

Usinas de grande porte, geradoras de energia solar fotovoltaica, têm sido instaladas nas regiões onde possui maior rendimento, como Nordeste, Centro-oeste e Sudeste. O oeste da região Sul do Brasil também apresenta índices de irradiação média anual excelentes nos meses de verão, segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar (2017) e, em termos de cenários futuros, pode-se esperar que usinas de grande porte também venham a ser instaladas nessas regiões, estendendo a geração fotovoltaica por todo o país.

Na imagem 27 temos a maior usina de energia fotovoltaica da América Latina, localizada no município de Ribeira do Piauí, a 377 quilômetros ao sul de Teresina, no estado de Piauí, Nordeste brasileiro.

Figura 27 – Usina de energia fotovoltaica no Piauí



Fonte: Piauí Hoje.

Com relação a sistemas construtivos, a energia fotovoltaica vem sendo inserida no mercado, tipicamente integrada a telhados e coberturas de edificações, como uma alternativa para geração sustentável de energia elétrica, e também para aliviar o consumo de energia gerada por hidrelétricas, sendo essa a principal fonte de fornecimento de eletricidade no Brasil.

Sem produzir ruído, ou qualquer tipo de poluição e, através das células fotovoltaicas presentes nas placas solares, os raios solares são convertidos em energia elétrica, conhecido como efeito fotovoltaico, e são ejetados pelas placas na forma de corrente contínua. No entanto, para utilização diária de equipamentos elétricos, necessita-se de energia na forma de corrente alternada, sendo assim, o sistema prevê a instalação de um inversor que faz a comunicação da energia lançada pelas placas fotovoltaicas com o quadro elétrico que alimenta a eletricidade da casa, transformando a corrente contínua em alternada, como mostra a figura 28.

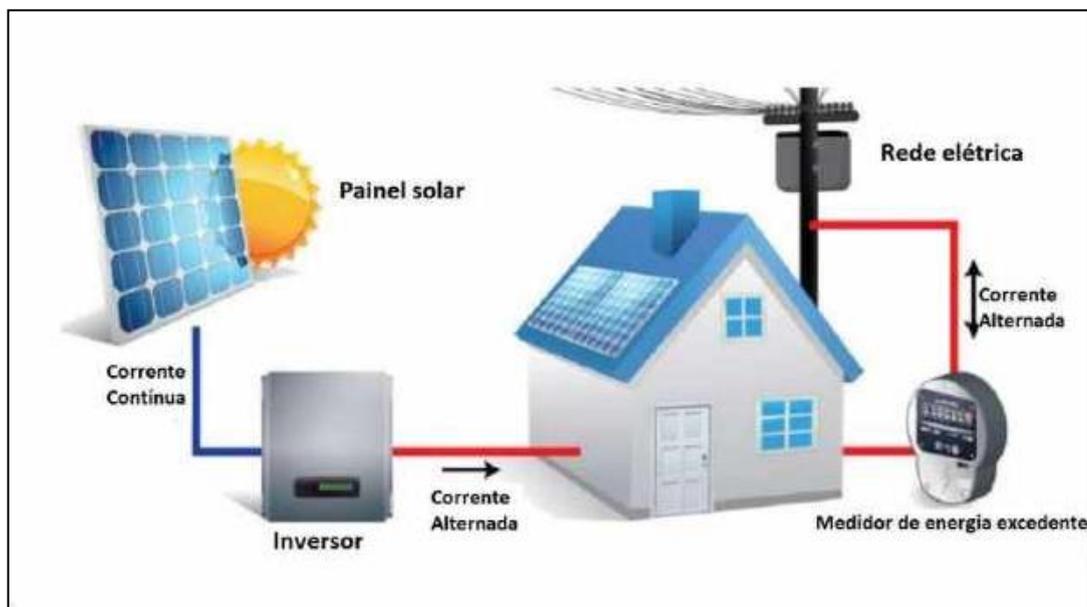
A utilização é feita, e o excedente é armazenado conforme o modelo de sistema instalado, podendo ter duas opções de modelos: Off-grid e On-grid.

O modelo Off-grid é caracterizado por ser um sistema isolado, mais utilizado em áreas sem fornecimento de energia elétrica por meio das concessionárias. Esse sistema possui um custo mais elevado, e o armazenamento da energia excedente é abrigado em uma bateria, garantindo o funcionamento do sistema em períodos com baixa incidência solar.

A partir de 2012 a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) regulamentou as condições, através da Resolução Normativa Nº 482/2012, para adesão ao sistema de compensação de energia elétrica, nomeado como modelo On-grid.

Neste estudo de campo, utilizaremos sistema On-grid, que transfere a energia excedente para medidor e em seguida é lançado na rede pública de energia elétrica representado na figura 28, contabilizando um saldo na concessionária de energia local, com validade de 5 anos, para os dias que as placas produzirem menos energia do que o necessário.

Figura 28 – Representação do modelo On-grid



Fonte: Orçamento preliminar ElektoSolar Innovations, 2020.

### Coleta de dados

A residência encontra-se à  $27,564863^{\circ}\text{N}$ ,  $27,564863^{\circ}\text{S}$  (latitude) e  $48,648298^{\circ}\text{L}$ ,  $48,648298^{\circ}\text{O}$  (longitude). A partir desses dados, obtivemos os valores da irradiação solar diária média por meio do site CRESESB (Centro de referência para a energia solar e eólica Sérgio de S. Brito).

Para melhor funcionamento dos módulos fotovoltaicos, é necessário que eles estejam direcionados para o ponto cardinal que receba maior incidência solar. No hemisfério sul, a maior incidência ocorre orientada ao norte e, para que tenha melhor desempenho, com a mesma inclinação da latitude local.

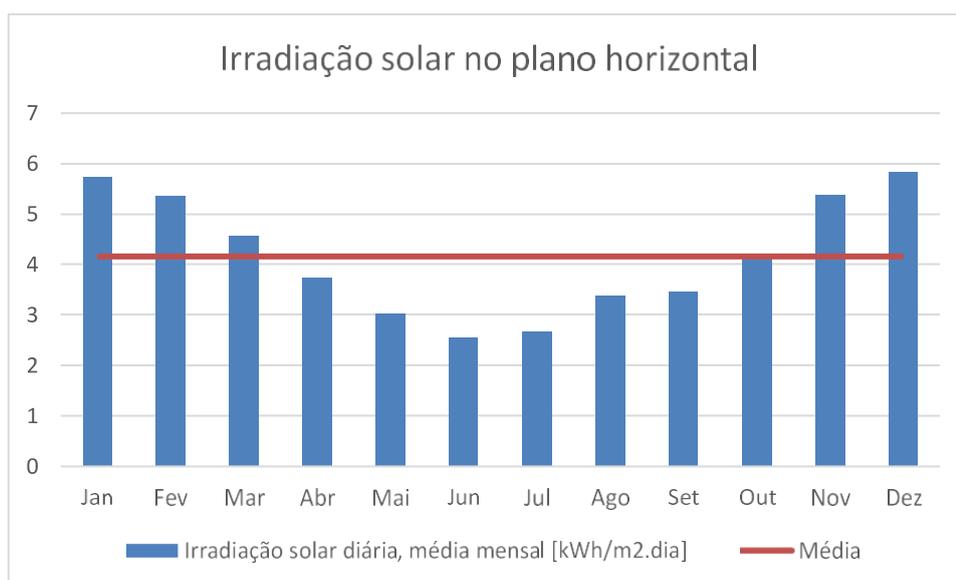
Na tabela 1 temos a irradiação solar diária média mensal, no plano horizontal, da cidade de São José/SC, do mês de janeiro até o mês de dezembro. Já no gráfico 4 temos a comparação desses valores com a média de irradiação solar anual no plano horizontal.

Tabela 1 – Irradiação solar no plano horizontal

Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia] Plano Horizontal												
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
<b>5,73</b>	5,35	4,57	3,73	3,03	<u>2,54</u>	2,68	3,39	3,46	4,15	5,38	<u>5,84</u>	<b>4,16</b>

Fonte: CRESESB, 2020.

Gráfico 4 – Irradiação solar no plano horizontal



Fonte: Autores, 2020.

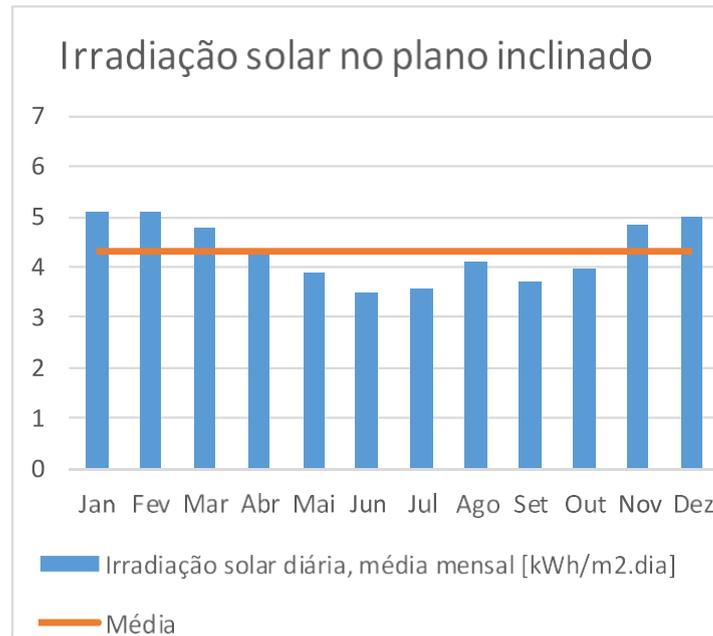
Já na tabela 2, temos a relação entre a média mensal da irradiação solar diária, no plano inclinado (inclinação 27,564863°N, aproximadamente 28°N), da cidade de São José/SC, e os respectivos meses. Também temos a comparação desses valores com a média de irradiação solar anual no plano inclinado, apresentado no gráfico 5.

Tabela 2 – Irradiação solar no plano inclinado.

Irradiação solar diária média mensal [kWh/m <sup>2</sup> .dia] Plano Inclinado												
Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média
<b>5,06</b>	<u>5,07</u>	4,76	4,34	3,94	<u>3,47</u>	3,55	4,12	3,7	4,01	4,84	5,04	<b>4,32</b>

Fonte: CRESESB, 2020.

Gráfico 5 – Irradiação solar no plano inclinado



Fonte: Autores, 2020.

Analisando os gráficos acima, podemos perceber que a maior incidência solar acontece no verão, época em que geralmente há um gasto maior de energia, devido a utilização de equipamentos de refrigeração de ar. Segundo o Atlas Solarimétrico do Brasil (2000), a região da Grande Florianópolis recebe em torno de 5 horas de insolação por dia, no verão, e 4 horas no inverno.

Podemos notar também que a inclinação das placas, na mesma angulação da latitude local, proporciona uma captação solar mais uniforme durante o ano, e uma média anual maior, se comparado com o plano horizontal.

