



**DANIEL SENDRETI BRODER**

**PROPOSTA DE PROJETO ARQUITETÔNICO DE MORADIA  
TEMPORÁRIA SUSTENTÁVEL**

**LAVRAS – MG**

**2022**

**DANIEL SENDRETI BRODER**

**PROPOSTA DE PROJETO ARQUITETÔNICO DE MORADIA  
TEMPORÁRIA SUSTENTÁVEL**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Luciana Barbosa de Abreu

Orientadora

Me. Eduardo Hélio de Novais Miranda

Coorientador

**LAVRAS – MG**

**2022**

**DANIEL SENDRETI BRODER**

**PROPOSTA DE PROJETO ARQUITETÔNICO DE MORADIA TEMPORÁRIA  
SUSTENTÁVEL**

**ARCHITECTURAL PROJECT PROPOSAL OF SUSTAINABLE TEMPORARY  
HOUSING**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Civil, para a obtenção do título de Bacharel.

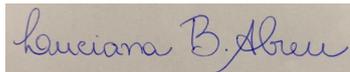
APROVADO em 28 de abril de 2022.

Prof. Luciana Barbosa de Abreu - UFLA

Diogo Antonio Correa Gomes - UFLA

Eduardo Hélio de Novais Miranda - UFLA

Thaiane Oliveira Marcelino - UFLA



Prof. Luciana Barbosa de Abreu

Orientadora



Me. Eduardo Hélio de Novais Miranda

Orientador

**LAVRAS – MG**

**2022**

## RESUMO

A Universidade Federal de Lavras (UFLA), uma universidade de grande porte, conta com programas de mobilidade acadêmica que permite que discentes e docentes de instituições estrangeiras sejam recebidos em seu campus. Devido a este caráter de expansão, a instituição tem uma reputação a ser preservada e melhorada. A universidade possui em sua essência a busca pelo desenvolvimento sustentável, sendo considerada um exemplo para outras organizações neste âmbito. Desta forma, buscando unir essas duas questões, este trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um edifício residencial sustentável dentro do campus da UFLA destinado a receber docentes e alunos estrangeiros. O prédio contará com tecnologias que favorecem a temperatura, umidade e ventilação dentro dos ambientes, além de permitir a economia de água e energia, proporcionando conforto para os usuários. A sustentabilidade aplicada no edifício colabora com a reputação da UFLA e incentiva a utilização destes conceitos em outras edificações em nível internacional. Deseja-se a partir deste projeto alavancar o potencial da UFLA como universidade sustentável e difundir tal prática em obras em geral futuras a esta.

**Palavras-chave:** Impacto ambiental. Conforto ambiental. Hospedagem.

## **ABSTRACT**

The Federal University of Lavras (UFLA), a university with wide doors, you will find academic mobility programs that allows teachers and students from foreign institutions to stay on its campus. Due to this expansion character, the institution has a reputation to be preserved and improved. The university has in its essence the search for sustainable development, being considered an example for other organizations in this area. Thus, seeking to unite these two issues, this work aims to develop a sustainable residential building within the UFLA campus for foreign professors and students. The building will use technologies that favor temperature, humidity and ventilation within the spaces, in addition to allowing for water and energy savings, providing comfort for users. The sustainability applied to the building collaborates with the construction of UFLA and encourages the use of these concepts in other actions at an international level. It is based on this project to leverage the potential of UFLA as a sustainable university and to spread this practice in general in the future.

**Keywords:** Environmental impact. Environmental comfort. Accommodation.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de projeto cíclico .....	11
Figura 2 - Ventilação cruzada .....	14
Figura 3 - Sistema de captação de água da chuva. ....	16
Figura 4 - Composição de parede de estrutura em <i>wood frame</i> .....	21
Figura 5 - Camadas de um telhado verde.....	24
Figura 6 - Brock Commons .....	25
Figura 7 - Modelo virtual representando estrutura híbrida do Brock Commons.....	26
Figura 8 - Representação da sequência construtiva dos acabamentos do Brock Commons.....	27
Figura 9 - Previsão do <i>De Oosterlingen</i> .....	28
Figura 10 - Projeção da Usina Fotovoltaica da UFLA .....	30
Figura 11 - Localização do terreno .....	31
Figura 12 - Terreno escolhido para o projeto .....	32
Figura 13 - Área de manobra para cadeira de rodas .....	34
Figura 16 - Planta baixa humanizada do projeto .....	35
Figura 14 - Planta baixa humanizada com ventilação cruzada representada .....	36
Figura 16 - Vista 3D frontal do projeto .....	37
Figura 17 - Vista 3D posterior do projeto .....	37

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO .....</b>	<b>9</b>
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
<b>3.1</b>	<b>Sustentabilidade.....</b>	<b>9</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Impactos da Construção Civil.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1.2</b>	<b>Edificação Sustentável .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2</b>	<b>Arquitetura bioclimática .....</b>	<b>12</b>
<b>3.3</b>	<b>Técnicas construtivas sustentáveis.....</b>	<b>14</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Coleta de águas pluviais.....</b>	<b>15</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Painéis solares .....</b>	<b>17</b>
<b>3.3.3</b>	<b><i>Wood frame</i>.....</b>	<b>19</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Telhado Verde.....</b>	<b>22</b>
<b>3.4</b>	<b>Estudos de caso .....</b>	<b>25</b>
<b>3.4.1</b>	<b><i>Brock Commons Tallwood House</i> .....</b>	<b>25</b>
<b>3.4.2</b>	<b><i>De Oosterlingen</i> .....</b>	<b>28</b>
<b>3.5</b>	<b>Universidade Federal de Lavras .....</b>	<b>29</b>
<b>3.5.1</b>	<b>Práticas Sustentáveis.....</b>	<b>29</b>
<b>3.5.2</b>	<b>Visitantes estrangeiros .....</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>PROPOSTA DE PROJETO.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1</b>	<b>Terreno escolhido .....</b>	<b>31</b>
<b>4.2</b>	<b>Programa de necessidades e dimensionamento .....</b>	<b>32</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>38</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Fundada em 1908, a Universidade Federal de Lavras (UFLA), inicialmente chamada Escola Agrícola de Lavras (ESAL), contém em sua essência a sustentabilidade ambiental. Através de medidas como a troca das lâmpadas do campus e a implementação de uma usina fotovoltaica, a universidade colabora com a preservação do meio ambiente. Por dez anos consecutivos, a instituição avança na pontuação geral e ocupa posição de destaque no UI GreenMetric World University Ranking, classificação internacionalmente reconhecida que avalia o nível de sustentabilidade de instituições de ensino ao redor do mundo. De acordo com Alvim (2021), em 2021, a universidade foi classificada como a segunda mais sustentável do Brasil e a quarta da América do Sul.

Paralelo a isso, a UFLA contempla uma série de programas e parcerias com instituições estrangeiras, o que proporciona a mobilidade entre docentes e discentes destas. Desta forma, se fazem necessárias formas de receber este pessoal. Para isso, a instituição conta com a Casa de Hospedagem Alvorada, instalação localizada em seu campus e que tem a função de alojar professores e estudantes de instituições nacionais e internacionais.

Apesar de a casa de hospedagem atender às demandas por hospedaria na universidade, percebe-se a necessidade de uma instalação com um ambiente familiar, onde hóspedes que permaneçam por mais tempo no local e tenham o conforto que apenas este tipo de instalação pode fornecer.

Entre a diversidade de interesses recorrentes, existem inúmeras ideias e soluções sustentáveis em quase todos os setores da economia. No setor da engenharia civil, por exemplo, existem técnicas construtivas que atendem as demandas referentes à sustentabilidade, buscando reduzir os impactos ao meio ambiente e à saúde humana, como a implementação de telhados verdes, materiais recicláveis e energia solar.

Desta forma, tendo em vista o histórico da UFLA como instituição sustentável e a demanda na universidade por um alojamento, a construção de uma instalação capaz de suprir esta necessidade e que possua a uma arquitetura ambientalmente sustentável e confortável, além de trazer benefícios como a melhoria da imagem de instituição, pode servir como incentivo a construções com as mesmas premissas em relação a sustentabilidade.

## **2 OBJETIVO**

O objetivo do presente trabalho é, neste contexto, elaborar a proposta de projeto arquitetônico de um alojamento localizado no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA) com o intuito de abrigar, temporariamente, docentes e discentes advindos de instituições estrangeiras. Além disso, o trabalho tem como premissas o desenvolvimento de um projeto ambientalmente sustentável e confortável para os usuários. O trabalho também tem como objetivo, portanto, estudar o conceito de sustentabilidade no ambiente da construção, discutir e demonstrar processos relacionados a novos conceitos na engenharia civil e arquitetura.

## **3 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **3.1 Sustentabilidade**

Na década de 1970, indagações e reflexões socioambientais levaram ao surgimento de uma crescente polêmica entre o modelo destrutivo de desenvolvimento econômico proposto e colocado nas sociedades de consumo e o poder limitado do planeta de fornecer os recursos necessários para manter os processos e a eficiência. A sustentabilidade pode ser fruto de um movimento histórico recente que começa a questionar a comunidade industrial como meio de desenvolvimento (ROSA, 2007).

A partir da década de 1990, após terem acontecidos importantes debates e conferências globais acerca do tema ambiental, como a Rio-92, a sociedade e o estado começaram a exigir práticas ambientalmente responsáveis por parte das organizações e universidade. Desta forma, a busca pelo título de “ambientalmente correto” passou a ser um interesse por parte destas (ANDRADE et al, 2016).

Silva (2009) revela esse interesse em estabilizar as origens da década de 1980, como parte dos níveis evolutivos de protagonismo em constante mudança devido à ambiguidade ambiental, em breve. No entanto, em sua verdadeira essência, a sustentabilidade é um conceito profundo, central para reorganizar a civilização e as atividades humanas em todas as suas dimensões.

### **3.1.1 Impactos da Construção Civil**

De acordo com Schenini, Bagnati e Cardoso (2004), a falta de consciência ambiental, agravada por um processo migratório massivo ocorrido na segunda metade do século passado que criou uma grande necessidade por novas habitações, levou a danos irreparáveis ao meio ambiente no Brasil.

A construção civil em toda a sua cadeia produtiva vem causando impactos consideráveis ao meio ambiente, pois continua a consciência da exclusão e descaso com os reais impactos ambientais da indústria. Segundo Bidone (2001), existe uma relação de duas toneladas de RCD (Resíduos da Construção e Demolição) para cada uma de lixo urbano recolhidos.

Atualmente, sabe-se que a construção de comunidades utiliza matérias-primas não renováveis e é um dos principais usuários de energia (SJÖSTRÖM, 1996). Tal impacto acaba por levar à formação de áreas degradadas que ocorrem em três fases do processo construtivo: na aquisição do imóvel, na contraprestação pela retirada de matérias-primas naturais e artificiais e na produção de produtos e materiais de construção, na fase de civilização são autocontidos e está em fase final de disposição dos resíduos produzidos pela construção (SCHENINI; BAGNATI; CARDOSO, 2004).

### **3.1.2 Edificação Sustentável**

De acordo com Jereissati (2001), qualquer ação que resultem na redução do aquecimento global, na preservação de recursos naturais de energia e de insumos da construção civil e em melhores condições de vida para a população é considerada sustentável. No âmbito da construção civil, existem técnicas sustentáveis que colaboram para resultar nestes objetivos, como a utilização de materiais que causem menos impacto ao meio ambiente.

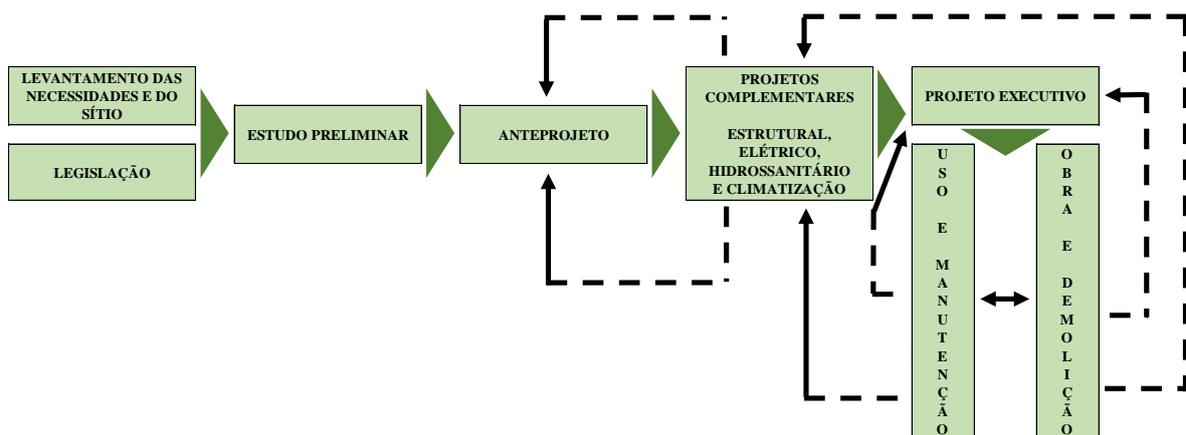
Para Viggiano (2010), um edifício sustentável aquele capaz de proporcionar conforto, funcionalidade, satisfação e qualidade de vida enquanto evita o comprometimento dos insumos utilizados em sua construção e a geração de impacto no meio ambiente e alcança o máximo de autonomia possível.

A estabilidade do desenvolvimento sustentável é baseada em três fatores: ambientais, econômicos e sociais, que devem coexistir igualmente (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2020). Como esses fatores representam variáveis independentes, a escolha resultante varia de caso a caso. Portanto, não existe uma receita ou cálculo completo que determine o que deve ou não ser feito para que um projeto avance com maior sustentabilidade e cada proposta de projeto é resultado de uma seleção direta, única e real.

