



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL



MARIANE DO NASCIMENTO RIEDMANN

**TÉCNICAS ECOEFICIENTES, COM ÊNFASE NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA,
APLICADAS AO PROJETO DE UMA POUSADA NO SÍTIO JARACATIÁ – SÃO
JOSÉ DO RIBEIRÃO/RJ**

MACAÉ

2023

MARIANE DO NASCIMENTO RIEDMANN

**TÉCNICAS ECOEFICIENTES, COM ÊNFASE NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA,
APLICADAS AO PROJETO DE UMA Pousada NO SÍTIO JARACATIÁ – SÃO
JOSÉ DO RIBEIRÃO/RJ**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
submetido à Universidade Federal do Rio de
Janeiro – Instituto Politécnico – UFRJ/Macaé,
como parte dos requisitos necessários à obtenção
do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadores:

Prof. Monique Amaro de Freitas Rocha Nascimento, D.Sc.

Prof. André Borges Randolpho Paiva, Doutorando

MACAÉ

2023

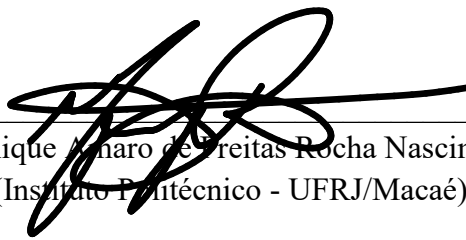
MARIANE DO NASCIMENTO RIEDMANN

**TÉCNICAS ECOEFICIENTES, COM ÊNFASE NA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA,
APLICADAS AO PROJETO DE UMA PousADA NO SÍTIO JARACATIÁ – SÃO
JOSÉ DO RIBEIRÃO/RJ**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
submetido à Universidade Federal do Rio de
Janeiro – Instituto Politécnico – UFRJ/Macaé
como parte dos requisitos necessários à obtenção
do grau de bacharel em Engenharia Civil.

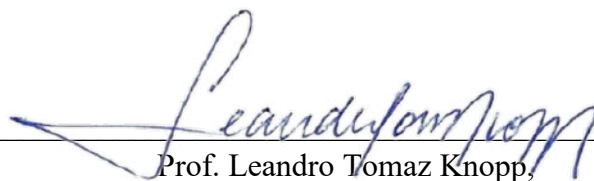
Macaé, 11 de janeiro de 2023

BANCA EXAMINADORA



Prof(a). Monique Anvaro de Freitas Rocha Nascimento, D.Sc.
(Instituto Politécnico - UFRJ/Macaé)

Prof. André Borges Randolpho Paiva,
(Instituto Politécnico - UFRJ/Macaé)



Prof. Leandro Tomaz Knopp,
(Instituto Politécnico - UFRJ/Macaé)

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por ser fonte inesgotável de amor e por permitir que eu concluísse mais uma etapa com saúde e força.

À minha avó, Elza, por ser a minha inspiração de amor, cuidado e muita força. Por ser tão presente e fundamental em toda a minha vida.

Aos meus pais, Mirian e Herbert, que nunca mediram esforços para que eu pudesse alcançar os meus sonhos e ser quem eu sou hoje. E ao meu padrasto, Antonio, por todo acompanhamento, ensinamento e carinho nessa fase da minha vida.

À minha irmã, Luane, e ao meu cunhado, Alan, pela parceria e cuidado durante todos os momentos de alegrias e dificuldades.

Ao meu namorado, Hiago, por entender a ausência e ser meu companheiro em mais uma etapa importante da nossa caminhada.

Às minhas amigas do ensino médio, Bárbara, Brenda, Júlia, Letícia, Luana e Patrícia, que não me abandonaram nesses 10 anos de amizade e apesar da distância são capazes de dar todo suporte e proporcionar uma trajetória mais feliz.

Às minhas amigas da faculdade, Clarisse, Eduarda Ramos, Eduarda Santos, Gabriele, Letícia e Thamy, que se tornaram muito mais do que colegas de classe ou parceiras de trabalhos. Deixaram o curso mais leve, agradável e se tornaram amigas que levarei para toda a vida.

Ao meu grupo, “Amigos de Macaé”, que foi se formando aos poucos e se tornou presente durante toda a minha graduação em momentos difíceis do curso e em muitos momentos divertidos.