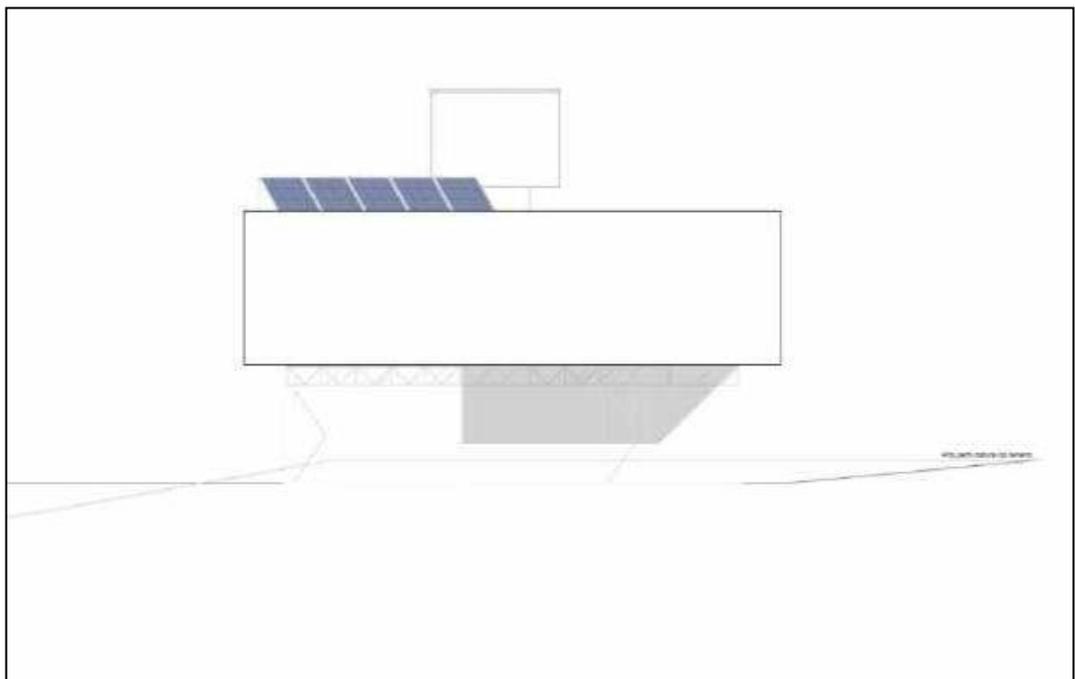
Abaixo apresentamos as vistas da residência com o sistema fotovoltaico instalado:

Figura 29 – Implantação das placas fotovoltaicas



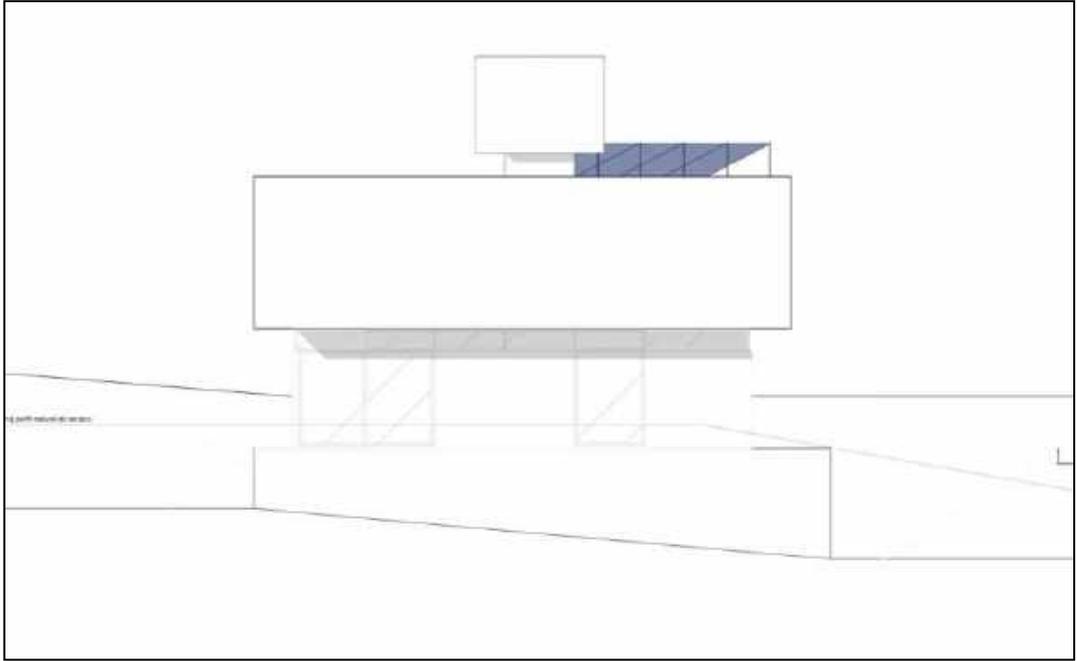
Fonte: Autores, 2020.

Figura 30 – Fachada Norte



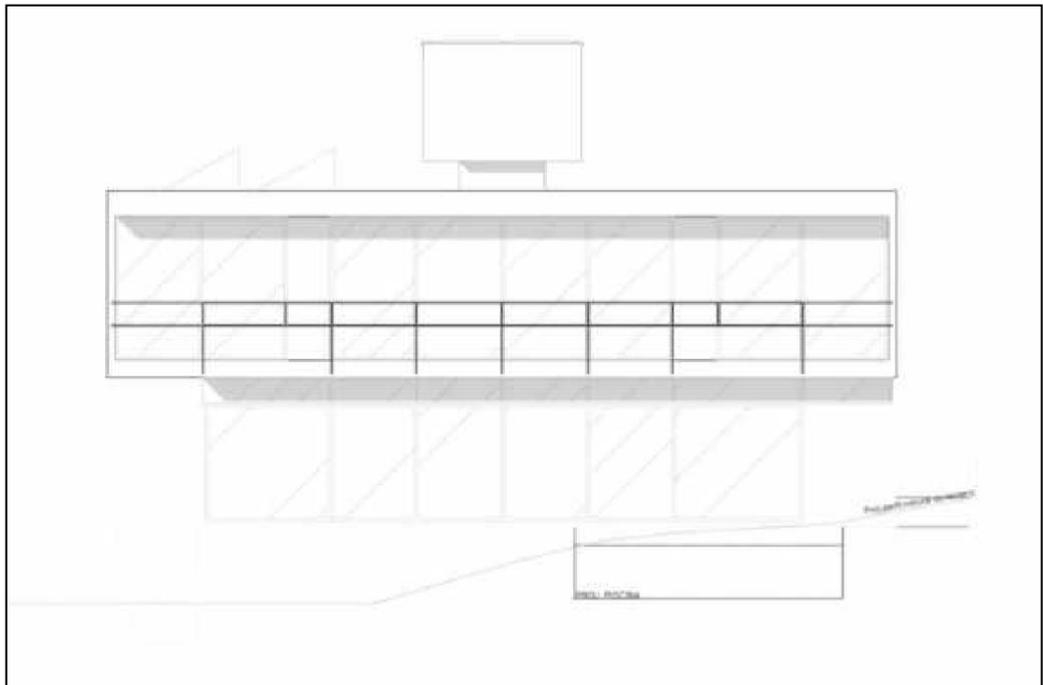
Fonte: Autores, 2020.

Figura 31 – Fachada Sul



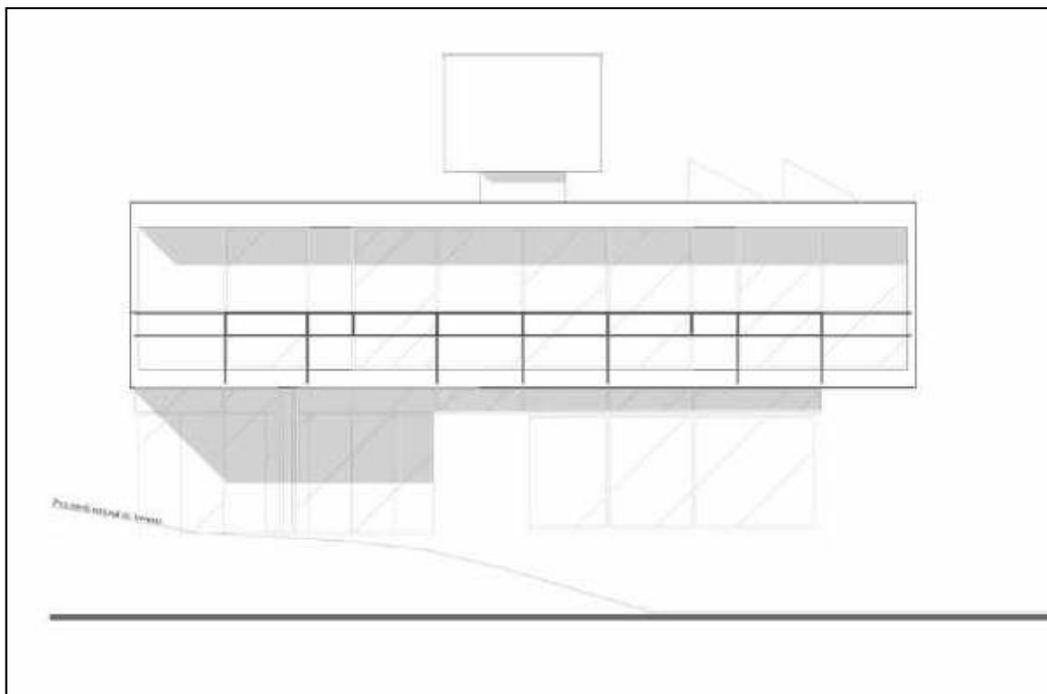
Fonte: Autores, 2020.

Figura 32 – Fachada Leste



Fonte: Autores, 2020.

Figura 33 – Fachada Oeste



Fonte: Autores, 2020.

### **Análise de Custos**

Através da análise de gastos de eletricidade da residência estudada e do projeto arquitetônico, foram realizados 4 orçamentos preliminares, todos de empresas com sede em Santa Catarina.

Todos os orçamentos contêm:

- Fornecimento e instalação do sistema fotovoltaico;
- Administração, projeto de Engenharia, ART e trâmites de solicitação e análise junto as operadoras e concessionárias de energia elétrica;
- Sistema de monitoramento;
- Acompanhamento e vistorias no decorrer dos 12 meses após a instalação.

### **Orçamentos preliminares**

Analisando o consumo de energia mensal da referida residência, temos uma média de 350 kWh/mês, totalizando num valor aproximado de R\$230,00 mensal.

Abaixo temos a tabela 3 contendo dados comparativos de quatro empresas fornecedoras de equipamentos para geração de energia fotovoltaica. Nestas são observados valores, área ocupada e estimativa de produção de energia das placas, fornecidos pelas empresas de instalação, após análise de projeto e gastos energéticos da residência.

Tabela 3 – Comparativo de dados de 04 empresas

<b>Empresa</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Geração média de energia mensal (kWh)</b>	369,25	363,00	377,25	540,41
<b>Relação entre geração x consumo (%)</b>	106%	104%	108%	154%
<b>Qnt de módulos fotovoltaicos (un.)</b>	10	10	10	16
<b>Área ocupada pelo sistema (m<sup>2</sup>)</b>	20,29	24,00	20,40	32,00
<b>Custo total (R\$)</b>	<b>R\$ 16.663,50</b>	<b>R\$ 17.977,52</b>	<b>R\$ 21.283,47</b>	<b>R\$ 31.803,78</b>

Fonte: Autores, 2020.

Com uma breve observação nas informações mais importantes do orçamento, constata-se que a empresa 1, além de suprir a demanda necessária, possui um custo de serviço mais baixo, desta forma nos basearemos nos dados fornecidos por ela para a sequência do trabalho.