De acordo com o Manual de Projetos e Obras Públicas Sustentáveis para os Campi da UFC (2020), a busca por uma abordagem mais sustentável cabe a todos os envolvidos na construção e uso do ambiente construído. É um trabalho colaborativo (rede) onde cada um deve fazer a sua parte e, ao mesmo tempo, incentivar os outros a fazerem o mesmo. As decisões devem ser resultado de ações planejadas com outros projetistas, gerentes, coordenadores, fornecedores, contratados e usuários, pois essas escolhas podem definir os passos que devem ser tomados pelos indivíduos. “A concepção do empreendimento deve ser realizada por uma equipe interdisciplinar que deve ser responsável pela elaboração dos estudos preliminares dos projetos e realizar interferências conscientes sobre o meio ambiente” (UFC, 2020).

Dessa forma, as etapas do projeto (Figura 1) deixam de seguir o modelo convencional linear, pois o edifício é considerado como um todo e a sustentabilidade é considerada em cada uma das etapas construtivas.

Figura 1 - Modelo de projeto cíclico



Fonte: UFC (2020).

Existem várias outras técnicas de construção que foram amplamente demonstradas para integrar ideias de sustentabilidade em uma casa unifamiliar. São as inovações de muitas culturas, abertas a novas formações de conhecimento e tolerância. De acordo com Sullivan e Ward (2011), essas tecnologias, geralmente conhecidas, voltadas para a sustentabilidade na construção civil são justas e ecologicamente corretas e podem ser viabilizadas trabalhando e simplificando a vida do usuário e tornando as residências locais mais saudáveis.

Nos últimos anos tem havido um forte foco no papel da habitação e adaptação dentro da agenda de desenvolvimento sustentável e mudanças climáticas. Nos Estados Unidos e, em média, em países em desenvolvimento como Brasil e México, há um crescente reconhecimento

de que aplicações generalizadas também estão sendo integradas a uma abordagem de desenvolvimento mais flexível e acessível para habitação, como habitação unifamiliar (SULLIVAN; WARD, 2011).

### **3.2 Arquitetura bioclimática**

Considerando esses impactos e emergência da sustentabilidade, estabeleceu-se a noção de “construção sustentável” enquanto “conjunto de estratégias de utilização do solo, projeto arquitetônico e construção em si que reduzem o impacto ambiental e visam a um menor consumo de energia, a proteção dos ecossistemas e mais saúde para os ocupantes” (ADAM, 2001, p.24).

Nesse contexto, também é estruturada a arquitetura sustentável, cujo objetivo, segundo Corbella e Yannas (2003, p.17), é o “aumento da qualidade de vida do ser humano no ambiente construído e no seu entorno, integrado com as características de vida e do clima locais, além da redução do uso de recursos naturais”. Ainda, para Steele (1997, p.11), a arquitetura sustentável consiste na “produção de uma edificação que se adapte ao clima, à iluminação, ventilação e topografia, tirando proveito das condições naturais do lugar reduzindo o desperdício energético”. Portanto, está relacionada com a adoção de estratégias visando o uso racional e eficiente dos recursos, garantindo o bem estar do usuário e reduzindo os impactos socioambientais das edificações.

A arquitetura bioclimática ganhou relevância nesse cenário dada a relação entre conforto ambiental e o consumo de energia presente no uso dos sistemas de condicionamento ambiental artificial e de iluminação artificial, assim como menciona Corbella e Yannas (2003, p.17):

A Arquitetura sustentável é a continuidade mais natural da bioclimática, considerando também a integração do edifício à totalidade do meio ambiente, de forma a torná-lo parte de um conjunto maior. É a arquitetura que quer criar prédios objetivando o aumento da qualidade de vida do ser humano no ambiente construído e no seu entorno, integrando as características da vida e do clima locais, consumindo a menor quantidade de energia compatível com o conforto ambiental, para legar um mundo menos poluído para as próximas gerações.

Assim, a arquitetura bioclimática parte dos elementos arquitetônicos como as características climáticas do local, com o objetivo de incrementar o conforto dos ocupantes da edificação ao mesmo tempo que considera o uso racional e eficiente dos recursos como a energia. A percepção de conforto pode ser variável, a depender de exigências específicas dos

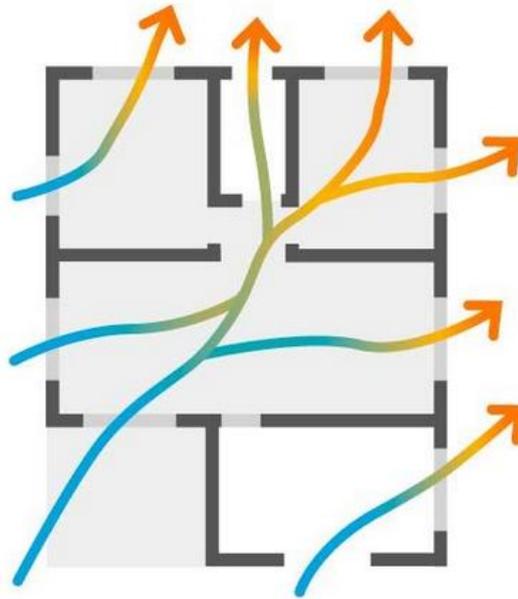
ocupantes, mas, de modo geral, essa sensação é influenciada pelos seguintes elementos: temperatura, umidade, ventilação e radiação solar incidente (FROTA; SCHIFFER, 2007).

As variações podem se relacionar com elementos físicos e ambientais, pessoais e psicológicos. Quanto aos físicos e ambientais, esses fatores são latitude, longitude, altitude, massas e correntes de ar, tipo de cobertura do solo, configuração, nível e inclinação do terreno, etc.(FROTA; SCHIFFER, 2007). Elementos que mudam de local para local e se estiverem fora da faixa de tolerância, podem causar desconforto. As variáveis pessoais compreendem as roupas utilizadas em determinado ambiente, por exemplo, as quais devem ser consideradas visando assegurar maior conforto (FROTA; SCHIFFER, 2007). Já as psicológicas consideram a percepção dos indivíduos, os tipos de atividades a serem realizados no local e como os elementos arquitetônicos podem potencializar sensação de conforto (FROTA; SCHIFFER, 2007), diminuindo estigmatizações e hostilidades de certos locais, como hospitais.

Partindo da análise dos elementos externos e naturais que influenciam no conforto ambiental, o projeto arquitetônico deve contemplar a ventilação, a posição em relação ao sol, a temperatura e sistemas energéticos eficientes. A ventilação de um local está diretamente associada ao conforto térmico, sendo importante estratégia bioclimática para obter conforto pois propicia a renovação do ar interno de dado local, evitando a insalubridade (NEVES, 2006). Por isso, aponta-se como desejável a adoção de medidas que promovam o maior movimento do ar no interior das edificações, para alcançar conforto térmico.

A ventilação cruzada (Figura 2) é uma dessas técnicas, que se dá quando as aberturas são situadas em fachadas de distintas orientações da edificação (NEVES, 2006). As aberturas da entrada são situadas em zonas de alta pressão e as da saída nas zonas de baixa pressão. Outro aspecto que favorece a ventilação cruzada é a organização do edifício com corredores simples, duplos ou com pavimentos em desníveis (COSTA, 2009).

Figura 2 - Ventilação cruzada



Fonte: Projetou Blog (2015).

A temperatura e a umidades são outros dois fatores a serem considerados quando se trata de conforto ambiental. A temperatura passa por constantes alterações e amplitudes significativas que podem repercutir em desconforto térmico. Desse modo, o conforto é obtido quando se perde energia para o ambiente sem que haja utilização da condução, convecção, radiação e evaporação (PAGNOSSIN; BURIOL; GRACIOLLI, 2001). A utilização de telhados verdes é um exemplo de estratégia que visa assegurar maior conforto térmico.

A intensidade solar é outro aspecto a ser considerado quando se trata do conforto ambiental. Identificar o caminho do sol e a entrada de raios solares nos ambientes da edificação, nesta perspectiva, contribui para evitar aquecimento ou resfriamento excessivo. A intensidade solar também deve ser considerada em virtude da radiação incidente nos materiais utilizados nas edificações o que afeta não só sua durabilidade, mas também pode gerar grande amplitudes térmicas (LAMBERTS, 2016).

### 3.3 Técnicas construtivas sustentáveis

Diante do apelo social pela difusão de processos sustentáveis e o atendimento da construção civil a este tópico, novas técnicas construtivas de menor impacto ambiental vêm sendo desenvolvida neste setor, buscando suprir as novas exigências econômicas e sociais (KAVA, 2011). A seguir serão abordadas algumas dessas técnicas q serão utilizadas neste projeto.

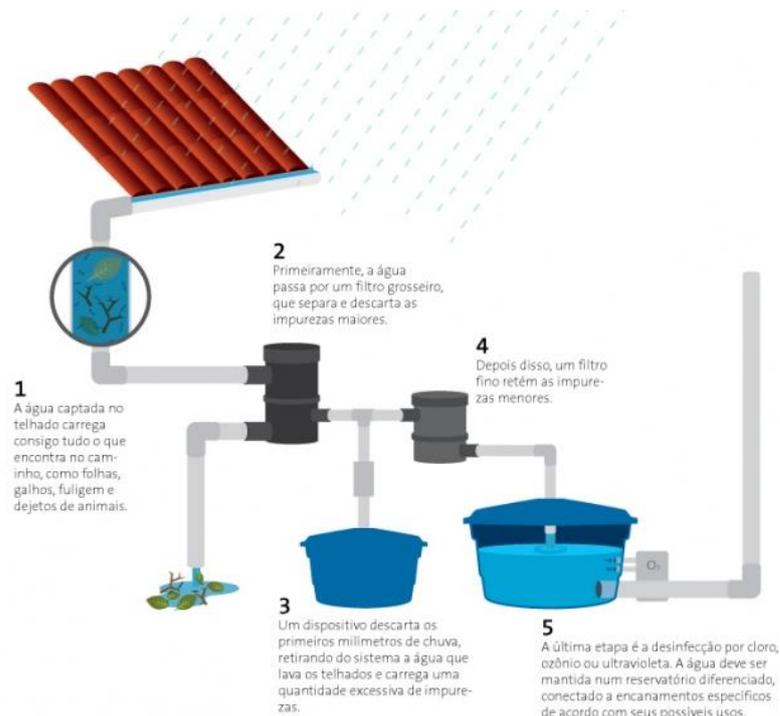
### 3.3.1 Coleta de águas pluviais

Uma das técnicas sustentáveis usadas atualmente na construção civil é o uso da água de chuva. De acordo com o Plano de Implementação da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS [ONU], 2002), a água é um elemento essencial em todos os ecossistemas do mundo e nas sociedades humanas e deve ser compartilhada com as gerações atuais e futuras que vivem em zonas úmidas e seus limites.

O capítulo 18 da Agenda 21 (Programa de Ação das Nações Unidas), documento oficial elaborado pela Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUMAD), afirma que as atividades econômicas e sociais são diretamente dependentes da oferta e da qualidade de água, o que é importante para determinar os meios pelos quais é possível garantir a disponibilidade de água suficiente e de qualidade.

Os sistemas de aproveitamento das águas da chuva (Figura 3) são identificados como medida não convencional de conservação de água e são praticados em diferentes países, como Inglaterra, Estados Unidos, Alemanha e Japão (REZENDE; TECEDOR, 2017). No caso brasileiro, há um histórico de utilização desses sistemas em regiões como o Nordeste e propostas de ampliações de uso para outras regiões, como a Sudeste (REZENDE; TECEDOR, 2017). Isso por ser uma alternativa promissora para auxiliar na resolução de dois problemas urbanos, a escassez de água e as constantes inundações nas zonas urbanas, especialmente em regiões metropolitanas (CARVALHO et al., 2007).

Figura 3 - Sistema de captação de água da chuva.



Fonte: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (2015).

No entanto, longos períodos de estiagem propiciam um aumento no número de parâmetros como turbidez, cor transparente, dispersão, sólidos solúveis e alcalinidade na água da chuva captada no telhado. Se a chuva entrar em contato com o telhado ou outra superfície, grandes quantidades de contaminantes como poeira, excrementos de pássaros, germes e outros contaminantes, podem ser lavados no processo final. No entanto, procedimentos convencionais de drenagem desde os primeiros minutos de chuva para limpar a área de coleta e limpar o ar empoeirado são sempre aceitos como medida de precaução. A norma NBR 15527 (ABNT, 2007) apresenta os requisitos para aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. Aprovada em setembro de 2007, a norma detalha diversas características dos reservatórios, extravasor, dispositivo de esgotamento, ventilação, segurança, inspeção e minimização do turbilhonamento. Tal documento também contém seis métodos para dimensionamento de reservatório para água pluvial, aspecto relevante para garantir a viabilidade desses sistemas.

De acordo com Rezende e Tecedor (2017), o dimensionamento adequado do reservatório é essencial para assegurar a sua viabilidade técnica e econômica; ao mesmo tempo, também representa o maior obstáculo para instalação, já que, na maioria dos casos, trata-se do item mais oneroso do sistema (COHIM; OLIVEIRA, 2009).

O dimensionamento visa, neste sentido, “determinar a capacidade volumétrica capaz de atender a maior demanda possível com menor custo”, ao passo que reservatórios grandes demais podem ser inviáveis. Tais estruturas também não devem permanecer ociosas por extenso período de tempo e são ineficientes quando provocam desperdício de água pluvial ao invés de atender a demanda necessária (REZENDE; TECEDOR, 2017, p.1042).

Entre os métodos previstos pela NBR 15527, estão: Rippl, Maior período de Estiagem, Métodos empíricos (Brasileiro, Alemão e Inglês) e Simulações. As aplicações da água após o tratamento adequado envolvem, por exemplo, “descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas e ruas, limpeza de pátios, espelhos d'água e usos industriais” (ABNT, 2007).

### **3.3.2 Painéis solares**

Uma outra técnica sustentável em edificações é o uso da energia solar. Como se sabe, o desenvolvimento humano está relacionado ao uso de energia, o que não é diferente em relação as edificações. Os impactos ambientais associados ao alto consumo de energia são significativos, o que impulsionou a busca por medidas menos poluentes e fontes consideradas renováveis, isto é, eficientes e com impacto ambiental reduzido ou inexistente (SHAYANI et al., 2006).