Aos demais membros da minha família e amigos que eu tenho um carinho enorme e foram fundamentais para o meu percurso até aqui ser mais completo.

Aos meus orientadores, Monique e André, que participaram comigo da elaboração desse trabalho, com contribuições pontuais, me dando todo apoio e auxílio no decorrer desse momento tão importante da faculdade.

Aos demais docentes do curso da Engenharia Civil, especialmente ao convidado para a banca, Leandro, que fizeram parte da minha graduação e contribuíram com todos os ensinamentos para que eu pudesse chegar até aqui.

À minha chefe, Isabela, que muito me ensinou durante meu período de estágio e que me deu todo suporte necessário nesse final do curso.

Um agradecimento especial à empresa RPB Engenharia, ao engenheiro André e ao arquiteto Daniel, que embarcaram comigo nessa jornada e enriqueceram grandiosamente o meu trabalho.

E a todos que de alguma forma fizeram parte da minha formação, o meu eterno agradecimento.

*“Há tempo de nascer, e tempo de
morrer; tempo de plantar, e tempo
de arrancar o que plantou; ”
(Eclesiastes 3:2)*

RESUMO

Desde a aquisição de materiais até a disposição final dos resíduos, o setor da construção civil é altamente gerador de degradação ambiental. Ao realizar uma análise global e nacional, percebe-se a urgência por mudanças e implementação de práticas mais sustentáveis no setor em busca de preservação ambiental, garantia de recursos para as próximas gerações e redução dos efeitos das mudanças climáticas. O presente trabalho aborda a introdução de técnicas mais sustentáveis no ramo das hospedagens, ou seja, o projeto de uma pousada ecoeficiente. Esta é um destino que está em alta, com grande procura pelos turistas que desejam mais contato com o meio natural. As soluções propostas se baseiam em um projeto mais passivo, com a promoção do aproveitamento do sol e do vento, do uso de materiais mais ecológicos como a tinta ecológica, o bambu e a madeira, além de uma ênfase para a implantação de um sistema solar fotovoltaico. Essas técnicas garantem o conforto térmico, a eficiência energética e uma construção economicamente viável e de baixo impacto ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Técnicas Sustentáveis, Energia Solar, Pousada Sustentável, Conforto Térmico.

ABSTRACT

From the acquisition of materials to the final disposal of waste, the construction sector is a major generator of environmental degradation. When performing a global and national analysis, one realizes the urgency for changes and the implementation of more sustainable practices in the sector in search of environmental preservation, guaranteeing resources for the next generations and reducing the effects of climate change. The present work addresses the introduction of more sustainable techniques in the field of lodging, that is, the project of an eco-efficient inn. This is a destination that is on the rise, with great demand by tourists who want more contact with the natural environment. The proposed solutions are based on a more passive project, promoting the use of sun and wind, the use of more ecological materials such as ecological paint, bamboo and wood, in addition to an emphasis on the implementation of a photovoltaic solar system. These techniques guarantee thermal comfort, energy efficiency and an economically viable construction with low environmental impact.

KEYWORDS: Sustainable Techniques, Solar Energy, Sustainable Inn, Thermal Comfort.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	12
1.2	MOTIVAÇÃO.....	17
1.3	OBJETIVOS GERAIS	18
1.4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.5	METODOLOGIA.....	19
1.6	ESTRUTURA.....	19
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1	ESTRATÉGIAS SUSTENTÁVEIS	21
2.1.1	Projeto Passivo	21
2.1.2	Tinta ecológica.....	23
2.1.3	Utilização de bambu.....	25
2.1.4	Seleção de materiais e componentes de construção.....	27
2.1.5	Energia solar fotovoltaica.....	29
2.2	REFERÊNCIA PROJETUAL	31
2.3	CONDICIONANTES NORMATIVAS DO PROJETO	33
3	PREMISSAS DO PROJETO	33
4	ESTUDO DE CASO: POUSADA NO SÍTIO JARACATIÁ.....	48
4.1	SOBRE O EMPREENDIMENTO	48

4.2	PROGRAMA DE NECESSIDADES.....	49
4.3	PROPOSTAS DE IMPLEMENTAÇÃO	54
4.3.1	Ventilação Cruzada.....	54
4.3.2	Barreira natural e ampliação da varanda	56
4.3.3	Tinta feita a base da terra local	58
4.3.4	Utilização de bambu e madeira.....	62
4.4	PROPOSTA APROFUNDADA – ENERGIA SOLAR.....	66
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

1 INTRODUÇÃO

O setor da Construção Civil impacta positivamente, não apenas a economia, como também no âmbito social, contribuindo para desenvolvimento do país. A atividade é capaz de gerar emprego, possibilita o comércio de materiais, a venda e locação de imóveis e estes são apenas alguns exemplos da influência, direta ou indiretamente, do setor na movimentação socioeconômica.