### **Informações sobre o sistema adotado**

Abaixo apresentamos a tabela 4 e em seguida o gráfico 6, para analisarmos, de forma facilitada, os dados repassados pela empresa 1 e comparados com dados de consumo de energia da residência.

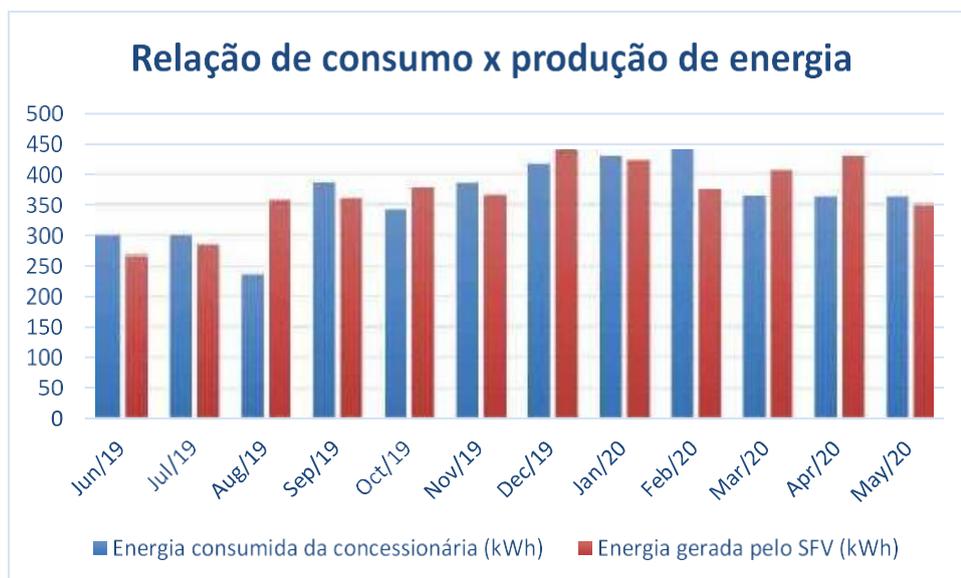
Vale ressaltar que a energia consumida da concessionária (em kWh) foi com base na fatura apresentada pelo proprietário do imóvel, e a energia gerada pelo SFV (kWh) foram dados disponibilizados pelo orçamento preliminar da empresa 1:

Tabela 4 – Análise de dados

Mês	Energia consumida da concessionária (kWh)	Energia gerada pelo SFV (kWh)	Crédito (kWh)	Energia faturada (kWh)	Economia de energia (kWh)
jun/19	300	267	-33	100	200
jul/19	300	284	-16	100	200
ago/19	237	356	119	100	137
set/19	386	359	-27	100	286
out/19	344	378	34	100	244
nov/19	385	365	-20	100	285
dez/19	417	439	22	100	317
jan/20	431	423	-8	100	331
fev/20	441	374	-67	100	341
mar/20	363	406	43	100	263
abr/20	362	430	68	100	262
mai/20	362	350	-12	100	262
<b>Total</b>	<b>4.328</b>	<b>4.431</b>	<b>103</b>	<b>1.200</b>	<b>3.128</b>

Fonte: Autores, 2020.

Gráfico 6 – Relação de consumo x produção de energia



Fonte: Autores, 2020.

Analisando os dados acima, podemos perceber que a energia gerada supre a energia consumida mensalmente e, num contexto anual, temos um saldo positivo que pode ser usado e uma quantia significativa de energia (em kWh) que serão economizados na fatura mensal.

### Tempo de retorno

O tempo que o sistema levará para suprir todo o gasto com a instalação, sem considerar custos com manutenção e o valor futuro do recurso financeiro, pode ser feito de forma simples, com a seguinte equação:

$$\text{Tempo de Retorno} = \frac{\text{Custo Total do Projeto}}{(\text{Produção de Energia Estimada em 1 ano}) \times (\text{R\$ do kWh})}$$

Diante disso, podemos calcular o tempo aproximado de retorno para a instalação do sistema da empresa 1, considerando que os 150kWh custam R\$ 0,5712 cada e o restante R\$ 0,678584 cada kWh:

$$\text{Tempo de Retorno} = \frac{16.663,50}{\{[4.328 - (150 * 12)] \times (0,678584)\} + [(150 \times 12) \times 0,5712]}$$

$$\text{Tempo de Retorno} = \frac{16.663,50}{[(4.328 - 1.800) \times (0,678584)] + (1.800 \times 0,5712)}$$

$$\text{Tempo de Retorno} = \frac{16.663,50}{(2.528 \times 0,678584) + 1.028,16}$$

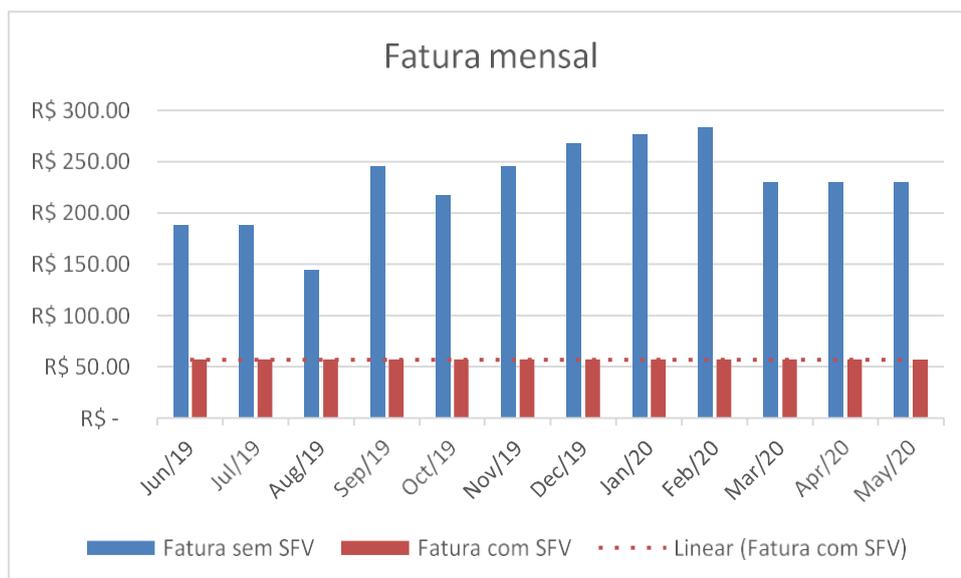
$$\text{Tempo de Retorno} = \frac{16.663,50}{1.715,46 + 1.028,16}$$

$$\text{Tempo de Retorno} = \frac{16.663,50}{2.743,62}$$

$$\text{Tempo de Retorno} = 6 \text{ anos e } 10 \text{ meses}$$

Considerando que, após o sistema fotovoltaico ser instalado, será pago apenas a tarifa mínima cobrada pela concessionária (neste caso de 100kWh x R\$ 0,5712 = R\$ 57,12), observamos claramente no gráfico 7 a economia feita em apenas 1 ano de uso do sistema:

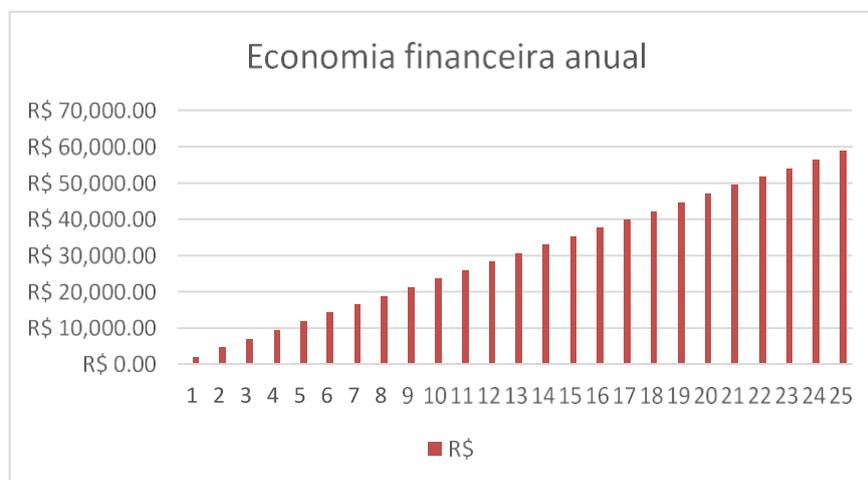
Gráfico 7 - Fatura mensal com e sem a implantação do SFV



Fonte: Autores, 2020.

Tendo como base a tabela 4, obtivemos dois gráficos de fácil análise da economia financeira anual (gráfico 8) e o fluxo de caixa acumulado do sistema (gráfico 9) durante 25 anos:

Gráfico 8 – Economia financeira anual



Fonte: Autores, 2020.

Gráfico 9 – Fluxo de caixa acumulado.



Fonte: Autores, 2020.

Desta forma, tem-se a estimativa de retorno financeiro em 6 anos e 10 meses, e um lucro de aproximadamente R\$ 45.000,00 durante o tempo de vida útil do sistema, neste caso, de 25 anos.

## SISTEMA TELHADO VERDE

Enquanto o propósito é sustentabilidade na construção civil, o telhado verde se faz primordial. Esse, que pode ser chamado de telhado verde, teto verde, cobertura verde, ou até mesmo telhado ecológico, surgiu na Alemanha com função arquitetônica e posteriormente se tornou também a solução para problemas causados pelo processo de urbanização. Abordamos nesse trabalho dois desses problemas: ilha de calor causada pelos asfaltos e concretos e enchentes causadas pela carência de infiltração de água da chuva nos solos. Ambos os efeitos por conta das grandes zonas impermeáveis.

### Clima de São José

São José apresenta um clima quente e temperado e com estações bem definidas. A classificação do clima é Cfa de acordo com a Köppen e Geige, clima temperado húmido com verão quente. A cidade aponta temperatura anual média de 19,9°C, informação disponibilizada pelo site CLIMATE-DATA.ORG (2012). Sendo que

de acordo com o Diário Catarinense, em 2019, São José chegou a registrar máxima de 38°C.

Tabela 5 – Dados climatológicos de São José

	jan/12	fev/12	mar/12	abr/12	mai/12	jun/12	jul/12	ago/12	set/12	out/12	nov/12	dez/12
<b>Temp. média (°C)</b>	24.3	23.8	22	19.7	17.1	16.1	16.3	17	18.5	20.3	22.2	21.5
<b>Temp. mínima (°C)</b>	20.8	20.3	18.5	16	13.4	12.5	12.8	13.6	15.2	17.1	18.9	18
<b>Temp. máxima (°C)</b>	27.9	27.3	25.6	23.5	20.9	19.8	19.8	20.5	21.8	23.5	25.6	25

Fonte: Climate-data.org, 2012.

Em relação a pluviosidade, apresenta quantidade significativa ao longo do ano, até mesmo no mês de junho, que é o mais seco, com 76 mm de precipitação. A média anual é de 1498 mm.

### Conforto térmico

Para eficiência no alcance do conforto térmico é necessário a redução da ilha de calor. Esta atinge diretamente a residência unifamiliar analisada, pois a mesma não possui qualquer tipo de cobertura, somente a laje, como mostrado na Fig. 42. Inclusive foi informado pelo proprietário que antes da instalação dos equipamentos de refrigeração de ambientes era quase que insustentável manter-se dentro da casa com as janelas fechadas após um dia de alta temperatura. Considerando que o telhado verde proporciona uma diminuição de amplitude térmica de até 5°C, torna-se uma efetiva solução para a questão das altas temperaturas na residência e conseqüentemente uma redução no uso da energia elétrica para resfriamento dos ambientes abaixo da cobertura.