É interessante observar que os seres humanos estão ligados biologicamente ao ciclo solar e sua utilização se deu de diferentes formas ao longo do tempo; por exemplo “quando se utilizava o sol para secar peles e alimentos (...) simples lentes de vidro para concentrar a luz do sol e desta forma queimar pequenos pedaços de madeira e assim obter fogo” (KEMERICH et al., 2016, p. 242). O aumento da oferta de outras fontes não renováveis acarretou na diminuição do uso da energia solar (SHAYANI et al., 2006).

Entretanto, atualmente, especialmente em virtude do aumento no custo do petróleo e a consciência ambiental em relação aos riscos das fontes não renováveis, a indústria solar tem alcançado maior expressividade:

Em setembro de 2004 foi inaugurado o maior sistema fotovoltaico do mundo conectado à rede elétrica, com potência de 5 MW pico, composto por 33.500 módulos, situado próximo de Leipzig, na Alemanha, fornecendo energia para 1.800 residências. Já em agosto de 2005 foi iniciada a construção de uma geração ainda maior, com potência de 10 MW pico, na Bavária, também na Alemanha. Este sistema consiste em aproximadamente 62.500 módulos, podendo abastecer cerca de 3.300 residências alemãs. Diversos países investem em sistemas solares de grande porte, como a Índia, com a instalação de uma usina de 5 MW próxima a Nova Delhi, e a Coréia do Sul, que iniciou,

em novembro de 2005, a construção de sua maior usina solar, com 1,2 MW (SHAYANI et al., 2006, p. 07).

A energia solar fotovoltaica que é baseada na conversão da radiação solar em eletricidade “por intermédio de materiais semicondutores” (KEMERICH et al., 2016, p. 243), denominado de efeito fotovoltaico. Os primeiros registros desse efeito são de 1839, realizados por Edmund Becquerel. O físico observou a “tensão entre os eletrodos de solução condutora, quando esta era iluminada pela luz solar” (KEMERICH et al., 2016, p. 244). Do século XIX até os dias atuais muito se avançou em relação a energia solar fotovoltaica. Atualmente, a maioria das células fabricadas usam silício e podem utilizar “cristais monocristalinos, policristalinos ou de silício amorfo”, como apresentado na tabela mais adiante (KEMERICH et al., 2016, p. 244). Assim, a geração de energia se dá da seguinte maneira:

Quando a luz solar atinge uma célula fotovoltaica, ela produz uma pequena corrente elétrica. Essa corrente é recolhida por fios ligados à célula, e transferida para os demais componentes do sistema, sendo assim, quanto mais células fotovoltaicas são ligadas em série ou em paralelo, maior a corrente e tensão produzidas (KEMERICH et al., 2016, p. 244).

Portanto, considerando essas possibilidades, a radiação solar está disponível diariamente e gratuitamente, podendo ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica, aquecimento de líquidos e espaço e para geração de energia mecânica ou elétrica; além disso, ela também pode ser convertida em energia elétrica, através dos efeitos de certas substâncias como a termoelétrica e a fotovoltaica. Segundo o Atlas de Energia Elétrica 3ª edição (Aneel, 2008), quase todas as fontes de energia - hidráulica, biomassa, eólica, combustíveis fósseis e energia oceânica - são formas indiretas de energia do sol.

No caso brasileiro, em que pesam as diferentes características climáticas de cada região, observa-se que “a média anual de irradiação global apresenta boa uniformidade, com médias anuais relativamente altas em todo país”, o que favorece a utilização dessa fonte energética (KEMERICH et al., 2016, p. 242). Nas áreas do país com pior desempenho em relação a incidência de radiação os valores ainda são superiores, em cerca de quatro vezes, ao aproveitamento da Alemanha, por exemplo, líder mundial na área (FAGUNDES, 2012).

Há que se destacar também que a eletricidade e a energia gerada por um painel doméstico padrão não são suficientes para a maioria dos usos domésticos, o que muitas vezes pode exigir complementação por outras fontes (KEMERICH et al., 2016, p.240). Entretanto,

quando coletadas ao longo do dia são uma fonte versátil e confiável e que podem suprir as necessidades da edificação sem que seja preciso manter a dependência de outras fontes.

Além disso, o desempenho dos sistemas fotovoltaicos não causa nenhum tipo de poluição, não altera a temperatura ambiente e é extremamente durável, por cerca de 20 anos. Os cuidados necessários são mínimos e a matéria-prima para sua construção é o silício, o segundo mineral mais abundante da Terra.

Em comparação com outras fontes de energia, todavia, os sistemas fotovoltaicos apresentam o maior custo por megawatt (MWh) hora gerado. Nesse sentido, ao analisar os benefícios da utilização dessa fonte em edificações, Silva et al (2017), observa que apesar dos custos elevados para sua instalação, a durabilidade dos painéis há que ser considerada, assim como a facilidade para sua limpeza básica “com água a cada 6 meses (isso quando não chover ou for um lugar com muita poluição)” (SILVA et al., 2017, p. 12). Especificamente em relação ao inversor, ressalta-se a necessidade de substituição de algumas peças após depois ou 10 anos. Mas, considerando toda a estrutura, a energia solar para residências “é feito para durar 25 anos com manutenção mínima”. Assim, levando em conta esses elementos, verifica-se que o valor das placas compensa financeiramente a longo prazo, principalmente, em virtude da economia de energia e da consequente sustentabilidade da edificação.

### 3.3.3 *Wood frame*

A madeira é um dos materiais de uso mais antigo em edificações, mas, progressivamente, ocorreu foi substituída no mercado da construção civil, especialmente no brasileiro (ESPÍNDOLA; INO, 2014). Segundo Espíndola e Ino (2014):

O sistema leve em madeira, denominado Wood Frame, é historicamente consolidado nos países norte-americanos e europeus, respondendo de forma positiva a critérios postulados para construções sustentáveis. As vantagens deste sistema atraíram pesquisadores a adaptá-lo ao contexto brasileiro, aplicando espécies de madeira oriundas de florestas plantadas no país (ESPÍNDOLA; INO, 2014, p. 213).

Visando transformar esse cenário, em 2009, foi instituída a Comissão Casa Inteligente, grupo formado por empresários, estudantes, universidades e por instituições governamentais para estabelecer parâmetros técnicos para o sistema *Wood Frame* no Brasil (ESPÍNDOLA; INO, 2014).

O resultado dessa iniciativa foi a aprovação do documento técnico Diretriz n. 005. A regulamentação foi aprovada pelo Sistema Nacional de Avaliação Técnica (SINAT), em 2011,

e trata dos requisitos de desempenho e os métodos de avaliação para os elementos que constituem este sistema no Brasil. (ESPÍNDOLA; INO, 2014). Em 2013, foi concedida à empresa Tecverde, situada no Paraná, o DATec n.20. Com esse documento, a referida empresa, junto com outras construtoras, estabeleceu a rede iVerde, “com objetivo de assessorar outras empresas interessadas, assegurando a execução com qualidade desta recente tecnologia em madeira no país” (ESPÍNDOLA; INO, 2014, p. 210).

Apesar dessas iniciativas, o que se constata é o desconhecimento a respeito dessa modalidade, refletindo em desinformação e não aproveitamento do caráter sustentável, portanto, ambientalmente adequada, de sua aplicação. O sistema *wood frame* é bastante similar ao sistema *steel frame*, seguindo etapas construtivas parecidas; seu diferencial, que o qualifica como um material sustentável, é o “uso de madeiras de reflorestamento, com perfis estruturais no levantamento da casa e placas em OSB (*Oriented Strand Board* ou chapa de tiras de madeira orientadas, em português) para o fechamento das paredes” (BALEN et al, 2016, p.25). A estrutura é composta por perfis de madeira, geralmente de reflorestamento, que constituem painéis estruturais juntamente com as placas OSB. Estes painéis são capazes de suportar as cargas verticais, perpendiculares e de corte ao transmiti-las para a fundação, que geralmente são do tipo radier ou sapata corrida devido à estrutura leve e distribuição de carga uniforme (GARCIA et al, 2014).

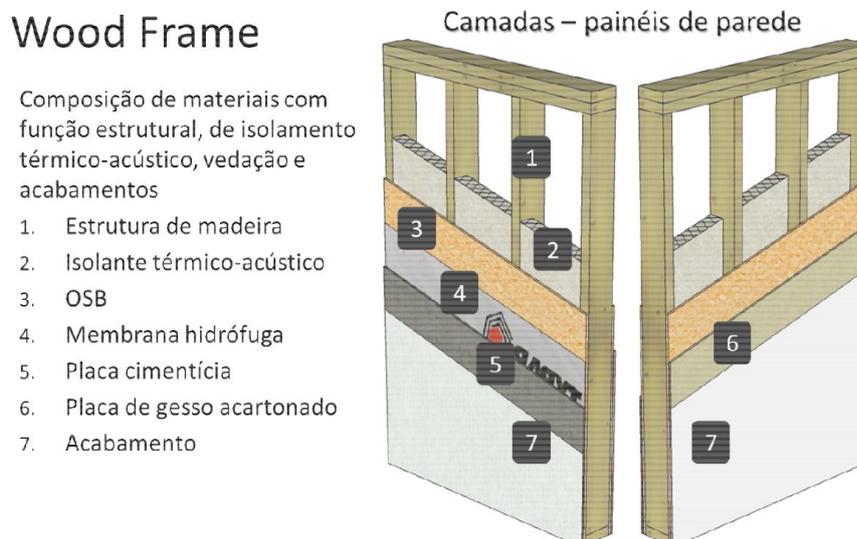
De acordo com Molina e Calil (2010), o dimensionamento de painéis de estrutura de madeira pode ser feito com base na norma americana WFCM 2001 e nas normas europeias DIN 1052 (1998) e EUROCODE Parte 2 (1997), que levam em consideração a variabilidade climática e os terremotos regionais. De forma simplificada, o dimensionamento dessas estruturas leva em consideração que as paredes e o piso possuem um comportamento de placa, recebendo cargas tanto em seu plano quanto perpendiculares a ele (MOLINA; CALIL, 2010).

Para reduzir os componentes de cada estrutura de madeira, podem ser aplicadas as condições estabelecidas pela norma brasileira de madeira NBR 7190 (ABNT, 1997). O desenho do sistema *wood frame* na área industrial reduz significativamente o desperdício, o que tem um impacto significativo nos sistemas construtivos tradicionais (BALEN et al, 2016). Em muitas das casas de estrutura de madeira aperfeiçoadas, a única coisa moldada na área é a fundação.

A vantagem da produção, neste caso, também está associada à flexibilidade do trabalho limpo e seco, bem como à facilidade de manuseio dos elementos estruturais (esquadrias de madeira) e vedação (placas OSB e placas cimentícias) exigindo o mínimo esforço dos trabalhadores (MOLINA e CALIL, 2010).

Na Figura 4, pode-se observar uma forma de sobrepor as camadas constituintes da parede externa e da interna.

Figura 4 - Composição de parede de estrutura em *wood frame*



Fonte: Tecverde (2012).

Esse sistema além de propiciar que a construção das edificações seja mais ágil também contribui para redução das emissões dos gases de efeito estufa no setor da construção civil. Há que se considerar que a madeira é material de construção renovável, na medida que “emana baixo consumo energético para produção, e sequestra carbono da atmosfera durante o crescimento da árvore” (ISTCHUK et al., 2017, p. 3). O excelente desempenho térmico é outro fator a ser considerado, pois esse material absorve quarenta vezes menos calor que a alvenaria de tijolos, contribuindo para o conforto ambiental no interior das edificações.

No aspecto eficiência, o sistema *wood frame* se destaca pela pré-fabricação, que permite evitar desperdícios e demanda por mão de obra por longos períodos de tempo. O sistema tradicional de concreto armado e vedação de alvenaria, em muitos casos, também resulta em “alto índice de perdas e retrabalhos, gerando quando volume de resíduos” (ISTCHUK et al., 2017, p.2), responsáveis não só por gerar ineficiência e prejuízos econômicos, mas também problemas ambientais. As distinções entre esses dois modelos e a sustentabilidade do sistema *wood frame*, o colocam em posição promissora, como uma opção para projetos socio e ambientalmente adequados.

### 3.3.4 Telhado Verde

Uma outra técnica construtiva que não só é sustentável, mas como também auxilia no desenvolvimento do bioclima é a implementação de telhados verdes. Com os crescentes índices de urbanização, se observa a alteração da cobertura do solo, topografia e, conseqüentemente, do clima urbano (TASSI et. al, 2014). As estruturas impermeáveis que hoje substituem as coberturas vegetais geram o efeito da ilha de calor. A superfície destas estruturas, comparadas com as de áreas verdes, absorvem e retêm o calor por mais tempo, aumentando a temperatura no ambiente urbano e, como consequência, o consumo de aparelhos de refrigeração. Além disto, aliada a altos índices de pluviosidade, as superfícies impermeáveis podem causar alagamentos, gerando possíveis desastres (TASSI et. al, 2014).

Uma possível solução para estas questões é a implementação de telhados verdes nas edificações. A nova indústria de telhados verdes começou a ser desenvolvida na Alemanha, na década de 1960, visando aperfeiçoar materiais, regulamentações, manuais construtivos e benefícios ambientais (ALBERTO et al, 2012). Essa técnica é baseada em coberturas compostas por camadas que permitem o crescimento de diversos tipos de vegetações, a depender do seu tipo. Portanto, consistem em aplicar vegetação sobre coberturas, podendo ser utilizada “em qualquer tipo de edificação, desde que observadas questões como estrutura da instalação, sistema de drenagem e impermeabilização” (ALBERTO et al, 2012, p. 171).

Rangel, Aranha e Silva (2015) conceituam os telhados verdes de forma mais ampla, considerando as coberturas verdes, telhado vivo ou jardim suspenso e ressaltam a capacidade dessa estrutura em proporcionar conforto térmico e acústicos nos ambientes internos. De acordo com Budel (2014), esta técnica é utilizada pela humanidade há muito tempo, sendo empregada por antigas civilizações como as dos vales dos rios Tigre e Eufrates, e os Romanos, existindo registros que datam de 78 a.C.

Os benefícios térmicos mencionados foram comprovados nos dias atuais, de modo que em algumas edificações é possível observar reduções consideráveis de temperatura, que variam entre 15 °C nas edificações isoladas e podem variar de 1 a 2 °C quando há uso do sistema em larga escala em grandes cidades, o que ressalta os benefícios coletivos dessa técnica (RANGEL; ARANHA; SILVA, 2015).

Segundo Tassi (2014), os telhados verdes oferecem diversas vantagens tanto para o meio ambiente como para a edificação onde está instalada, como:

- Melhora da qualidade ambiental;
- Sequestro de poluentes da atmosfera;
- Aumento da biodiversidade em áreas urbanas;
- Conforto térmico e acústico.

Os telhados verdes são classificados em intensivos e extensivos. Segundo Correa (2001), o primeiro tipo demanda manutenção constante, propiciam espaços de lazer e podem aplicar vegetação de grande porte de modo que a estrutura da laje deve ser adequada para suportar essa modalidade. Já os extensivos são aqueles desenvolvidos “por razões estéticas e ecológicas, exigindo pouca manutenção e possuindo peso estrutural menor” (RANGEL; ARANHA; SILVA, 2015, p. 399).

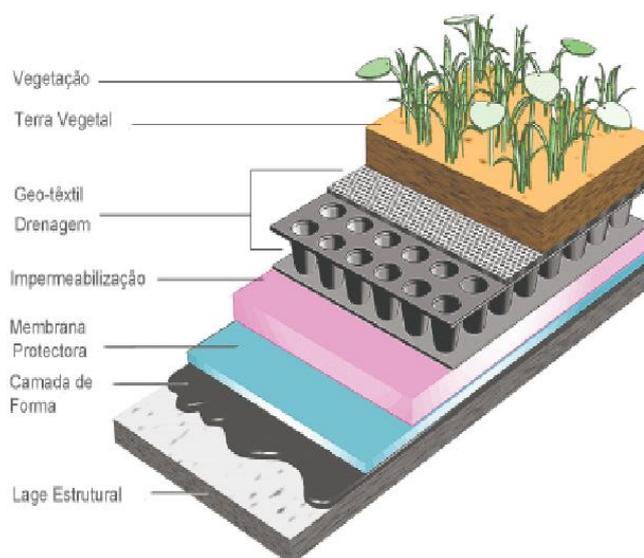
No que concerne às etapas de construção, é necessário que a laje seja preparada com impermeabilização e sistema de drenagem para receber o telhado (ALBERTO et al, 2012). Nas situações em que as estruturas já foram executadas e se pretende inserir os telhados verdes, é necessário estudo específico sobre a carga que pode ser aplicado sob o telhado e eventual análise sobre reforço estrutural (ALBERTO et al., 2012).

Outro fator a ser observado é o crescimento das raízes, fundamento a análise de especialista para apontar as espécies mais adequadas. Para a estrutura dos telhados, os seguintes elementos são utilizados:

Laje: Elemento estrutural onde devem ser consideradas as cargas permanentes e as cargas acidentais. • Camada impermeabilizante: protege o elemento estrutural de infiltrações. Isolante térmico: utilizado de acordo com a incidência de energia solar que a cobertura absorve. • Camada drenante: tem como função dar vazão ao excesso de água no solo, pode ser constituída de argila expandida, brita ou seixos de diâmetros semelhantes. Sua espessura pode variar de 7 a 10 cm. • Camada filtrante: evita que a água das chuvas e das regas arraste as partículas de solo do telhado verde, utiliza-se normalmente uma manta geotêxtil. • Solo: substrato orgânico que deve possuir boa drenagem, de preferência um solo não argiloso que apresente uma boa composição mineral de nutrientes para o sucesso das plantas. A espessura varia de acordo com o tamanho das plantas. • Vegetação: para a sua escolha é necessário o conhecimento do clima local, o tipo de substrato a ser utilizado, tipo de manutenção que será adotada no telhado verde (ALBERTO et al, 2012, p.172).

Estes elementos podem ser observados na Figura 5.

Figura 5 - Camadas de um telhado verde



Fonte: Alberto et al (2012).

A manutenção pode variar de acordo com a modalidade adotada especialmente se for intensivo e extensivo, como mencionado. Desse modo, os telhados verdes intensivos “requerem maior manutenção e serviço durante o ano, pois o solo tem de 150 mm a 300 mm e pode ter várias espécies de plantas e árvores” (RANGEL; ARANHA; SILVA, 2015, p.399).

Os telhados verdes extensivos, por sua vez, demandam uma lógica distinta de manutenção, razão pela qual tem possibilidades mais amplas de aplicação, pela preferência por “plantas locais mais resistentes à chuva e à estiagem e que exijam pouca rega e poda. Plantas de porte baixo e crescimento lento também podem facilitar a manutenção, que é parecida com a de um jardim comum” (RANGEL; ARANHA; SILVA, 2015, p.399).

Outro aspecto a ser destacado é a possibilidade de integração com a captação de águas das chuvas, pois, essas águas podem ser estocadas em cisternas e caixas d’água para serem usadas em diferentes tarefas, como regar plantas, lavar o chão, utilizar nos vasos sanitários ou para a produção de alimentos orgânicos”.

As desvantagens que podem ser apontadas na implementação dos telhados verdes dizem respeito ao alto custo inicial, a necessidade de mão de obra especializada e os riscos de infiltração de água e umidade, para os casos em que o sistema não seja usado da maneira correta e com os devidos estudos. A ausência de mão de obra especializada e a consequente escassez de empresas que prestem este serviço no mercado da construção civil dificulta que essa solução sustentável seja difundida. Mas, as vantagens de sua implementação e a sustentabilidade dessa prática, apontam para a viabilidade do seu uso a longo prazo.

### 3.4 Estudos de caso

O desenvolvimento de um novo projeto arquitetônico envolvendo técnicas e elementos construtivos não convencionais requiere o estudo de outros projetos que utilizam essas ideias e que podem ser usados como referência para novos projetos.

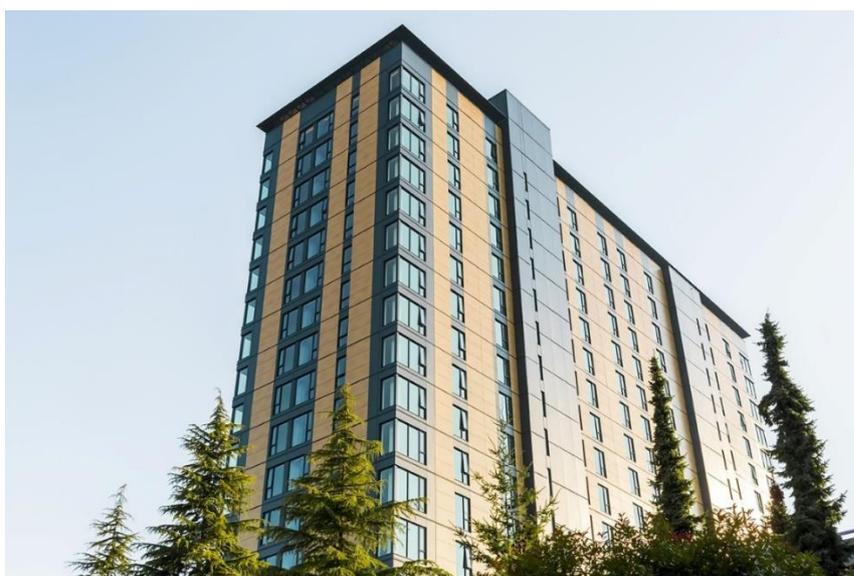
#### 3.4.1 *Brock Commons Tallwood House*

Em setembro de 2017 foi inaugurada a construção denominada *Brock Commons Tallwood House*, localizada em Vancouver. A edificação construída para acomodar estudantes da *University of British Columbia* (UBC) teve destaque no que se refere a arquitetura devido não só aos materiais que a compõe, mas por todos os benefícios que a obra apresenta desde a maneira como pode ser planejada até sua conclusão (TESHNIZI et al., 2018). Além disso, o projeto pretendeu incentivar a inovação e a utilização de:

(...) produtos engenheirados de madeira, como sistema construtivo, a fim de encontrar novas soluções para os desafios técnicos da expansão de utilização da madeira na construção civil, conectando avanços científicos com informações técnicas, em casos reais de aplicação dos materiais estruturais à base de madeira. (LANG, 2019, p. 17)

Feito majoritariamente de madeira, o prédio - de 53 metros de altura e capacidade para abrigar 404 alunos - possui tanto dormitórios para os estudantes como áreas de estudos e convívio (Figura 6).

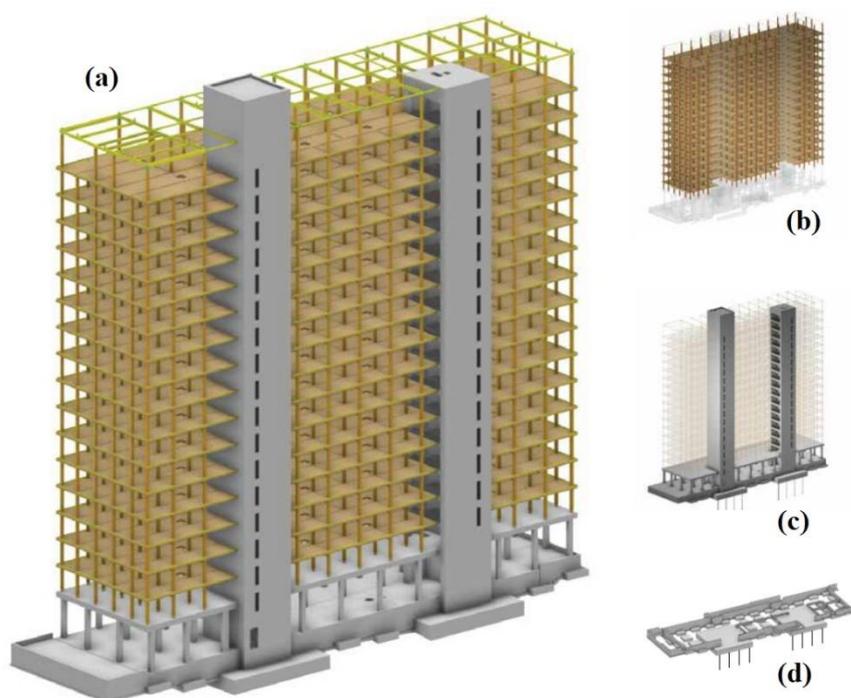
Figura 6 - Brock Commons



Fonte: University of British Columbia (2017).

Adotou sistema estrutural híbrido, ao utilizar, além da madeira, o concreto armado e perfis de aço (Figura 7). Considerando a data da sua conclusão, o edifício era até então o maior do mundo, com madeira como principal material estrutural (CONNOLLY, et. al, 2018), contando com 18 andares. Essa construção evidenciou uma oportunidade para projetos inovadores especialmente aqueles aplicando produtos como madeira e técnicas construtivas sustentáveis.

Figura 7 - Modelo virtual representando estrutura híbrida do Brock Commons



Fonte: Pilon (2016).

Como pode ser aferido a partir da figura acima, o item “a” é estrutura híbrida completa, sendo “b” a estrutura de madeira; “c” a estrutura de concreto armado e “d” a fundação (PILON, 2016).

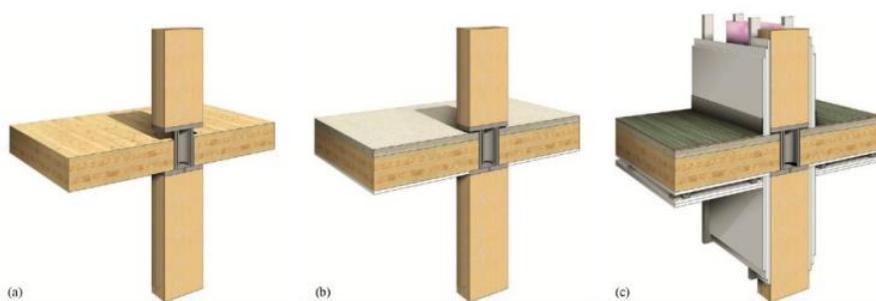
O concreto armado foi utilizado para a construção do primeiro andar, das fundações e de dois núcleos, nos quais localizaram-se escadas e elevadores. Os núcleos mencionados funcionam para elevar a rigidez da edificação, aguentar cargas de vento e eventos sísmicos. Os perfis de aço foram aplicados para “as conexões entre pilar-pilar, pilar-laje, na ligação da estrutura de madeira ao núcleo de concreto, e para a estrutura do telhado, a fim de proteger a madeira da umidade” (LANG, 2019, p.18). Uma obra deste porte, em linhas gerais, demanda tempo, investimento e planejamento para que possa ser iniciada com segurança e ainda assim, pode apresentar necessidade de revisão do projeto, gerando custo adicional e extensão de prazo para seu término, por exemplo.

E para o *Brock Commons* não seria diferente, exceto pela mitigação do cometimento de equívocos em relação a construção, visto que, os materiais utilizados permitiram que fossem realizados testes completos antes do início de sua construção de fato (TESHNIZI et al., 2018).

Uma maquete de dois pavimentos e um modelo 3D integraram os objetos de teste do alojamento permitindo adiantamento de solução de problemas, ajuste no cronograma e discussões gerais sobre a estrutura e construção do prédio (TESHNIZI et al., 2018). Em relação às técnicas construtivas sustentáveis, além de combinar sistemas de estrutura de madeira maciça com dois núcleos de concreto, o *Brock Commons* também adotou pisos sustentáveis.

Os pisos foram construídos utilizando painéis de madeira com lamelas cruzadas, ou em inglês, *Cross Laminated Timber* (CLT). Ao longo da conclusão, o impacto no processo de construção dos núcleos de concreto em comparação com a superestrutura à base de madeira ficou evidente, o que demandou melhoria adicional em função da altura do edifício (TESHNIZI et al., 2018). Depois da instalação da estrutura de madeira, executou-se contrapiso de concreto sobre a laje (Figura 8). Essa camada de revestimento “foi colocada devido a sua maior rigidez, a fim de aumentar o isolamento acústico entre os andares, acrescentar peso a estrutura e servir como uma camada protetora, tanto para a fase de execução, quanto de utilização da edificação” (LANG, 2019, p.19).