Figura 34 – Laje de cobertura da residência



Fonte: Autores, 2020.

### **Escoamento superficial**

Além da cidade de São José ser considerada de alta pluviosidade durante todo o ano, Santa Catarina têm sido marcada por fortes enchentes nos últimos tempos, tornando-se assim cada vez mais necessária a busca por soluções. O telhado verde é um método que atua diretamente nessa complicação, retardando o escoamento superficial. É evidente que não se alcançará esse objetivo com o sistema em apenas uma residência, mas é de extrema importância que a cobertura verde seja vista e acessível ao conhecimento de todos, e que futuramente esteja presente em incontáveis residências.

Para empregar números, obter resultados e conseqüentemente classificar o telhado verde, de fato, como eficiente no retardo do escoamento teria que ser feito um estudo sobre o desempenho do telhado verde já implementado à casa. Esse estudo se basearia em monitorar, durante precipitações, o volume de água obtido em determinada quantidade de tempo, para então chegar à função vazão x tempo, tanto para o telhado verde como para um telhado convencional. Esse ensaio certamente seria feito com um protótipo com as mesmas características levantadas nesse

trabalho para os dois tipos de telhado e com simulações de chuvas, para que houvesse a mesma quantidade de precipitação.

### **Informações sobre o sistema adotado**

O sistema escolhido de acordo com a finalidade e as necessidades do telhado verde foi o sistema modular alveolar com vegetação rústica e gramíneas com substrato (30l). Esse método tem por objeto promover uma cobertura vegetada para telhado com nenhuma ou pouca inclinação, como é o caso dessa residência, a qual possui apenas 2%. Ele é qualificado como um sistema leve, recomendado para telhados de baixa circulação de pessoas e que possui a membrana alveolar capaz de reservar água para vegetação.

#### Especificações dos materiais

De acordo com a Ecotelhado:

- Módulo Plástico Alveolar
  - Aparência do módulo: módulo semiflexível, preta, fornecida em placas, possui reservatórios de formato retangular.
  - Composição do módulo: Material de plástico reciclado.
  - Dimensões do módulo: Placas nas dimensões de 70 x 115 x 3,5 cm., (A = 0,805 m<sup>2</sup>). Retenção de água: 35 l/m<sup>2</sup>.
  - Finalidade do módulo: drenagem controlada, retenção de água para as raízes da vegetação (reserva de água sob as raízes), evita contato direto da vegetação com a laje.
  
- Membrana de Absorção

- Aparência da membrana: membrana de tonalidade verde acinzentada, fornecida em rolo.
- Composição da membrana: composta de não tecido reciclado.
- Dimensão da membrana: espessura de 5mm, largura de 200cm e comprimento diversos.
- Finalidade da membrana: sua finalidade é de retenção de água e nutrientes para suprir parcialmente as raízes da vegetação.

- Substrato Leve

- Aparência do Substrato leve: cor acinzentada escuro
- Composição do Substrato leve: substrato composto de materiais orgânicos oriundos da indústria de reciclagem.
- Dimensão do Substrato leve: substrato de baixo peso específico com altura recomendada de 3,6 cm de forma a permitir que as raízes rapidamente cheguem nos alvéolos para se abastecer da umidade existente, dentro deste.
- Finalidade do Substrato leve: substrato leve e nutritivo, proporcionando baixa carga na base da cobertura e grande poder de retenção de água e nutrientes.

- Gel

- Aparência do gel: Gel com tonalidade branca
- Composição do gel: O gel para plantio é um copolímero de poliácrlato de potássio. Finalidade: Seu objetivo é reter a umidade.

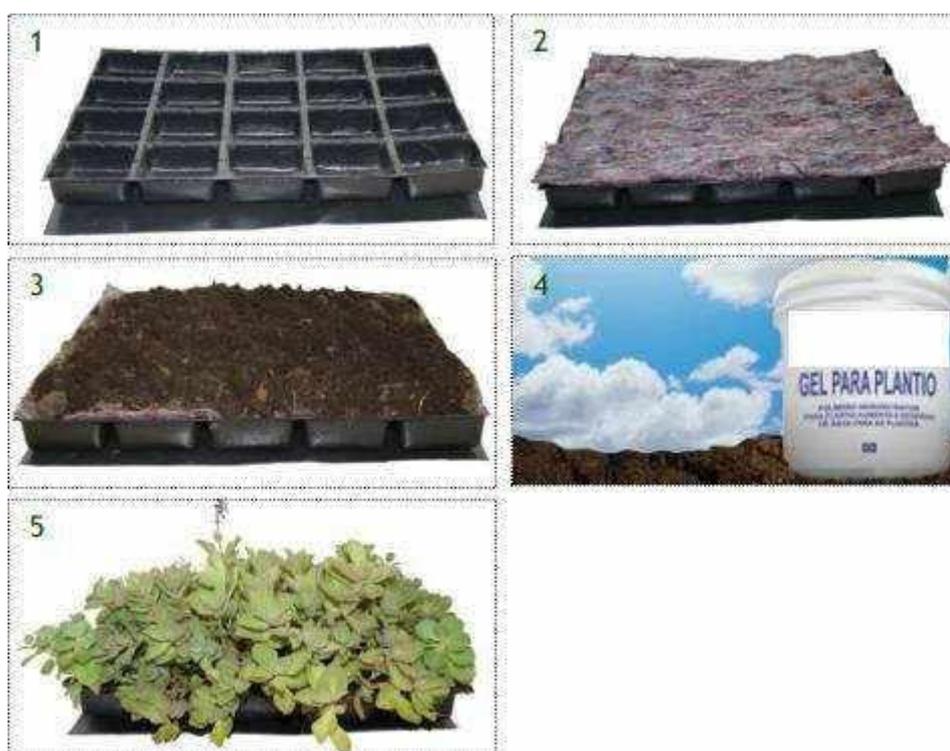
- Vegetação de Gramíneas ou outra (opcional)

- Aparência da membrana: membrana de tecido, fornecida em rolo.
- Composição da membrana: substrato incorporado e mudas pré-vegetadas de plantas rústicas, com predominância de boldo e gramíneas.

- Dimensão da membrana: espessura de 4 mm e dimensões de 75 x 220cm
- Finalidade da membrana: sua finalidade é de retenção de água e nutrientes e suporte para a vegetação rústica pré-vegetada.

### Descrição dos serviços

O módulo alveolar não deve ficar exposto ao sol. As membranas devem ser colocadas na seguinte sequência de passos, sempre observando uma sobreposição da membrana de absorção de 5 cm. O local deve suportar o peso de 80kg/m<sup>2</sup>. Altura total do sistema: Média de 12 cm, podendo variar conforme vegetação utilizada. O local deverá ter uma contenção lateral para o sistema em todo seu perímetro.



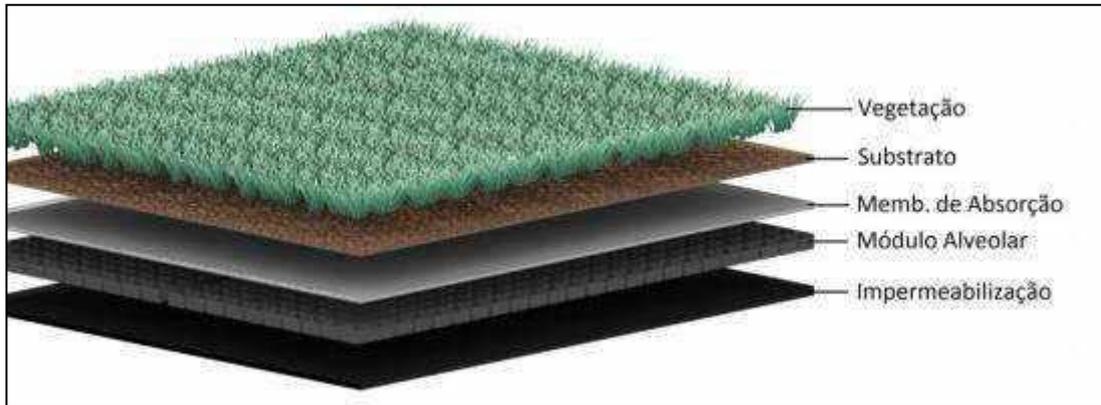
Fonte: Ecotelhado, 2020.

1. Colocação do Módulo Plástico Alveolar sobre a laje ou telhas.
2. Colocação da membrana de absorção sobre o Módulo Plástico Alveolar.
3. Colocação do Substrato, com altura recomendada de 3,6 cm.
4. Jogar o Gel a lanço em cima do substrato. Coloque aproximadamente 20 gramas por m<sup>2</sup>.

## 5. Colocação da vegetação escolhida.

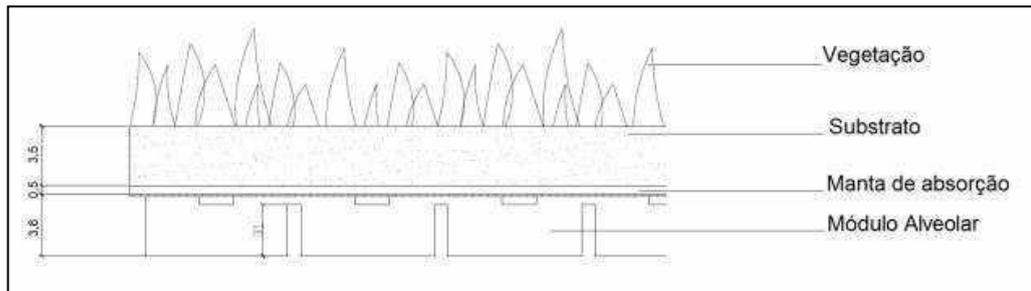
Na figura 35 estão todas as camadas oferecidas pelo sistema a partir da laje.

Figura 35 – Sistema alveolar leve



Fonte: Ecotelhado.

Figura 36 – Sistema alveolar leve (corte)



Fonte: Ecotelhado.

## Custos - Telhado verde x Telhado convencional

Apesar de cada vez mais comum, o telhado verde ainda que sustentável e efetivo em diversos aspectos já citados, é pouco conhecido e escolhido quando comparado ao telhado convencional. Um dos principais fatores para isso é a falta de mão de obra especializada em diversas regiões e certamente pelo custo, muitas vezes erroneamente engrandecido pelo consumidor. Foi feito então um comparativo entre a mão de obra, material, manutenção e demais gastos entre esses dois telhados, o convencional com telhas de cerâmica e o telhado verde com as composições necessários conforme a residência em análise.

Deve-se levar em consideração que em relação ao telhado convencional foi feito uma estimativa, visto que a casa foi construída com telhado plano e sem a intenção da implementação deste tipo de cobertura.

Na tabela 6 a seguir estão os custos retirados de um orçamento calculado precisamente para a residência em questão.

Tabela 6 – Comparativo Telhado verde x Telhado convencional

	DESCRIÇÃO	CUSTOS	TOTAL
TELHADO VERDE	MATERIAIS	R\$ 19.345,33	R\$ 26.749,33
	INSTALAÇÃO	R\$ 7.404,00	
TELHADO CONVENCIONAL	MATERIAIS	R\$ 16.350,49	R\$ 23.550,49
	MÃO DE OBRA	R\$ 7.200,00	

Fonte: Autores, 2020.