Figura 8 - Representação da seqüência construtiva dos acabamentos do Brock Commons



Fonte: Pilon (2016).

O modelo de construção apresentado é economicamente viável e soma pontos favorecendo a natureza, uma vez que, apresenta manejo florestal sustentável e sendo leve, apresenta menor propensão a causar e sofrer danos em terremotos. A velocidade da produção, ainda, faz com que a poluição ambiental, visual e auditiva causada pelo processo no local seja diminuída em relação as construções em concreto.

### 3.4.2 *De Oosterlingen*

Denominado "*De Oosterlingen*", o novo complexo de edifícios residenciais sustentáveis holandês compreende sete torres e estará localizado na ilha de Oostenburg, a leste da capital. O projeto foi apresentado pela empresa de arquitetura O MVRDV. A proposta da equipe do escritório organiza as estruturas de forma a criar um conjunto compacto, mas diversificado, composto por diferentes acabamentos como madeira, vidro, tijolos reciclados, além de combinar uma combinação de origem biológica. e biológico (Figura 9).

Figura 9 - Previsão do *De Oosterlingen*



Fonte: Stouhi (2021).

Localizado perto da entrada da região *De Oostenburg*, que já foi o centro industrial mais antigo e importante da cidade, *De Oosterlingen* foi projetado para e preservar a história da região, redefinindo algumas de suas estruturas arquitetônicas mais importantes como cais, armazéns e guindastes antigos. Inspirando-se na história industrial local, a abertura de novos edifícios foi projetada com persianas, criando um jogo dinâmico de luz e dignidade nas fachadas, resgatando a história da área e incorporando um novo cenário ao seu contexto.

O MVRDV desenvolveu e projetou sete estruturas interligadas dispostas em um único espaço integrado. O plano principal da área enfatiza o equilíbrio entre as áreas verdes e pavimentadas da cidade, promovendo a inclusão de plantas floridas ao redor de cada um dos sete prédios.

A cobertura dos edifícios inferiores incluirá uma série de jardins de fácil acesso, como o pomar e outras oficinas agrícolas urbanas. Como citado por Ferraz (2012), essa infraestrutura

verde traz consigo uma série de vantagens, como diminuição dos níveis de poluição, redução dos efeitos das ilhas de calor, regulação da temperatura e isolamento termoacústico.

A equipe de arquitetos responsáveis também estava focada em garantir que o projeto do plano diretor fosse pensado para as pessoas, tendo em mente o bem-estar e a qualidade de vida de toda a comunidade. Serão construídos percursos por toda a área de intervenção, facilitando os encontros e melhorando o sentido público.

### **3.5 Universidade Federal de Lavras**

Além dos projetos citados nos estudos de caso, há uma outra instituição de ensino que também contribui para a disseminação de boas práticas ambientais.

A Universidade Federal de Lavras (UFLA), fundada em 1908, está localizada no sul de Minas Gerais, na cidade de Lavras. Inicialmente denominada Escola Agrícola de Lavras, passou a ser chamada Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL) em 1938. Em 2019, a UFLA foi considerada a terceira com o maior Índice Geral de Estudos (IGC), pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais (INEP) entre as universidades mineiras e a 11ª entre as universidades brasileiras (ALVIM, 2021). Desde a criação do centro, a universidade vem crescendo. Em termos de processos ambientais, a UFLA é hoje considerada uma referência nacional de organização sustentável.

#### **3.5.1 Práticas Sustentáveis**

Em fevereiro de 2013, a Universidade Federal de Lavras foi reconhecida como a primeira universidade brasileira a fazer parte de um nível internacional de sustentabilidade internacional, tida como a primeira universidade do país ao ranking UI GreenMetric World University Ranking 2012 (LIMA, 2013).

Assim, em nível global, atualmente a universidade ocupa a 48ª posição, com base em princípios como campus e espaços verdes, uso de energia, gestão de resíduos, uso e tratamento de água, políticas de transporte e atividades de educação ambiental. A instalação obteve a nota máxima no mundo em termos de uso e tratamento de água (UI GREEN METRIC, 2021).

Em 2008, o centro desenvolveu um Plano Ambiental e Estruturante, que transformou os processos ambientais da organização. Este Programa passou por mudanças e contribuiu para mudanças nos processos da UFLA (ANDRADE, et. al, 2016).

Iniciado como um projeto experimental com interesse exclusivamente acadêmico, a UFLA desenvolveu no interior de seu campus uma Usina Fotovoltaica que está em funcionamento desde 2016 (Figura 10). Após implementações de novas placas voltaicas,

atualmente a potência da usina é de 1,37 megawatts-pico de energia, o que representa uma economia de 26,3 % nos gastos da UFLA com eletricidade (ALVIM, 2020). Além disto, está previsto um investimento na usina por parte do governo do estado que triplicará sua capacidade, permitindo à universidade gerar aproximadamente 75 % da energia que utiliza de forma sustentável (ALVIM, 2021).

Figura 10 - Projeção da Usina Fotovoltaica da UFLA



Fonte: Alvim (2020).

### 3.5.2 Visitantes estrangeiros

A UFLA recebe visitantes estrangeiros constantemente devido a motivos diversos. Nos últimos 5 anos, a Diretoria de Relações Internacionais (DRI/UFLA) registrou um total de 129 visitantes estrangeiros que visitaram a Universidade.

Dentre os objetivos destes visitantes, estão: “participação em workshops, simpósios, palestras, cursos, visitas técnicas, elaboração e desenvolvimento de projetos de pesquisa, ministrar disciplinas, ano sabático, cooperação, dentre outros” (DRI/UFLA, 2022).

Ainda segundo a DRI/UFLA, o tempo média de estadia destes visitantes estrangeiros foi de 43 dias. O tempo de estadia variou de um dia a um ano.

## 4 PROPOSTA DE PROJETO

### 4.1 Terreno escolhido

Para a locação do projeto, foi escolhido um terreno localizado no interior do campus histórico da Universidade Federal de Lavras. O local se encontra próximo da portaria principal da universidade, facilitando a mobilidade dos usuários pela cidade, e de prédios de usos culturais e administrativos. A latitude e longitude do local são: 21°13'55.0"S, 44°59'33.6"O. A localização do terreno e as suas proximidades estão representadas na Figura 11.

Figura 11 - Localização do terreno



Fonte: Adaptada pelo Autor (2022).

As dimensões e o norte verdadeiro do local foram obtidas através de uma planta desenvolvida pela UFLA em um arquivo *DWG* e disponibilizado como cortesia para o desenvolvimento deste trabalho. Em uma visita no local, foram medidos os desníveis dos taludes no local, como mostrados na Figura 12.

Figura 12 - Terreno escolhido para o projeto



Fonte: Do Autor (2022).

#### 4.2 Programa de necessidades e dimensionamento

O objetivo do projeto é alojar estudantes e discentes estrangeiros que buscam uma estadia confortável que apenas uma residência unifamiliar provê. Por isto, o projeto contará com residências unifamiliares com suítes e uma área comum que contará com uma sala de estar, lavabo, cozinha e área de serviço.

Para o dimensionamento da quantidade de residências e suítes, foi determinado o seguinte cálculo (Equação 1), considerando a quantidade de visitantes registrados e o tempo de estadia médio destes:

$$\frac{129 \text{ visitantes}}{5 \text{ anos}} = 25,8 \frac{\text{visitantes}}{\text{ano}} = 0,072 \frac{\text{visitantes}}{\text{dia}} = \frac{3,08 \text{ visitantes}}{43 \text{ dias}}$$

A partir deste cálculo, considerando que todos os visitantes estrangeiros registrados no DRI estarão alojados neste empreendimento, ocuparão ao mesmo tempo o recinto 3,08 pessoas. Para fins de dimensionamento, serão considerados 4 quatro visitantes ocupando ao mesmo tempo.

Desta forma, o projeto contará com duas residências unifamiliares, cada uma contendo duas suítes - sendo uma adaptada para Pessoas com Necessidades Especiais (PNE) de acordo com a NBR 9050 (ABNT, 2015) - uma sala de estar, lavabo, cozinha e área de serviço.

Tendo em vista a premissa de comodidade de uma residência unifamiliar e seguindo o padrão de prédios administrativos vizinhos, o projeto contará com apenas um pavimento, colaborando também para o conforto de PNE.

Como colaboração à premissa sustentável, o projeto contará com telhado verde em platibanda associado à captação de água pluviais, contribuindo para o isolamento termoacústico, melhora da qualidade do ar, entre outros, enquanto reaproveita a água das chuvas para fins não potáveis. Além disto, contará com estrutura em *wood frame*, contemplando os painéis verticais estruturais e os entrepisos.

Com o intuito de promover o conforto ambiental nas edificações, serão adotadas também janelas com grandes aberturas e em faces contrárias para possibilitar a ventilação cruzada.

Todos as diretrizes para o projeto deverão estar em conformidade com o Código de Obras do Município de Lavras (LAVRAS, 2008) e as normas de uso e de ocupação da Zona Urbana do Município de Lavras (LAVRAS, 2008).

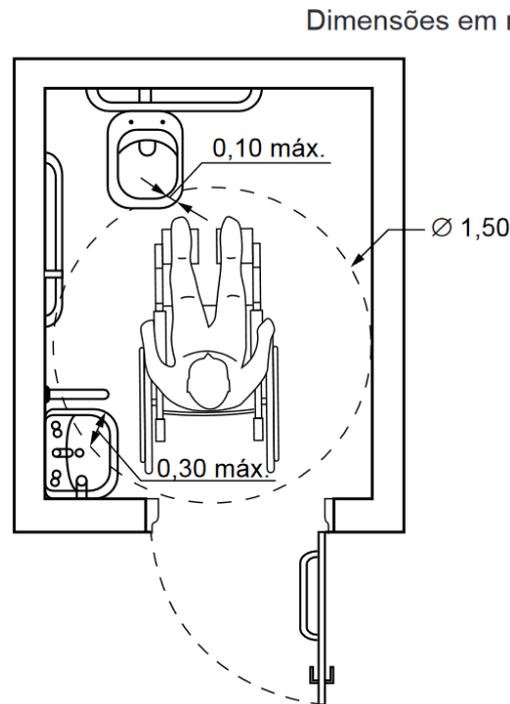
## **5 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Como mencionado anteriormente, o projeto será composto por duas edificações que terão a finalidade de alojar os visitantes estrangeiros que vêm à Universidade Federal de Lavras (UFLA) por motivos diversos, desde participações a *workshops* a desenvolvimento de projetos de pesquisa.

Para comportar todos os visitantes, seguindo o dimensionamento demonstrado anteriormente, cada uma das edificações contará com duas suítes, sendo uma delas adaptada para PNE.

Todos os cômodos, especialmente o banheiro adaptado para PNE, estarão seguindo orientações da NBR 9050 (ABNT, 2015), de modo a respeitar as dimensões do sanitário acessível, do espaço de manobra com diâmetro mínimo de 1,50 metros para possibilitar o giro de 360° de uma cadeira de rodas (Figura 13) e o posicionamento de barras de apoio.

Figura 13 - Área de manobra para cadeira de rodas



Fonte: NBR 9050 (2015)

A estrutura da edificação será *wood frame* e seguindo orientações da empresa Tecverde para a execução desta, de modo a promover a construção de uma estrutura sustentável evitando o uso do concreto. Para as faces externas das paredes, o acabamento será em placa cimentícia, argamassa cimentícia e textura acrílica. Já para as faces internas de áreas secas, o acabamento será em chapas de gesso *drywall* e pintura acrílica. No caso de faces internas de áreas molhadas, o acabamento também será em chapas de gesso *drywall* revestida com placas cerâmicas.

As aberturas das janelas serão grandes e serão distribuídas de forma a promover a ventilação cruzada no interior do edifício.

A cobertura das edificações será em telhado verde do tipo extensivo, tendo como composição da vegetação gramíneas e outras espécies que não requerem cuidados especiais. Desta forma, será necessária uma espessura baixa para o substrato e baixa manutenção para a vegetação cultivada.

Este telhado verde contará com um sistema de captação de água da chuva, sendo esta armazenada em um reservatório subterrâneo. Esta água será destinada para uso não potável, podendo ser utilizada para a rega de vegetações no entorno do alojamento.

Também na cobertura será instalado um sistema de energia fotovoltaico composto por placas solares com a finalidade de proporcionar mais autonomia às edificações em termos de

energia elétrica. Estas placas serão voltadas para a direção Norte para o maior aproveitamento da radiação solar.

A estrada de acesso para os alojamentos será construída em piso intertravado, uma vez que este tipo de pavimentação permite que a água infiltre nas juntas e alcance o solo, reduzindo o volume de água de escoamento. O piso intertravado pode ser verificado na Figura 14, bem como a localização do reservatório para as águas das chuvas. Também é possível verificar o recuo mínimo de 3 metros da divisa frontal do lote prevista no Código de Obras do Município de Lavras (LAVRAS, 2008).

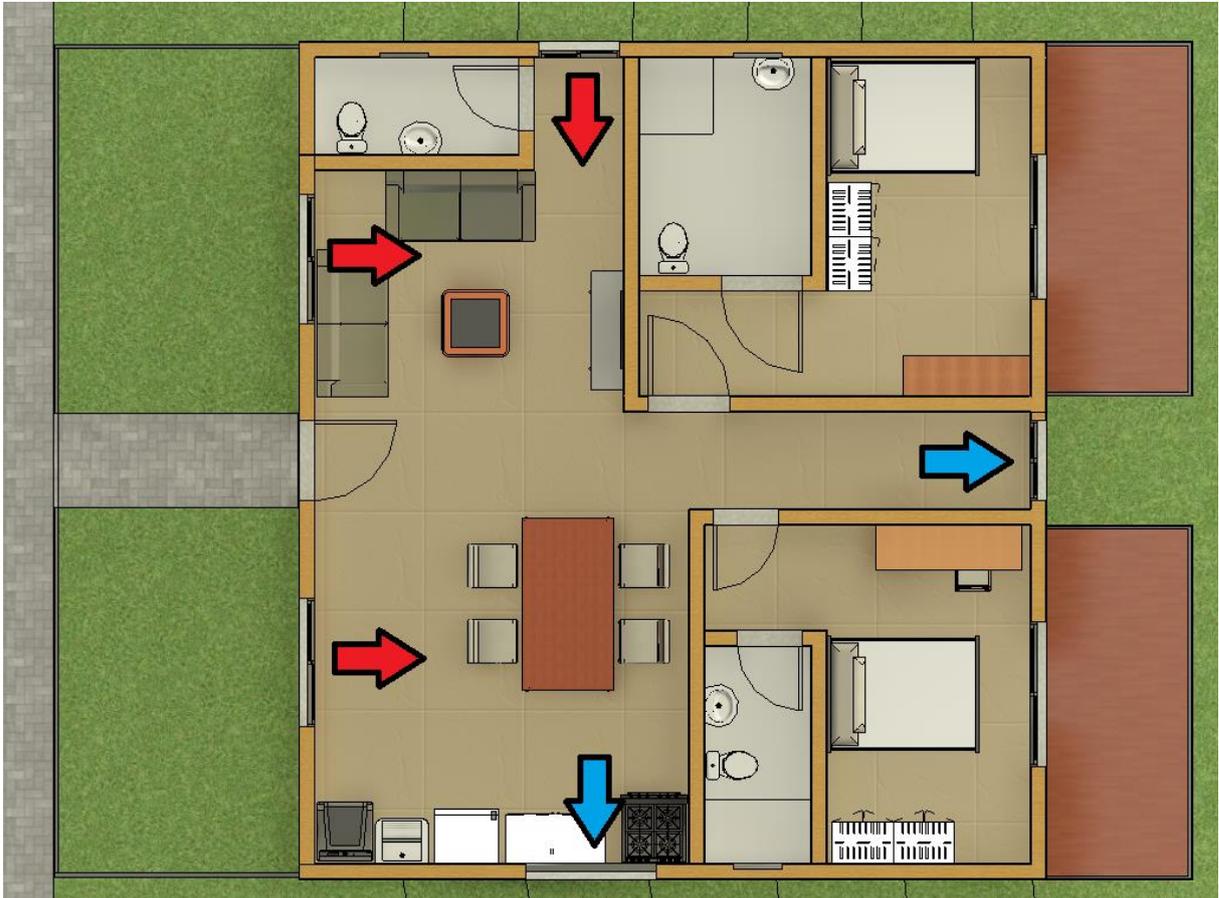
Figura 14 - Planta baixa humanizada do projeto



Fonte: Do Autor (2022).

Nas Figura 15 está esquematizada a planta baixa humanizada do alojamento com a representação das entradas e saídas do vento possíveis pela ventilação cruzada.

Figura 15 - Planta baixa humanizada com ventilação cruzada representada



Fonte: Do Autor (2022).

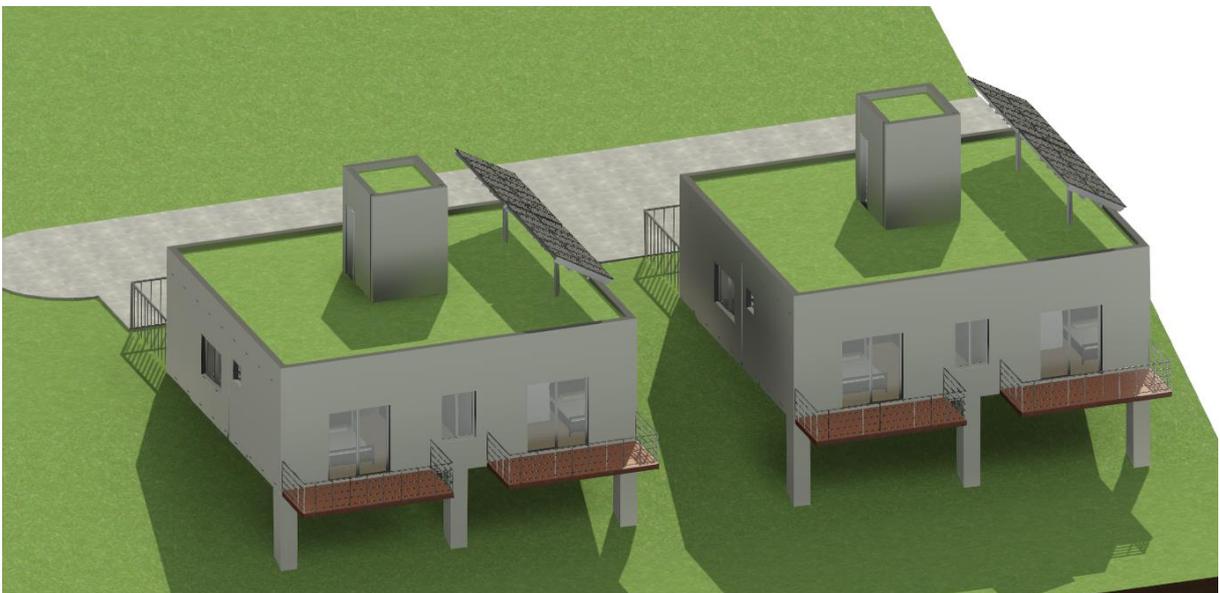
As Figura 16 e Figura 17 representam vistas 3D do projeto em que são possíveis verificar o telhado verde e as placas fotovoltaicas. No Apêndice A se encontram as pranchas com os detalhamentos do projeto.

Figura 16 - Vista 3D frontal do projeto



Fonte: Do Autor (2022).

Figura 17 - Vista 3D posterior do projeto



Fonte: Do Autor (2022).

## 6 CONCLUSÕES

A partir da aplicação dos conceitos de sustentabilidade na construção civil e arquitetura bioclimática, foi possível alcançar o objetivo deste trabalho: desenvolver a proposta de projeto arquitetônico de um alojamento que será destinado para receber docentes e discentes advindos de instituições estrangeiras.

Este projeto foi baseado e inspirado em uma série de fatores que, tiveram como resultado final, o projeto apresentado neste trabalho. Um dos fatores é o estudo de técnicas construtivas sustentáveis, que teve como finalidade a disseminação de práticas sustentáveis, estando de acordo com os valores da UFLA.

O alojamento é projetado para promover a iluminação e ventilação natural a partir do posicionamento de aberturas considerando a trajetória solar. Estes fatores permitem a diminuição da utilização de sistemas de iluminação e resfriamento artificiais, gerando economia de energia para a edificação.

A quantidade de quartos disponíveis foi dimensionada considerando a quantidade de visitantes registrados no DRI/UFLA. Desta forma, estes visitantes poderão ter o conforto de uma residência unifamiliar se desejarem.

Como ideia de conclusão, uma arquitetura sustentável que une diversos elementos sustentáveis aliada a uma necessidade existente pode proporcionar uma ideia que expande os conceitos da sustentabilidade e arquitetura bioclimática e pode incentivar outras instituições e corporações adotarem técnicas construtivas semelhantes em seus projetos. Desta forma, a sociedade como um todo usufrui das consequências destes projetos.

Como ideias para trabalhos futuros complementares, seria interessante a realização do projeto estrutural dos alojamentos, além dos projetos elétricos e hidrossanitários, incluindo o dimensionamento do sistema de captação de água da chuva.

Além disto, também seria interessante a realização do orçamento do projeto e que fosse feita a comparação do preço deste sistema construtivo com o do sistema de construção convencional.

## REFERÊNCIAS

- ADAM, Roberto Sabatela. **Princípios do Ecoedifício**: Interação entre Ecologia, Consciência e Edifício. 1.ed. São Paulo: Aquariana, 2001.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília, 2008. Disponível em: [https://catalogobiblioteca.cnmc.es/LIBR/BRLIBR000002044/BRLIBR000002044\\_G2/Texto%20completo.PDF](https://catalogobiblioteca.cnmc.es/LIBR/BRLIBR000002044/BRLIBR000002044_G2/Texto%20completo.PDF). Acesso em: 03 abr. 2022.
- ALBERTO, E. Z.; RECCHIA, F. M.; PENEDO, S. R. M. **Estudo do telhado verde nas construções sustentáveis**. XII Safety, Health and Environmental World Congress. São Paulo, 2012. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Paletta/publication/356662302\\_estudo\\_do\\_telhado\\_verde\\_nas\\_construcoes\\_sustentaveis/links/61a6df596864311d938e4a79/estudo-do-telhado-verde-nas-construcoes-sustentaveis.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Francisco-Paletta/publication/356662302_estudo_do_telhado_verde_nas_construcoes_sustentaveis/links/61a6df596864311d938e4a79/estudo-do-telhado-verde-nas-construcoes-sustentaveis.pdf). Acesso em: 03 abr. 2022.
- ALVIM, E. A. Iniciada implantação da segunda fase da Usina Fotovoltaica da UFLA. **Portal UFLA**, Lavras, 27 abr. 2020. Disponível em: <https://ufla.br/noticias/institucional/13706-iniciada-implantacao-da-segunda-fase-da-usina-fotovoltaica-da-ufla>. Acesso em: 28 mar. 2022.
- ALVIM, E. A. UFLA está entre as 14 instituições federais que obtiveram conceito máximo. **Portal UFLA**, Lavras, 23 abr. 2021. Disponível em: <https://ufla.br/noticias/institucional/14397-ufla-esta-entre-as-14-instituicoes-publicas-federais-que-obtiveram-conceito-maximo>. Acesso em: 27 mar. 2022.
- ALVIM, E. A. UFLA recebe 53 milhões do governo do estado para investimento no Hospital Universitário e geração de energia fotovoltaica. **Portal UFLA**, Lavras, 21 out. 2021. Disponível em: <https://ufla.br/noticias/institucional/14795-ufla-recebe-53-milhoes-do-governo-do-estado-para-investimento-no-hospital-universitario-e-geracao-de-energia-fotovoltaica>. Acesso em: 28 mar. 2022.
- ANDRADE, L., BRITO, M., BRITO, V., BAETA. O. **Estratégia como Prática**: uma Análise das Práticas Ambientalistas da Universidade Federal de Lavras (UFLA). *In*: Revista de Gestão Social e Ambiental, 10(2), 02-18, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva: aproveitamento coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis: requisitos. Rio de Janeiro, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190:1997**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050**: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.
- BALEN, Elisa; PANSEIRA, Rafael D.; ZANARDO, Rosane Lemos de Pinho. **Wood frame**: busca por sustentabilidade. *In*: 5º Seminário Internacional de Construções Sustentáveis. Passo Fundo: Imed, 2016.

BIDONE, Francisco Antonio. **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização**. Brasília: FINEP/PROSAB, 2001.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. **Our Common Future**. Oxford: Oxford University Press, 1987.

BUDEL, Marcel Aramis. **Estudo comparativo da qualidade da água de chuva coletada em cobertura convencional e em telhado verde**. Curitiba: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

CARVALHO, G. S.; OLIVEIRA, S. C.; MORUZZI, R. B. **Cálculo do volume do reservatório de sistemas de aproveitamento de água de chuva**: Comparação entre métodos para aplicação em residência unifamiliar. *In.*: Simpósio Nacional De Sistemas Prediais: Desenvolvimento e Inovação, 10., 2007, São Carlos. Anais.São Carlos: ANTAC, 2007.

COHIM, E.; OLIVEIRA, C. **A Importância do intervalo de tempo na simulação do funcionamento de um reservatório de água de telhado**. *In.*: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 25, 2009, Recife. Anais. Recife, 2009.

CONNOLLY, Thomas et al. **Feasibility study of mass-timber cores for the UBC tall wood building**. *In.*: *Buildings*, v. 8, n. 8, p. 98, 2018.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em Busca de Uma Arquitetura Sustentável Para os Trópicos**: conforto ambiental. 1.ed. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

CORREA, C. B. **Análisis de la viabilidad y comportamiento ener-gético de la cubierta plana ecológica**. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2001. Disponível em: <http://oa.upm.es/884/1/03200107.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2022.

COSTA, L. C. N. **Aproveitamento da ventilação natural nas habitações**: um estudo de caso na cidade de Aracaju SE. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2009.

DEPARTAMENTO DE RELAÇÕES INTERNACIONAIS/UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. **Visitantes internacionais registrados no DRI/UFLA**. Lavras, 18 mar. 2022. [elo.br/j/ambiagua/a/ggpxVmJS8rphCrSGf9zLsFL/?format=pdf&lang=pt](http://elo.br/j/ambiagua/a/ggpxVmJS8rphCrSGf9zLsFL/?format=pdf&lang=pt). Acesso em: 09 mar. 2022.

ESPÍNDOLA, Luciana da Rosa; INO, Akemi. **Diretrizes para a produção de componentes do sistema construtivo wood frame no Brasil visando a sustentabilidade**. Materiais de Construção Sustentáveis, v.2, Universidade do Minho: Minho, 2014.

FAGUNDES, Arian Rodrigues. **Avaliação do potencial de geração e viabilidade econômica de usinas solares no Brasil**. Alegrete: Universidade Federal do Pampa, 2019.

FERRAZ, Iara Lima. **O desempenho térmico de um sistema de cobertura verde em comparação ao sistema tradicional de cobertura com telha cerâmica**. Tese de Doutorado. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2012.

FERREIRA, L. da C. **Sustentabilidade: uma abordagem histórica da sustentabilidade**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

FRANCO, Barbara Pereira; LACERDA, Frank Carlos Ramos; MIRANDA, Danilo Carvalho. **A aplicação de métodos sustentáveis na construção civil: um estudo sobre a captação e reaproveitamento de água das chuvas através da cobertura verde.** Faculdade AlfaUnicap, 2018. Disponível em:

[https://repositorio.alfaunipac.com.br/publicacoes/2020/534\\_a\\_aplicacao\\_de\\_metodos\\_sustentaveis\\_na\\_construcao\\_civil\\_um\\_estudo\\_sobr.pdf](https://repositorio.alfaunipac.com.br/publicacoes/2020/534_a_aplicacao_de_metodos_sustentaveis_na_construcao_civil_um_estudo_sobr.pdf). Acesso em: 02 abr. 2022.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico.** 8. ed. São Paulo, SP: Studio Nobel, 243 p.; 2007.