Pontos a serem levados em consideração:

- A residência em análise é de alto padrão, sendo assim, todos os materiais foram orçados de primeira linha e com empresas referência no objeto;
- Para o telhado verde foram considerados 138 m<sup>2</sup>, pois foi descontado a metragem ocupada pelas placas fotovoltaicas;
- Para o telhado convencional foram considerados 198 m<sup>2</sup>, nessa metragem está incluso a medida da casa, os beirados (comumente usados nas residências convencionais, entretanto seria necessária uma análise por conta da platibanda mais alta) e a inclinação necessária para a telha selecionada (telha cerâmica esmaltada). Nesse caso, as placas fotovoltaicas seriam instaladas sobre a cobertura.
- Os cálculos foram realizados em cima de números reais e visando fazer-se o mais exato possível, atentando-se ao fato de que as outras instalações se adaptariam ao tipo de telhado implantado.

Em relação as vantagens e desvantagens, na tabela 7 foram agrupadas as de maior relevância citadas no decorrer do trabalho e voltadas ao assunto em estudo: sustentabilidade na construção civil.

Tabela 7 – Vantagens e desvantagens do telhado verde

<b>TELHADO VERDE</b>	
<b>VANTAGENS</b>	<b>DESVANTAGENS</b>
<b>Diminui a poluição</b>	Manutenção
<b>Ajuda a combater as ilhas de calor</b>	Alto investimento inicial
<b>Melhora o isolamento térmico da edificação</b>	Mão de obra escassa e especializada
<b>Maior retenção de água da chuva</b>	Necessidade de estrutura reforçada
<b>Diminui a possibilidade de enchentes</b>	
<b>Reduz o consumo de energia</b>	
<b>Aumento da biodiversidade</b>	

Fonte: Autores, 2020.

Apesar de a telha convencional ter diversos benefícios, como conforto térmico, alta resistência à quebra e a salinidade e facilidade na limpeza, possui duas características que a tornam ineficientes para o nosso propósito, que seriam a impermeabilidade total delas e também os danos que a sua produção causam ao meio ambiente. A impermeabilidade foi um ponto repetidamente citado, pois é um dos grandes fatores para a ocorrência das enchentes e se contrapõe diretamente ao benefício do retardo de escoamento do telhado verde. Pertinente aos danos da produção da cerâmica, o professor Sebastião Roberto Soares realizou uma pesquisa na UFSC em 2003 e constatou que há 3 etapas desse ciclo que influenciam no meio ambiente: “a extração da matéria-prima, a escolha e forma de utilização da fonte energética e a emissão dos resíduos resultantes do processo de produção.” A retirada da argila como matéria-prima ocasiona mudanças profundas na região onde foi retirada, como erosão e alteração na paisagem. A respeito da fonte energética,

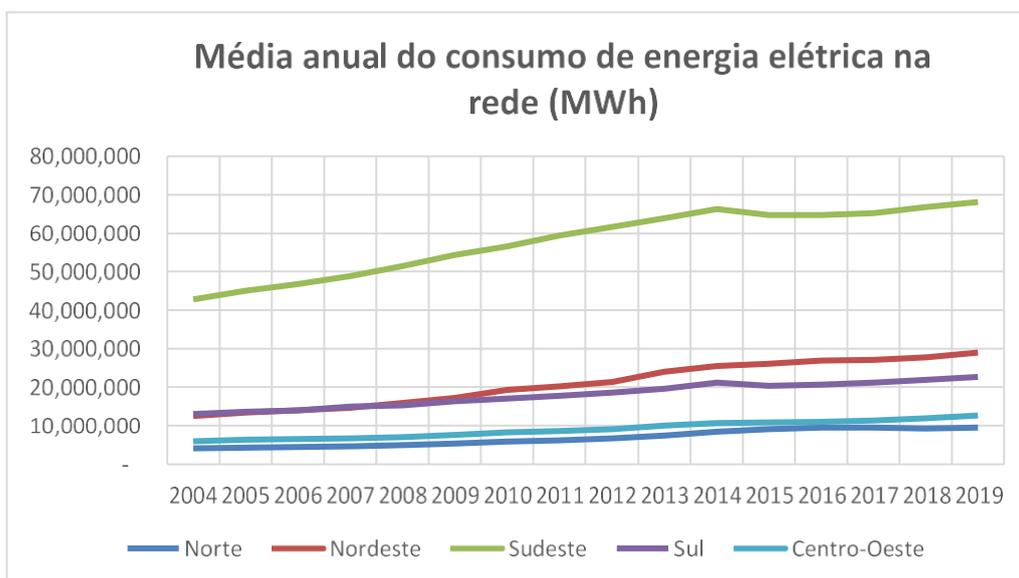
causam diferentes resultados de acordo com o combustível escolhido e tecnologia aplicada.

## SISTEMA DE VENTILAÇÃO NATURAL

Os condicionadores de ar, hoje em dia, é uma maneira muito conhecida e usual de equilibrar a temperatura no interior das edificações. Porém, o consumo de energia desses equipamentos é elevado, segundo Martinez, Alves, Pereira e Beyer (2009) é em torno de 19,9% consumo energético total do imóvel. Além disso, este consumo tem crescido ao longo dos anos segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), houve um aumento de 63.459.519 MWh, na classe residencial, no Brasil, entre os anos de 2004 a 2019.

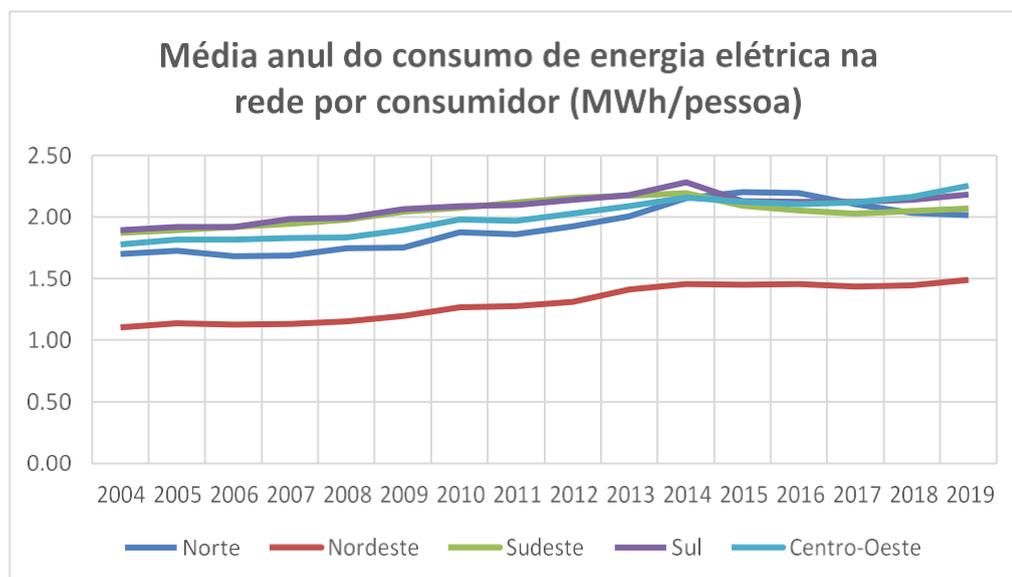
No gráfico 10 e gráfico 11 podemos comparar o consumo energético total e o consumo energético por consumidores, respectivamente, em cada região do Brasil, no decorrer dos anos.

Gráfico 10 Média anual do consumo de energia elétrica na rede na classe residencial (MWh)



Fonte: Autores, 2020.

Gráfico 11 – Média anual do consumo de energia elétrica na rede por consumidor (MWh/pessoa)

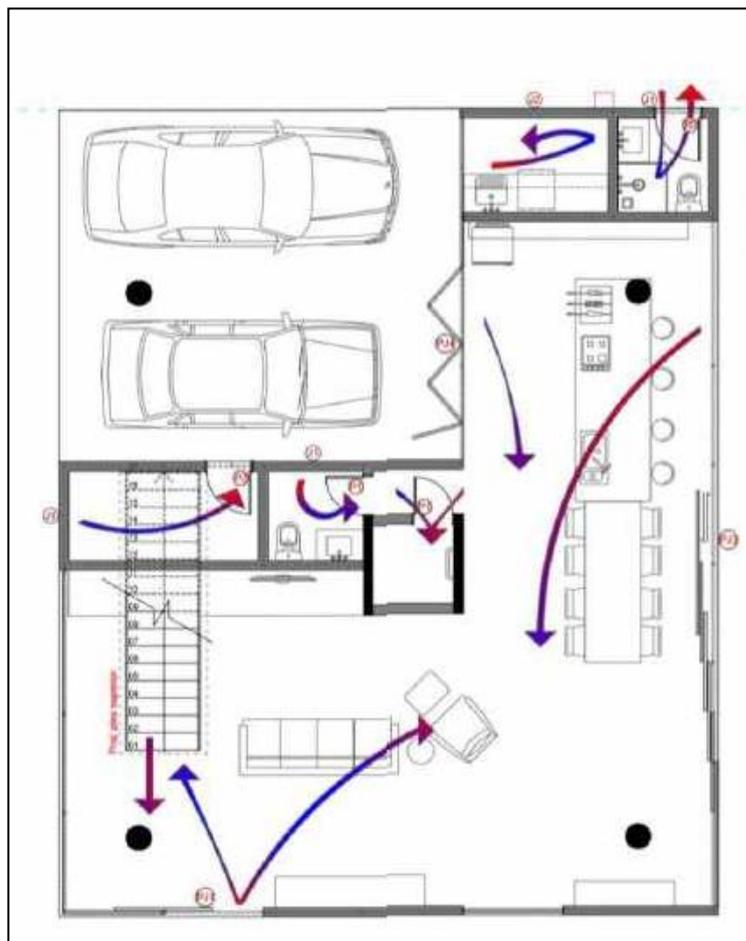


Fonte: Autores, 2020.

Sendo assim, a forma mais eficaz para diminuir o gasto com ventilação mecanizada é usufruir da ventilação natural. Através das ações do vento e/ou da diferença de densidade entre o ar no interior do edifício e a parte exterior, ocorre o fluxo natural do ar, promovendo o conforto térmico para os moradores do local.