GARCIA, Sheila et al. **Sistema Construtivo Wood Frame.** *In:* VIII Mostra de Iniciação. Passo Fundo, 2014.

<http://www.un-documents.net/jburgpln.htm>. Acesso em: 20 fev. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Uso de água de chuva:** Pesquisadores do IPT explicam os requisitos básicos e os cuidados para garantir a qualidade da água coletada. São Paulo: Governo do Estado, 2015. Disponível em:

[https://www.ipt.br/noticias\\_interna.php?id\\_noticia=892](https://www.ipt.br/noticias_interna.php?id_noticia=892). Acesso em: 01 mai. 2022

ISTCHUK, Rodrigo N.; SILVA, Leonardo M.; MIOTTO, José L. **Habitação em wood frame:** análise de sustentabilidade ambiental. *In:* IV Inova Civil, 2017. Disponível em:

[https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo-Novais-Istchuk/publication/341409163\\_HABITACAO\\_EM\\_WOOD\\_FRAME\\_Analise\\_de\\_sustentabilidade\\_ambiental/links/5ebec4d8299bf1c09abeb4d1/HABITACAO-EM-WOOD-FRAME-Analise-de-sustentabilidade-ambiental.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Rodrigo-Novais-Istchuk/publication/341409163_HABITACAO_EM_WOOD_FRAME_Analise_de_sustentabilidade_ambiental/links/5ebec4d8299bf1c09abeb4d1/HABITACAO-EM-WOOD-FRAME-Analise-de-sustentabilidade-ambiental.pdf). Acesso em: 03 abr. 2022.

JEREISSATI, G. M. **Licitação e obras públicas sustentáveis.** Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2011.

KAVA, Cintia Merlo. **A construção civil, a construção sustentável e a educação socioambiental:** um estudo de caso de aplicações nas habitações de interesses sociais. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2011.

KEMERICH, Pedro D. da Cunha; FLORES, Carlos E. B.; BORBA, Willian F. de;

SILVEIRA, Rafael B. da.; FRANÇA, Jacson R.; LEVANDOSKI, Natalie. **Paradigmas de energia solar no Brasil e no mundo.** Revista Eletrônica em Gestão, Educação e tecnologia Ambiental. Santa Maria, v.20, n.1, jan./abr., 2016. Disponível em:

<https://pdfs.semanticscholar.org/abef/1d505c90f629dd0bf36652356482c30086aa.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2022.

LAGO, P. A. **Comparativo do custo benefício entre o sistema construtivo em alvenaria e os sistemas steel frame e wood frame.** *In:* Revista Especialize, Uberlândia, v.10, n.1, 2015.

LAMBERTS, R. **Desempenho térmico de edificações.** Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

LAVRAS. **Lei complementar nº156, de 22 de setembro de 2008.** Dispõe sobre o zoneamento e regulamenta o uso e a ocupação do solo urbano do município de Lavras e dá outras providências. Lavras: Prefeitura Municipal de Lavras, 2008.

LAVRAS. **Lei complementar nº154, de 25 de julho de 2008**. Estabelece o Código de Obras do município de Lavras e dá outras providências. Lavras: Prefeitura Municipal de Lavras, 2008.

LEMOS, Haroldo Mattos. **A evolução da questão ambiental e o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2005.

LIMA, M. UFLA é a 1ª universidade brasileira em ranking internacional de sustentabilidade. **Portal UFLA**, Lavras, 20 fev. 2013. Disponível em: <https://www.ufla.br/dcom/2013/02/20/ufla-e-a-1a-universidade-brasileira-em-ranking-internacional-de-sustentabilidade/>. Acesso em: 27 mar. 2022.

MENDES, L. M.; IWAKIRI, S.; MATOS, J.; SALDANHA, L. **Avaliação dos sistemas de orientação de partículas na produção de painéis OBS**. Universidade de Lavras. CERNE, v.6, n.1, 2000. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/744/74460101.pdf>. Acesso em: 01 abr. 2022.

MOLINA, Julio Cesar; JUNIOR, Carlito Calil. **Sistema construtivo em wood frame para casas de madeira**. In: Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 31, n. 2, p. 143-156, jul./dez., 2010.

NEVES, L. O. **Arquitetura Bioclimática e a obra de Severiano Porto**: estratégias de ventilação natural. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2006.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Agenda 21**. Organização das Nações Unidas. Rio de Janeiro: Organização das Nações Unidas, 1992. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-global/item/670.html>. Acesso em: 20 fev. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Plan of Implementation of the World Summit on Sustainable Development**. Johannesburgo: UN Documents, 2002. Disponível em:

PAGNOSSIN, E.M.; BURIOL, G.A.; GRACIOLLI, M.A. **Influência dos elementos meteorológicos no conforto térmico humano**: bases biofísicas. In: *Disciplinarum Scientia*. Série: Ciên. Biol. e da Saúde, Santa Maria, v.2, n.1, p.149-161, 2001.

PILON, A. et al. **Brock Commons Tallwood House**: Design and Preconstruction Overview. Vancouver: Naturally: wood, 2016. Disponível em: [https://www.naturallywood.com/sites/default/files/documents/resources/brockcommons\\_desig\\_npreconstructionoverview\\_web.pdf](https://www.naturallywood.com/sites/default/files/documents/resources/brockcommons_desig_npreconstructionoverview_web.pdf). Acesso em: 03 abr. 2022.

PROJETOU BLOG. **O que é ventilação cruzada e quais os benefícios?** 2015. Disponível em: <https://www.projetou.com.br/posts/ventilacao-cruzada/>. Acesso em: 10 abr. 2022.

RANGEL, Ana C. L da C.; ARANHA, Kaline C.; SILVA, Maria C. B. C. **Os telhados verdes nas políticas ambientais como medida indutora para a sustentabilidade**. Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente - UFPR, v.35, dez., 2015. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/39177/27108>; Acesso em: 04 abr. 2022.

REZENDE, Jozrael Henrique; TECEDOR, Natália. **Aproveitamento de água de chuva de cobertura em edificações**: dimensionamento do reservatório pelos métodos descritos na

NBR 15527. Revista Ambiente & Água, v.12, n.6, 2017, dez., 2017. Disponível em: <https://www.sci>

ROSA, A. **Rede de governança ambiental na cidade de Curitiba e o papel das tecnologias de informação e comunicação**. Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2007.

SANTOS, Altevir Castro dos. **Diafragmas horizontais de piso em madeira, confeccionados com chapas de OSB e vigas I, submetido ao carregamento vertical**. In: Acta Sci. Technol, v.29, n.2, 2007. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciTechnol/article/view/579/361>. Acesso em: 01 abr. 2022.

SATTLER, M. **Land use and sustainable buildings: design and construction in southern Brazil**. In: Industry and Environment, v. 26, n. 2, p. 42-45, 2003.

SCHENINI, Pedro Carlos; BAGNATI, Antônio Marius Zuccarelli; CARDOSO, André Coimbra Felix. **Gestão de resíduos da construção civil**. In: Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis: UFSC, 2004.

SHAYANI, R. A.; OLIVEIRA, Marco A. G. de.; CAMARGO, Ivan M. de T. **Comparação do custo entre energia solar fotovoltaica e fontes convencionais**. VI CNPE - Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. Brasília, 2006. Disponível em: [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3427159/mod\\_resource/content/1/solar.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/3427159/mod_resource/content/1/solar.pdf). Acesso em: 02 abr. 2022.

SILVA, D. da; CC, Sc. **Sustentabilidade Corporativa**. Resende, RJ: Anais VI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia-SEGeT, p. 5, 2009.

SILVA, Diogo; SANTANA, Edjane da Silva; SILVA, Jessica Ferreira Tiburcio; ALMEIDA, Suelane; LIMA, Sandovânio Ferreira de. **Construção sustentável na engenharia civil**. Revista Ciências exatas e tecnológicas. Alagoas, v.4, n.2, nov., 2017. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/5204/2559>. Acesso em: 03 abr. 2022.

SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÕES TÉCNICAS. **Sistemas construtivos estruturados em peças leves de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas (Sistemas leves tipo “Light Wood Framing”)**. nº 5. Brasília: Secretaria Nacional da Habitação Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat, 2007.

SJÖSTRÖM, Ch. **Durability and sustainable use of building materials**. Londres: BRE, 1992.

STEELE, J. **Architecture today: ecological architecture**. 1.ed. Londres: Phaidon, 1997.

STOUHI, Dima. **MVRDV apresenta novo projeto de bairro sustentável para a cidade de Amsterdã**. ArchDaily, 2021.

SULLIVAN, E.; Ward, P. **Sustainable housing applications and policies for low-income self-build and housing rehab**. Austin: Habitat International, v. 36, n. 2, p. 312-323, 2012.

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

TECVERDE. **Desenvolvimento de Tecnologia Wood Frame para Habitações de Interesse Social**. 2012. Disponível em: <https://www.tecverde.com.br/wp-content/uploads/2016/07/CBIC-2012-Desenvolvimento-de-Tecnologia-Wood-Frame-para-Habitac%CC%A7o%CC%83es-Sustenta%CC%81veis.pdf>. Acesso em: 03 abr. 2022.

TECVERDE. **Sistema estruturado em peças leves de madeira maciça serrada – Tecverde (tipo *light wood framing*)**. Araucária: Tecverde, 2020. Disponível em: [https://www.tecverde.com.br/wp-content/uploads/2021/10/pbqph\\_d2906-1.pdf](https://www.tecverde.com.br/wp-content/uploads/2021/10/pbqph_d2906-1.pdf). Acesso em: 02 abr. 2022.

TESHNIZI, Z.; PILON, A.; STOREY, S.; LOPEZ, D.; FROESE, T. **Lessons Learned from Life Cycle Assessment and Life Cycle Costing of Two Residential Towers at the University of British Columbia**. *In*: 25th CIRP Life Cycle Engineering (LCE) Conference, Copenhagen, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221282711730906X> Acesso em: 04 abr. 2022.

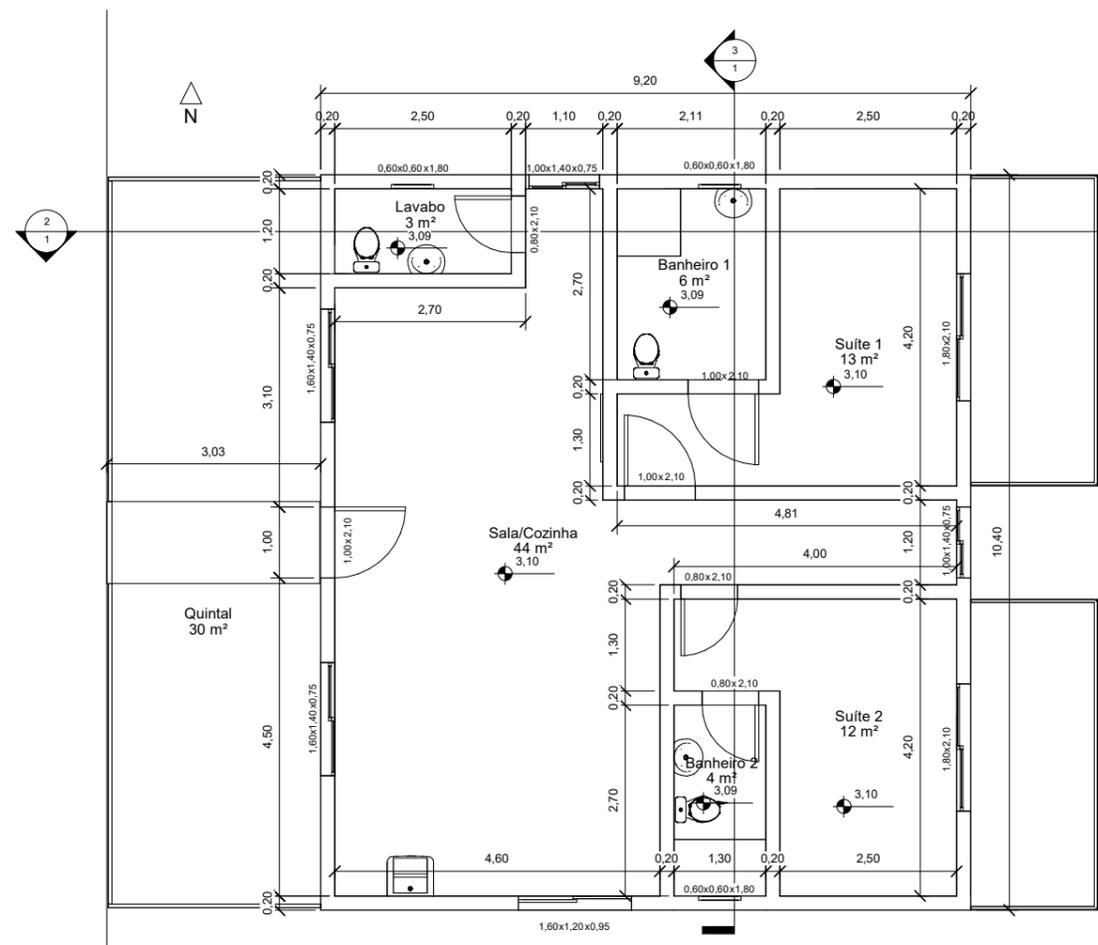
UI GREEN METRIC. **Overall Rankings 2021**. UI Green Metric, 2021. Disponível em: <https://greenmetric.ui.ac.id/rankings/overall-rankings-2021>. Acesso em: 28 mar. 2022.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. **Manual de Projetos e Obras Públicas Sustentáveis para os Campi da UFC**. Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2020.