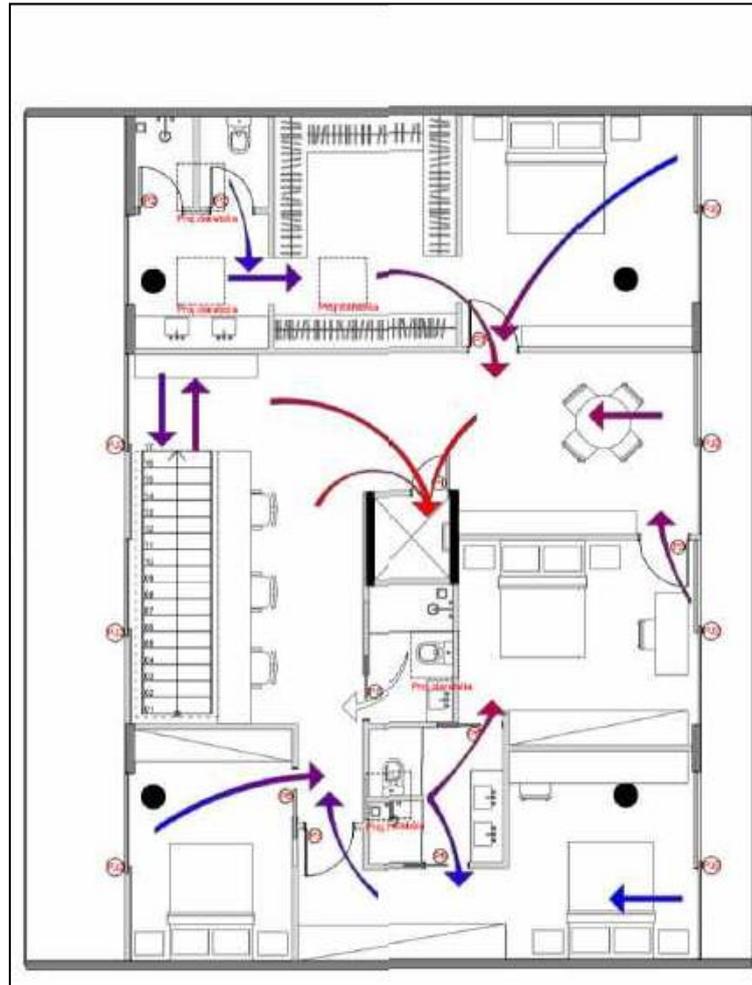
A residência desse estudo de campo, possui uma numerosa quantidade de aberturas, o que promove um grande fluxo de ar no interior do imóvel. Nas imagens 37 e 38 podemos observar a movimentação do ar dentro da edificação.

Figura 37 – Fluxo de ar no pavimento térreo



Fonte: Autores, 2020.

Figura 38 – Fluxo de ar no pavimento superior.



Fonte: Autores, 2020.

Além disso, a casa conta com um porão não previsto nos projetos preliminares (figura 39), e a mesma possui ventilação natural por meio de vãos localizados na parte superior das paredes (figura 41), que faz contato com o meio externo (figura 40), havendo troca de calor entre os meios.

Figura 39 – Acesso ao pavimento subterrâneo



Fonte: Autores, 2020.

Figura 40 – Visualização externa da entrada de ar do pavimento subterrâneo



Fonte: Autores, 2020.

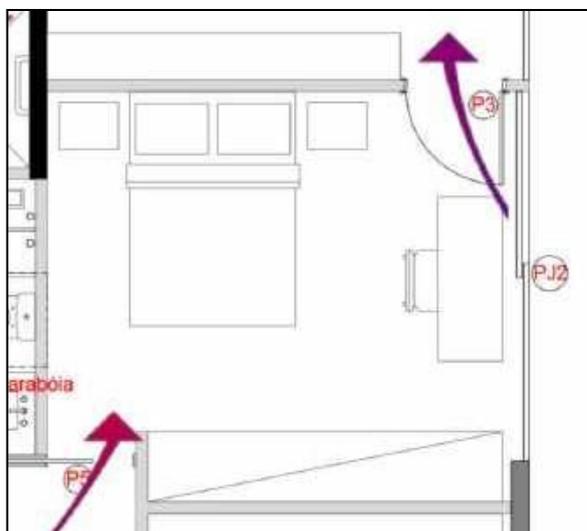
Figura 41 – Entrada de ar no pavimento subterrâneo



Fonte: Autores, 2020.

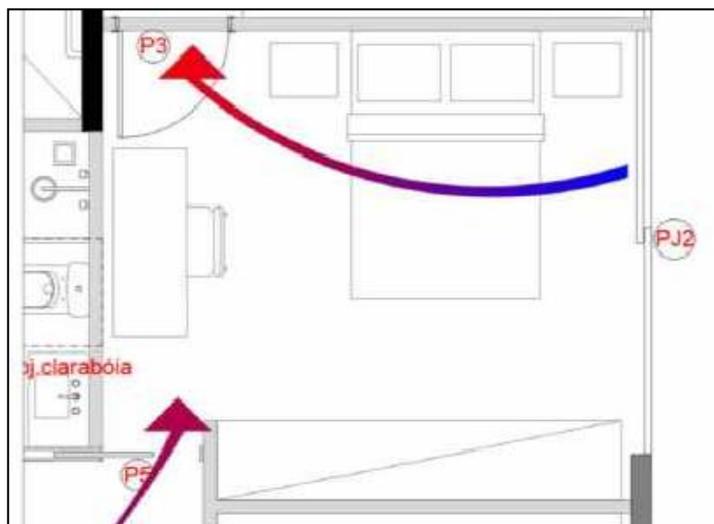
Uma maneira muito vantajosa de aproveitar as ações naturais do vento é a ventilação cruzada, que defende a alocação das aberturas em paredes paralelas ou com maior distanciamento possível, fazendo com que o ar circule por todo o ambiente. Observamos no objeto de estudo, que apenas um cômodo não possui ventilação cruzada. Um dos quartos possui a porta muito próxima à porta-janela, fazendo com que o vento percorra em um curto espaço, dessa forma, abaixo temos uma representação, na figura 42 e 43, comparando como ficaria o percurso do vento caso a localização da porta fosse alterada:

Figura 42 – Circulação de ar atual



Fonte: Autores, 2020.

Figura 43 – Sugestão de alteração da localização de abertura para melhor circulação do ar



Fonte: Autores, 2020.

Sendo assim, a residência necessita de apenas uma alteração para que tenha o melhor conforto térmico que a própria possibilita oferecer aos residentes.

## SISTEMA DE ILUMINAÇÃO

Como citado anteriormente nos gráficos 10 e 11, o consumo de energia elétrica no Brasil teve um aumento significativo nos últimos 15 anos, sendo grande parte dessa energia gerada por hidroelétricas, ou seja, dependente de um recurso natural finito.

Além dos condicionadores de ar, a iluminação artificial é vultosa no consumo total de energia no Brasil, segundo Martinez, Alves, Pereira e Beyer (2009), em torno de 13,9% do consumo total de energia de uma residência está relacionado ao sistema de iluminação. Uma forma de reduzir o consumo é utilizando lâmpadas de LED (Light Emitter Diode) ao invés de lâmpadas incandescentes que devido o processo de produção da luz, essas lâmpadas acabam perdendo energia em forma de calor. As lâmpadas fluorescentes também são mais eficientes se comparadas com as incandescentes, com um fator de conversão de 4 para 1, ou seja, uma lâmpada fluorescente de 20W equivale a uma incandescente de 80W, porém, ecologicamente falando, as lâmpadas fluorescentes possuem uma quantidade maior de mercúrio, que se faz necessário para o seu funcionamento, fazendo com que seja mais prejudicial

ao meio ambiente e também para saúde humana, principalmente quando acumuladas e com o envoltório, de vidro, fragmentado.

Segundo SANTOS e col. (2015), as lâmpadas com diodo emissor de luz (LED) são produzidas com materiais atóxicos ao meio ambiente, podendo ser descartado sem a necessidade de uma destinação final especial. Além disso, possui uma maior durabilidade, gerando menos descartes no ambiente. Além disso, as lâmpadas de LED não aquecem o local, pois não emitem calor. A desvantagem desse material é o custo da aquisição, que se comparado com os outros modelos, é consideravelmente elevado, porém pode ser compensado em questão de meses na fatura de energia.

A residência estudada nesse trabalho utiliza apenas lâmpadas de LED tipo Plafon, como mostra a fotografia 44.

Figura 44 – Lâmpadas tipo Plafon



Fonte: Autores, 2020.

Braga, Ferreira, Oliveira e Cruz (2014) concluíram que, a substituição de lâmpadas incandescentes de 60W, por fluorescentes de 15W ou LED de 10W, promove uma significativa redução no consumo de energia, como podemos ver na tabela 8, devido à maior eficiência luminosa (conversão de energia recebida em luz) presente nas mesmas.

Tabela 8 – Comparativo da eficiência luminosa entre lâmpadas

Lâmpada	Potência (W)	Eficiência Luminosa (lm/W)
Incandescente	60	14,40
Fluorescente	15	64,00
LED	10	80,00

Fonte: Autores, 2020.

Considerando que são necessárias a utilização de 72 lâmpadas de LED para iluminar o interior da residência e que elas permanecem ligadas em torno de 8h por dia, temos na tabela 9 o consumo médio mensal em kWh.

Tabela 9 – Relação do consumo médio mensal em kWh por tipo de lâmpada

Lâmpada	Potência (W)	Consumo médio mensal (KWh)
Incandescente	60	1.036,80
Fluorescente	15	259,20
LED	10	172,80

Fonte: Autores, 2020.

A partir da planilha assim, podemos ter um comparativo aproximado de custos, na tabela 10, considerando o preço unitário das lâmpadas na região de São José/SC e tendo em vista o valor de kWh = R\$ 0,57 para os primeiros 150kWh e R\$ 0,678 para o restante com os três modelos de lâmpadas descritos acima.

Tabela 10 – Comparativo aproximado de custos

Lâmpada	Potência (W)	Preço R\$/uni.	Primeiros kWh	Restante dos kWh	Gasto 1º mês	Gasto mensal R\$	Tempo de retorno
Incandescente	60	R\$ 6,29	150,00	886,80	R\$ 693,22	R\$ 686,93	□□□□□
Fluorescente	15	R\$ 9,99	150,00	109,20	R\$ 169,71	R\$ 159,72	1 mês
LED	10	R\$ 35,90	150,00	22,80	R\$ 137,04	R\$ 101,14	1 mês

Fonte: Autores, 2020.

Além da utilização de lâmpadas com alta eficiência energética, a casa também possui muitas áreas envidraçadas, possibilitando a iluminação natural proveniente da luz solar, que além de colaborar para a diminuição do uso de iluminação artificial, ainda tem inúmeros benefícios para a saúde física e mental. As claraboias existentes

permitem que os banheiros fiquem localizados no centro da casa e ainda sim desbravem de iluminação e ventilação natural, como mostra a fotografia 45.

Figura 45 – Claraboia localizada no banheiro social.



Fonte: Autores, 2020.

As áreas com maior uso de esquadrias de vidro estão localizadas nas vistas leste e oeste da residência, como mostra a fotografia 46, possibilitando um alto aproveitamento da luminância solar.

Figura 46 – Vista Oeste/Sul da residência



Fonte: Autores, 2020.

Uma preocupação é a absorção dos raios ultravioletas feita pelas vidraças, porem foram utilizados vidros laminados de 8mm, devido à dimensão dos vãos livres, que consequentemente colaboram para o conforto térmico e conservação dos móveis. (CEBRASE, 2005)

## SISTEMA DE COLETA DE ÁGUA

Em São José/SC a precipitação média anual, segundo o Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina (Ciram), é de 1.700 à 1.900 mm, e em torno de 6 à 10 dias de chuvas por mês, dessa forma, se torna proveitoso a implantação de sistemas para captação de água da chuva.

A residência analisada nesse estudo de campo possui 01 cisterna de 3.000L localizada no pavimento subterrâneo (fotografia 47) e 6 reservatórios de 200L na cobertura, resultando 4.200L de reservatórios de águas pluviais.

Figura 47 – Reservatório de águas pluviais de 3.000L



Fonte: Autores, 2020.

A água armazenada nesses reservatórios tem como objetivo irrigar a horta que o proprietário possui nos fundos da residência (fotografia 48).

Figura 48 – Horta



Fonte: Autores, 2020.

Uma opção ecológica é a implantação de um poço que receba o excesso de água armazenada na cisterna e direciona-a para o lençol freático, colaborando para o ciclo completo da água.

## 5 CONCLUSÕES

Após o desenvolvimento deste estudo, podemos levantar as seguintes considerações:

1. O sistema fotovoltaico é um investimento com retorno à longo prazo, porém, considerando que o proprietário dessa residência em questão tem planos de permanecer na casa durante um longo período, concluímos que para este estudo de campo o sistema fotovoltaico se faz proveitoso;
2. Referente ao sistema de coleta de água, mantendo as alegações feitas no item anterior, além de contribuir de forma direta para o escoamento superficial da água, o aproveitamento de águas pluviais é muito vantajoso financeiramente para o proprietário da residência, considerando que o investidor será quem usufruirá do sistema;
3. Para o sistema de iluminação, a residência possui um alto índice de luminosidade natural, que por sua vez reduz a necessidade de iluminação artificial, gerando diversos benefícios que vão além da sustentabilidade e benefícios ecológicos. Além disso, o investimento feito em lâmpadas de LED, neste caso, possui um curto tempo de retorno, e considerando que as faturas da concessionária de energia serão pagas por quem aplicou o capital inicial, a utilização de lâmpadas de LED se faz extremamente vantajosa para este estudo;
4. O sistema de ventilação natural já existente na residência é eficaz para a troca de calor com o meio exterior, havendo apenas uma sugestão de melhoria, porém, levando em conta a arquitetura e a privacidade estabelecida à entrada do cômodo, não se faz excepcionalmente necessária a alteração;
5. Em relação ao telhado verde, defrontando os dois modelos analisados em relação aos custos e especialmente ao objetivo inicial do estudo que é a sustentabilidade, se faz de extrema eficácia, tanto para com o conforto térmico dos moradores da residência, como para com o escoamento superficial e biodiversidade promovido à toda população.

## 5.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Foram analisadas e estudadas para implementação os sistemas mais eficientes e em alta no momento. Porém a sustentabilidade está em constante desenvolvimento e em ritmo acelerado, é necessário então manter-se atento às novas tecnologias e visar implementar outros meios ecológicos e sustentáveis à residência para por fim realizar a consultoria de algum dos certificados de sustentabilidade já citados neste trabalho.

## REFERÊNCIAS

ACKER, A. V. **Manual de sistemas pré-fabricados de concreto**. São Paulo, Associação Brasileira da Construção Industrializada em Concreto (ABCIC), 2002.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (Brasil) (org.). **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 482, DE 17 DE ABRIL DE 2012**. 2020.

Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf> . Acesso em: 13 jun. 2020.

ALBERTO, E. Z. et al. Estudo do telhado verde nas construções sustentáveis. **Proceedings of Safety, Health and Environment World Congress**. p.171-173, 2013.

ANDRADE NETO, C. O.. Segurança sanitária das águas de cisternas rurais. In: 4º Simpósio Brasileiro de Captação e Manejo de Água de Chuva. Juazeiro, 2003. **Anais[...]**. Bahia: ABCMAC, 2003.

ARAÚJO, M. A. **A moderna construção sustentável**. [2008]. Disponível em: [http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17293/material/A\\_moderna\\_construcao\\_sustentavel.pdf](http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17293/material/A_moderna_construcao_sustentavel.pdf). Acesso em: 05 nov. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA. **Propostas para inserção da energia solar fotovoltaica na matriz elétrica brasileira**. São Paulo: ABINEE, 2012.

ATLAS Brasileiro de Energia Solar 2º Edição. São José dos Campos-Brasil: [s. n.], 2017. Atlas Brasileiro de Energia Solar.

BAETA, Isabella. **Avaliação da sustentabilidade em instituições de ensino público**: diretrizes para base metodológica aplicada a construção civil. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro.

BALDESSAR, S. M. N. **Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada**. Curitiba, 2012. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) -Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

BÄR, B. V.; TAVARES, S. F. Estado da arte do comportamento hidrológico de telhados verdes no brasil: uma revisão sistemática. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, Campinas, São Paulo, v. 8, n. 4, p. 257-271, dez. 2017. ISSN 1980-6809. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8650106/17718>. Acesso em: 06 nov. 2019.

BARBOSA, Gisele Silva. O desafio do desenvolvimento sustentável. **Revista Visões**, v. 1, n. 4, p. 1, jun. 2008.

BERNARDO, S. Impacto ambiental da irrigação no Brasil. In: Silva, D. D. da.; Pruski, F.F. (Ed.). **Recursos hídricos e desenvolvimento sustentável da agricultura**. Viçosa: MMA, SRH, ABEAS, UFV, 1997. 252p.

BEZERRA, M. C. L.; BURSZTYN, M. **Ciência e Tecnologia para o desenvolvimento sustentável**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis: Consórcio CDS/ UNB/ Abipti, 2000.

BOULOMYTIS, V. T. G. Estudo da qualidade da água de chuva captada em telhado residencial na área urbana para fins de irrigação de alface. 6 o Simpósio Brasileiro de Captação E Manejo De Águas De Chuva. Belo Horizonte, 2007. **Anais[...]**. Minas Gerais, 2007.

BRAGA, Felipe Silva; FERREIRA, Inira Luisi Paim; OLIVEIRA, Lucas Miranda; CRUZ, Antônia Ferreira dos Santos. **ANÁLISE COMPARATIVA DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E QUALIDADE DE ENERGIA EM LÂMPADAS INCANDESCENTES FLUORESCENTES E LED'S**. 2014. 19 f. Monografia (Especialização) - Curso de

Engenharia Elétrica, Universidade Salvador, Salvador, 2014. Disponível em: <https://revistas.unifacs.br/index.php/sepa/article/view/3382> . Acesso em: 14 jun. 2020.

BRASIL. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. (org.). **Empresa de Pesquisa Energética**: consumo mensal de energia elétrica por classe (regiões e subsistemas). Consumo Mensal de Energia Elétrica por Classe (regiões e subsistemas). 2020. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/> . Acesso em: 14 jun. 2020.

BRASIL. **Lei no 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1981. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm). Acesso 10 out. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Políticas para o Desenvolvimento Sustentável. **Agenda 21**. Brasília, DF, 2019. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21> . Acesso em: 05 out. 2019.

BRUNA, Gilda Collet; VIZIOLI, Simone Helena Tanoue. Habitação Social com tijolo de solo cimento, como elemento estruturador do desenvolvimento sustentável de João Dourado (BA). **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, n. 4, p. 43-49, 2006.

CAMARGO, Aspásia. Governança para o século 21. In: TRIGUEIRO, A. **Meio ambiente no século 21**: 21 especialistas falam da questão ambiental nas suas áreas de conhecimento. Rio de Janeiro: Sextante, 2003.

CAMPOS, Mônica Maria; AZEVEDO, Flávio Rocha. **Aproveitamento de águas pluviais para consumo humano direto**. In: Jornal Eletrônico das Faculdades Integradas Vianna Júnior. Edição I, p. 23-42, Mai. 2013.

CEBRACE. Disponível em <http://www.cebrace.com.br>. Acesso em: 26 de junho de 2020.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO (Brasil) (org.). **Energia Solar Fotovoltaica**. 2020. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/> . Acesso em: 03 jun. 2020.

CHIGUERU TIBA (Brasil) (comp.). **Atlas Solarimétrico do Brasi**. 2020. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/> . Acesso em: 14 jun. 2020.

CHING, Francis D.K. **Técnicas de construção ilustradas**, 5th ed. Bookman, [s.l], 2017.

CMA/CBIC (Brasília) (ed.). **Piauí instala a maior usina de energia fotovoltaica da América Latina**. 2019. Disponível em: <https://cbic.org.br/>. Acesso em: 03 jun. 2020.

COLAÇO, Luís Manoel de Miranda. **A evolução da sustentabilidade no ambiente construído projeto e materiais dos edifícios**. Tese apresentada na Universidade Portucalense para obtenção do grau de Doutor. Porto, Portugal, 2008. 207 p.

COLLA, Lizzi Lemos. **Sistemas de captação e aproveitamento de água de chuva**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Engenharia Ambiental) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Sorocaba.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Nosso futuro comum**. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CONGRESSO BRASILEIRO DE CUSTOS, XXII., 2015, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. **Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil [...]**. [S. l.: s. n.], 2015.

COSTA, Jadilson Niles Costa. **Aplicação do vidro na construção civil**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Engenharia Civil) - Faculdade Pitágoras, Belo Horizonte.

DA SILVA, Diogo Hilário *et al.* CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL NA ENGENHARIA CIVIL. **Caderno de graduação-ciências exatas e tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 4, n. 2, p. 96, 2018.

DALLA COSTA, Eduardo; MORAES, CSB de. Construção civil e a certificação ambiental: análise comparativa das certificações LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) e AQUA (Alta Qualidade Ambiental). **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 10, n. 3, 2013.

DEMETRIO, Gislaine Gomes; FERNANDES, Bruno Silveira. **Aspectos relevantes da sustentabilidade em edificações na construção civil**. 2018. 88 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação de Engenharia Civil), Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2018.

DIDONE, Evelise Leite; WAGNER, Andreas; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. Avaliação da influência do contexto urbano na radiação solar para geração de energia. **urbe, Rev. Bras. Gest. Urbana**, Curitiba, v. 9, supl. 1, p. 408-424, Outubro 2017. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2175-33692017000400408&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-33692017000400408&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 25 jun. 2020.

Du Plessis, C. (2001), **Agenda 21 for sustainable construction in developing countries**. A Discussion Document. Report for the CIB and UNEP-IETC, CSIR Building Construction and Technology, Pretoria.

ECOCASA. **Piso de Bambu**. Setembro: 2010. Disponível em: <https://www.ecocasa.com.br/piso-de-bambu>. Acesso em: 22 out. 2019.

ECOCASA. **Tinta Mineral Natural**. Dezembro: 2011. Disponível em: <https://www.ecocasa.com.br/tinta-mineral-natural>. Acesso em: 24 out. 2019.

FERRAZ, A. L. N.; SEGANTINI, A. A. da S. Engenharia sustentável: aproveitamento de resíduos de construção na composição de tijolos de solo-cimento. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5., 2004, Campinas. **Anais[...]**. Campinas: UNICAMP, 2004.

FIORI, A. M.; LARA, G.; JARDIM, S. S. **Ambiente Legal**, 2006. Disponível em: <http://www.ambientelegal.com.br/25-anos-a-lei-que-implantou-nossa-politica-ambiental-atinge-a-maturidade/>. Acesso em: 24 out. 2019.

FOGAÇA, Jennifer Rocha Vargas. **Poluição termal**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/poluicao-termal.htm> . Acesso:15 set. 2019.

Fundação. Vanzolini, 2010. **Certificação AQUA chega aos edifícios e conjuntos habitacionais no Brasil**. São Paulo, 2010. Fundação Vazolini. Boletim 2010 – Ambiental Company (Gestão em Meio Ambiente).

GBC BRASIL. [2019]. **Certificação LEED**. Disponível em: <http://www.gbcbrasil.org.br/>. Acesso em/; 12 nov. 2019.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social** / Antonio Carlos Gil. - 6. ed. - São Paulo: Atlas, 2008.

GNADLINGER, J. Apresentação técnica de diferentes tipos de cisternas, construídas em comunidades rurais do semiárido brasileiro. In: Conferência internacional sobre sistemas de captação de água da chuva, 9., 6 a 9 jul.1999, Petrolina. **Anais[...]**.Petrolina, 1999.

GONÇALVES. J. C. S.; BODE. K. **Edifício ambiental**. SÃO PAULO: OFICINA DE TEXTOS, 2015.