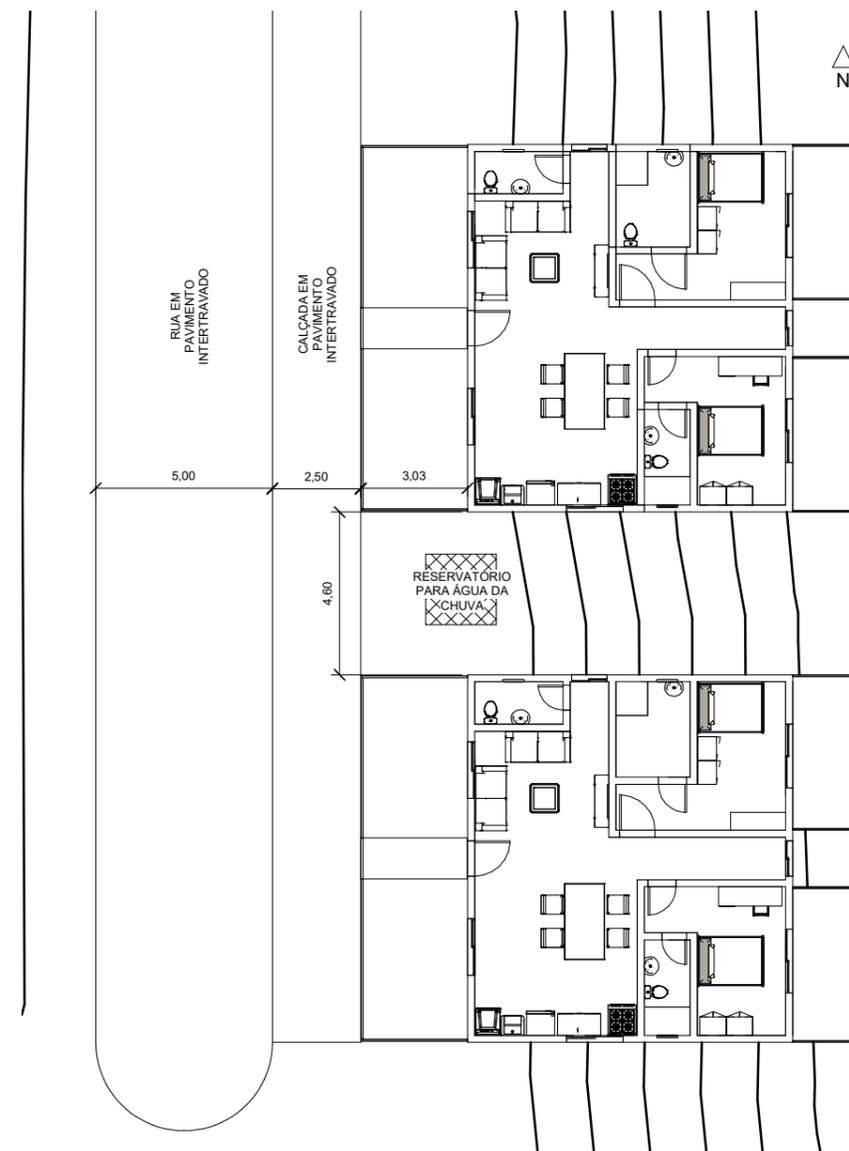
UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA. **Brock Commons**: Tallwood House. Vancouver: University of British Columbia. Disponível em: <https://vancouver.housing.ubc.ca/residences/brock-commons/>. Acesso em: 03 abr. 2022.

VIGGIANO, M. H. S. **Edifícios Públicos Sustentáveis**. Brasília: Subsecretaria de Edições Técnicas, 2010.

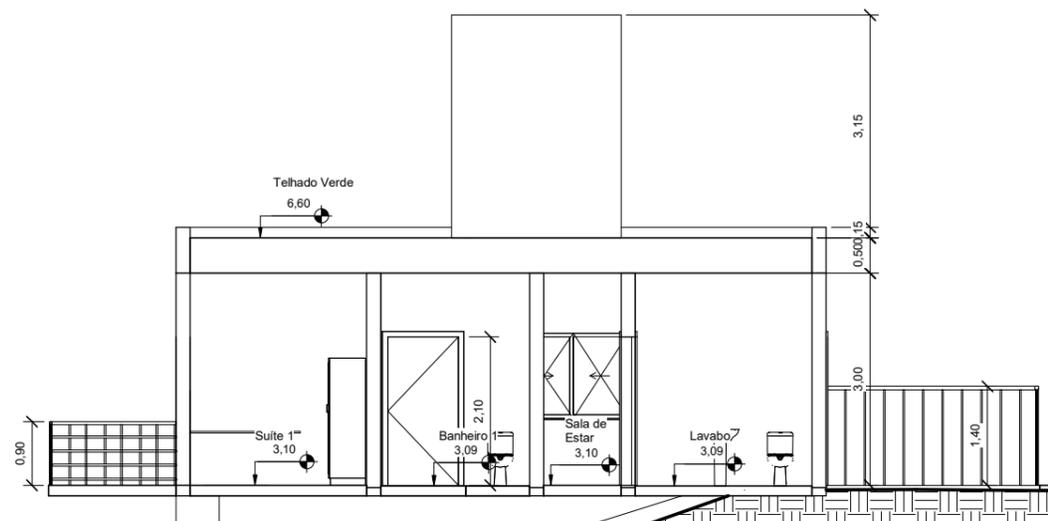
ZAPARTE, T. A. **Estudo e adequação dos principais elementos do modelo Canadense de construção em wood frame para o Brasil**. Pato Branco: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014. Disponível em: [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3395/1/PB\\_COECI\\_2014\\_2\\_9.pdf](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3395/1/PB_COECI_2014_2_9.pdf). Acesso em: 02 abr. 2022.



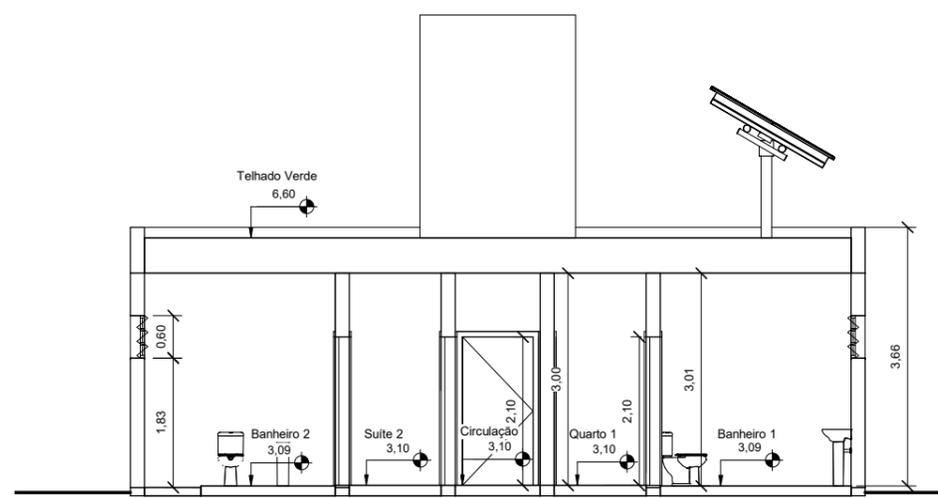
1 Planta Baixa - Aloj. Tipo  
1 : 50



4 Planta Baixa - Projeto  
1 : 100

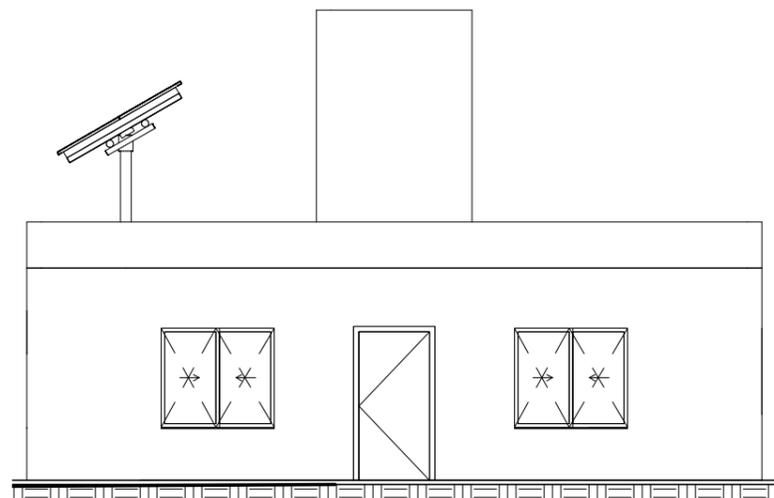


2 Corte 1 - Aloj. Tipo  
1 : 50

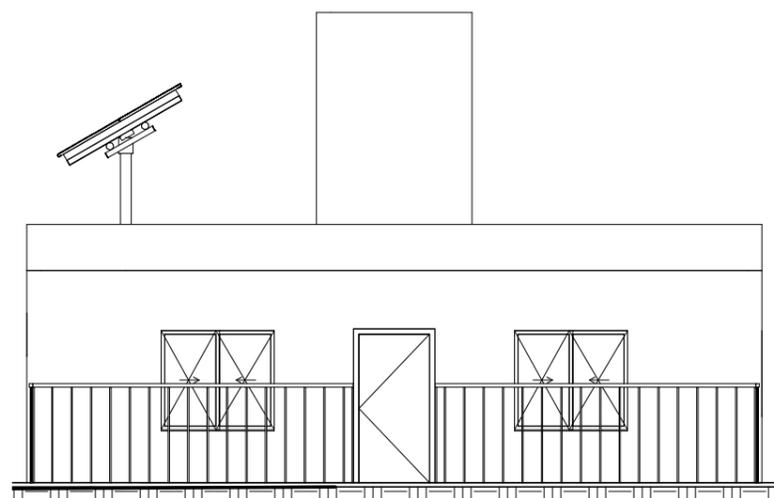


3 Corte 2 - Aloj. Tipo  
1 : 50

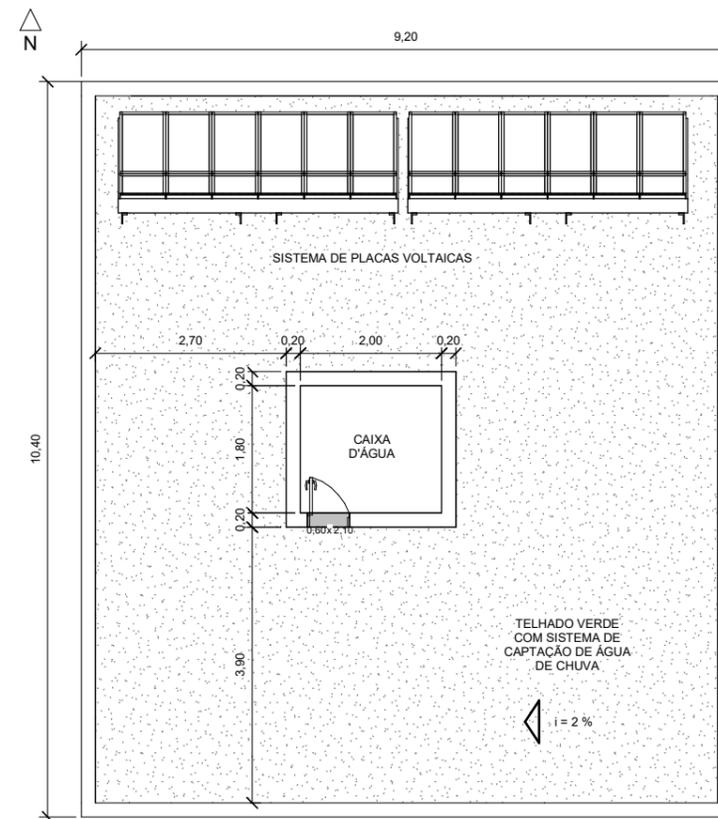
<b>UFLA</b> UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS	OBRA: Alojamento para Visitantes Estrangeiros	
	CLIENTE: Universidade Federal de Lavras	
	ENDEREÇO: Rua Inácio Valentim	
DATA: 03/05/2022	Nº DA PRANCHA 1 / 2	
AUTOR: Daniel Sendreti Broder		ESCALA: Como indicado
CONTEÚDO: Moradia temporária		
Nº PAVIMENTOS: 1		



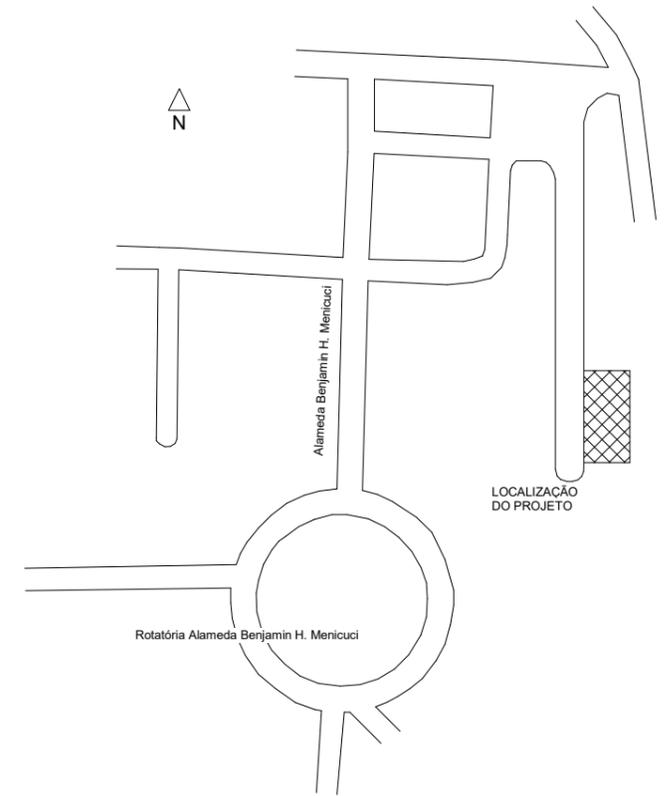
3 Elevação Frontal  
1 : 50



4 Gradil  
1 : 50



2 Diagrama de Cobertura  
1 : 50



1 Planta de Situação  
1 : 1000

<b>UFLA</b> UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS	OBRA: Alojamento para Visitantes Estrangeiros	
	CLIENTE: Universidade Federal de Lavras	
	ENDEREÇO: Rua Inácio Valentim	
	DATA: 03/05/2022	Nº DA PRANCHA <b>2</b> / <b>2</b>
CONTEÚDO: Moradia temporária		AUTOR: Daniel Sendreti Broder
Nº PAVIMENTOS: 1		ESCALA: Como indicado