GRANDE, Fernando Mazzeo (2003): **Fabricação de tijolos modulares de solo-cimento por prensagem manual com e sem adição de sílica ativa**. Dissertação de mestrado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos. São Carlos.

GUIMARÃES, R.P.; FEICHAS, S.A.Q. Desafios na construção de indicadores de sustentabilidade. **Ambiente & Sociedade**, v.12, n.2, p.307-323, 2009.

HAY, F. John. **ECONOMICS OF SOLAR PHOTOVOLTAIC SYSTEMS**. 2013.

Disponível em: <https://extensionpubs.unl.edu/>. Acesso em: 13 jun. 2020.

JOHN, V. M.; SILVA, V. G.; AGOPYAN, V. Agenda 21: uma proposta de discussão para o construbusiness brasileiro. II Encontro nacional e I Encontro Latino americano sobre edificações e comunidades sustentáveis. **Anais[...]**ANTAC/UFRGS, Canela - RS, p. 91-98, 2001.

KRUSE, Tulio. **Produção de energia elétrica no Brasil polui cada vez mais**.

ESTADÃO. Setembro: 2017. Disponível em:

<https://sustentabilidade.estadao.com.br/noticias/geral,producao-de-energia-eletrica-no-brasil-polui-cada-vez-mais,70002021234> . Acesso em: 25 set. 2019.

LAAR, M. et al. Estudo de aplicação de plantas em telhados vivos extensivos em cidades de clima tropical. In. Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC, 6. **Anais[...]** São Pedro, São Paulo, 2001.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, EVA Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 297 p.

MARTINEZ, Maria Fernanda; ALVES, Marta Baltar; PEREIRA, Luís Alberto; BEYER, Paulo Otto. REDUÇÃO DE CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE CONCEITOS GREEN BUILDING. **Eletrônica de Potência**, Porto Alegre, v. 14, n. 2, p. 141-148, maio 2009. Disponível em: <https://sobraep.org.br/site/uploads/2018/06/rvol14no2p15.pdf> . Acesso em: 14 jun. 2020.

MELGES, J.L.P (1995) **Punção em lajes: exemplos de cálculo e análise teórico-experimental**. São Carlos, 217p. Dissertação (mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

MESQUITA, A. S. G., **Análise da geração de resíduos sólidos da construção civil em Teresina, Piauí**. Instituto Federal do Piauí. HOLOS, Ano 28, v. 2, p. 58, 2012.

MINIKOWSKI, M.; MAIA, A. G. Sistemas de aproveitamento de água de chuva no município de Irati (PR). In: **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v. 7, n. 2, p. 181- 188, abr./jun. 2009

MOGAWER, T.; SOUZA, T. M. Sistema Solar de Aquecimento de Água para Residências Populares. In. Encontro de Energia do Meio Rural,5. 2004, Campinas. **Anais eletrônicos**[...] Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/pdf/agrener/n5v2/114.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2020.

MORAES, L. D., **Aspectos relevantes da potencialidade e da aplicabilidade da reciclagem de resíduos sólidos na construção civil**. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil apresentado ao Departamento de Tecnologia - DETEC, da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul UNIJUI, 2008.

MOTEZUKI, Fabio Kenji. **UM ESTUDO SOBRE A SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DA VENTILAÇÃO CRUZADA EM HABITAÇÕES E SUA APLICAÇÃO NO PROJETO ARQUITETÔNICO**. 2009. 108 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

NICO-RODRIGUES, Edna Aparecida. **Influência da janela no desempenho térmico de ambientes ventilados naturalmente**. 2015. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) Faculdade de Arquitectura, Construcción y Diseño, Universidad del Bío – Bío. Concepción 2015.

NOIA, P. R. C. **Sustentabilidade socioambiental**: desenvolvimento de sistemas construtivos em bambu no Vale do Ribeira, SP. 2012. 211 p. Dissertação (Mestrado – Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura) – FAUUSP, São Paulo, 2012.

OLIVEIRA, E. W. N. **Telhados verdes para habitações de interesse social**: retenção das águas pluviais e conforto térmico. 2009. 87f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. ONU divulga 4. edição do relatório sobre recursos hídricos. 6º Fórum Mundial da Água. **VEJA**. Abril: 2012. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/onu-apresenta-relatorio-sobre-recursos-hidricos-em-forum-mundial-da-agua/> . Acesso 24 out. 2019.

PALHARES, J. C. P. **Captação de água da chuva e armazenamento em cisterna para uso na produção animal**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2016.

PAQUETE, Suzana. Qual o impacto ambiental da instalação de uma hidrelétrica. **Superinteressante**. Julho: 2018. Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/qual-o-impacto-ambiental-da-instalacao-de-uma-hidreletrica/> . Acesso em: 05 out. 2019.

PEDIGRER, P. W., **Avaliação do grau de sustentabilidade de um condomínio residencial- estudo de caso**. 2008. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2008.

PENA, Rodolfo F. Alves. **Tipos de erosão**. Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/tipos-erosao.htm> . Acesso em 16 set. 2019.

PEREIRA, Ramom Rocha. **Sustentabilidade na construção civil: estudo de caso na Pedra Branca**. 2019. 90 f. TCC (Graduação)- Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2019.

PIAUIHOJE.COM. **Piauí instala a maior usina de energia fotovoltaica da América Latina**. 2018. Disponível em: <https://piauihoje.com/> . Acesso em: 03 jun. 2020.

PINHEIRO, M. D.- Construção sustentável - mito ou realidade? VII Congresso Nacional de 108. **Anais**[...], [2019]

PORTAL BIOSSISTEMAS. **O potencial hidrelétrico brasileiro e a maior usina geradora de energia do mundo**. 2018. Disponível em: <http://www.usp.br/portalbiossistemas/?p=7865> . Acesso em: 05 nov. 2019.

PORTAL ECYCLE. **Energia hidrelétrica.** Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/2906-energia-hidreletrica> . Acesso em: 05 nov. 2019.

Portolan, Isis & Santos, Ísis & Urbanetz, Jair & Rüter, Ricardo. (2020). ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA COMO FONTE COMPLEMENTAR DE ENERGIA ELÉTRICA PARA RESIDÊNCIAS NA BUSCA DA SUSTENTABILIDADE.

ROCHA, L. M. V.; SOUZA, L. C. L. Contribuição da Vegetação e Permeabilidade do Solo Para o Ambiente Térmico em Avenidas de Fundo de Vale. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Búzios, 2011. **Anais[...]** Búzios, 2011.

Rodrigues, G.D.; Silva, L.H.M.; Silva, M.C.H. **Alternativas verdes para o preparo de amostra e determinação de poluentes fenólicos em água.** Química Nova 2010, 33, 1370.

SANTA CATARINA. CENTRO DE INFORMAÇÕES DE RECURSOS AMBIENTAIS E DE HIDROMETEOROLOGIA DE SANTA CATARINA. . **Climatologia:** atlas climatológico. Atlas Climatológico. 2020. Disponível em: <http://ciram.epagri.sc.gov.br/> . Acesso em: 24 jun. 2020.

SANTO, A. D.; ALVAREZ, C. E.; NICO-RODRIGUEZ, E. A.; Conforto e desempenho térmico em contradição na NBR 15575. **Revista ProArq de Arquitetura e Urbanismo da UFES.** Espírito Santo, 2013.

SANTOS, P. T. S. *et al.* Telhado Verde: desempenho do sistema construtivo na redução do escoamento superficial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 1, p. 161-174, jan./mar. 2013.

Santos, Talía & Batista, Marília & Pozza, Simone & Rossi, Luciana. (2015). **Análise da eficiência energética, ambiental e econômica entre lâmpadas de LED e convencionais.** Engenharia Sanitaria e Ambiental.

SCHMIDT, Franciele Taise Manica. **Aplicação do conceito de sustentabilidade em uma edificação residencial unifamiliar – estudo de caso**. 2009. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação de Engenharia Civil – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí.

SERRA, S. M. B.; FERREIRA, M.de A.; PIGOZZO, B.N. **Evolução dos pré-fabricados de concreto**. In: Encontro nacional de pesquisa-projeto-produção em concreto pré-moldado., 1., 2005. São Carlos. **Anais[...]** eletrônicos... Disponível em: [http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab\\_pdf/164.pdf](http://www.set.eesc.usp.br/1enpppcpm/cd/conteudo/trab_pdf/164.pdf). Acesso em: 05 out. 2019.

SILVA, L. R. J. R.; SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, M. A. G. O. Análise comparativa das fontes de energia solar fotovoltaica, hidrelétrica e termelétrica, com levantamento de custos ambientais, aplicada ao Distrito Federal. In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 7., 2018, Distrito Federal. **Anais[...]** Distrito Federal: [s.n], 2018.

SILVA, Vanessa Gomes da. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica**. 2003. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SOUZA, Henor Artur de; RODRIGUES, Luciano Souza. Ventilação natural como estratégia para o conforto térmico em edificações. **Rev. Esc. Minas**, Ouro Preto, v. 65, n. 2, p. 189-194, Junho 2012. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0370-44672012000200007&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-44672012000200007&lng=en&nrm=iso). Acessado em 25 de Junho de 2020.

SOUZA, Márcia I. B.; SEGANTINI, Antonio A. S.; e PEREIRA, Joelma A. (2008): Tijolos prensados de solo cimento confeccionados com resíduos de concreto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.12, n. 2, p. 205-212, Campina Grande.

SOARES, Yasser Vasconcelos; MELO, Guilherme Sales;

NEUENSCHWANDER, Raul. **Análise experimental de lajes cogumelo nervuradas de concreto armado com pilares metálicos**. 2004. Disponível em: <http://raulneuenschwander.com.br/wp-content/uploads/2017/01/CBC0199-ISBN-85-98576-02-6.pdf> . Acesso em: 11 nov. 2019.

TASSI, R. *et al.* Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 139-154, jan./mar. 2014.

TELLES, D. D.; COSTA, R. P. **Reúso da água**: Conceitos, teorias e práticas. 2<sup>o</sup> ed. São Paulo: Blucher, 2010. 408 p.

TijoloECO – Tijolos Ecológicos. **Tijolo Ecológico**. Disponível em: <http://tijoloeco.com.br/tijoloecologico/>. Acesso em: 05 out. 2019.

VALENTE, J. P. **Certificações na construção civil: comparativo entre LEED e HQE**. Rio de Janeiro, 2009. Monografia (Graduação) - Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

VARGAS, Elioth Neyl Zambrana. **Punção em lajes-cogumelo de concreto de alta resistência reforçado com fibras de aço**. 1997. 244 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Estruturas, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1997.

VASCONCELOS, A. C. (2002). **O concreto no Brasil**: pré-fabricação, monumentos, fundações. Volume III. Studio Nobel. São Paulo.

WESTWING. **Piso de Bambu**. Disponível em: <https://www.westwing.com.br/guiar/piso-de-bambu/>. Acesso em: 05 nov. 2019.

WILK JUNIOR, Daniel; TARTARI, Lucas. **Proposta para projeto de residência unifamiliar padrão COHAPAR MBP43 adaptada ao uso de painéis pré-fabricados em concreto armado**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco.

YEMAL, J. A.; TEIXEIRA, N. O. V.; NÄÄS, I. A. Sustentabilidade na construção civil. INTERNATIONAL WORKSHOP ADVANCES IN CLEANER PRODUCTION, 3., 2011, São Paulo. **Anais**[...] São Paulo, 2011. p. 1-10.