No entanto, em todas as etapas de sua cadeia produtiva, o setor é altamente degradante e os impactos ambientais são, em muitos casos, irreparáveis. Dividindo-se o processo construtivo em três etapas (aquisição de materiais, execução de obras civis e disposição final de resíduos), tem-se danos causados em cada uma delas.

A primeira etapa inicia-se com a extração de matéria prima, e o setor da construção civil é o responsável por grande parte, entre 15 e 50%, dos recursos naturais extraídos (Laruccia, 2014). Soma-se a esse dado, o consumo de agregados naturais na produção de concreto e argamassa, no Brasil (220 milhões de toneladas), e ainda, os 2/3 de madeira natural extraída, que é utilizada pela atividade (John, 2007, apud Laruccia, 2014).

Ainda na etapa inicial, ressalta-se a elaboração dos materiais de construção. O cimento por exemplo, produto de extrema e importante utilização no setor é amplamente consumido e acarreta em impactos ao longo de seu processo produtivo. O aglomerante, em sua produção, é visto como uma gigantesca fonte de dióxido de carbono (CO₂), gás do efeito estufa (BBC News, 2018).

Durante a execução das obras também há grandes impactos, como os provenientes das perdas de materiais, as interferências no entorno do canteiro, além da alteração nos meios biótico, físico e antrópico do local da construção (Cardoso; Araujo, 2004, apud Kawa, 2015).

O comprometimento do ar fica nítido ao perceber que nesta etapa há partículas suspensas, ruídos e gases emitidos por máquinas e veículos. Além disso, os processos de retirada de vegetação, cortes e aterros modificam e afetam o solo e subsolo. Ainda, os cursos d'água são contaminados por lixo, dejetos humanos e também pelo petróleo proveniente da operação das máquinas (Seplan 2007, apud Kawa, 2015).

A etapa final de disposição de resíduos continua a impactar negativamente quando há falta de políticas públicas eficientes e empreendimentos que não se preocupam com o correto

descarte e manejo dos resíduos. Em decorrência dessa ausência de orientação e disciplina, o ambiente natural é comprometido, e nele ocorrem:

...degradação das áreas de manancial e de proteção permanente; a proliferação de agentes transmissores de doenças; o assoreamento de rios e córregos; a obstrução dos sistemas de drenagem, tais como “piscinões”, galerias, sarjetas; a ocupação de vias e logradouros públicos por resíduos, com prejuízo à circulação de pessoas e veículos; a degradação da paisagem urbana; além da existência e acúmulo de resíduos que podem gerar risco por sua periculosidade (Sinduscon-SP, 2005, apud Kawa, 2015).

Embora as etapas já tenham sido concluídas, tem-se a degradação decorrente da utilização do espaço já construído. Em decorrência do uso exacerbado de recursos como água e eletricidade, além da grande população que usufrui desses itens, é necessário considerar essa etapa como geradora de impactos ambientais de forma contínua.

Por fim, percebe-se, ao final das etapas construtivas e de utilização, que ocorre um desperdício de recursos devido à ausência de projetos e planejamento que considerem o conforto térmico e as alternativas sustentáveis de uso dos recursos para a utilização plena dos sistemas prediais.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Em meio a globalização, tem-se a necessidade de um olhar amplo para as mudanças climáticas e os problemas ambientais, ocasionados pelas ações antrópicas, tendo a construção civil como um dos principais atores nesse cenário. A partir desse panorama, são impostas regras ou normas, especificadas por meio de conferências e tratados internacionais com intuito de unir esforços para resolução de uma problemática global. A partir das considerações de Berchin e Carvalho (2015) sobre as conferências internacionais, tem-se um resumo desde Estocolmo até a Rio +20.

A Conferência de Estocolmo, de 1972, inaugurou a formação de regimes internacionais ambientais, e já declarava como um objetivo urgente a proteção do meio ambiente para o bem-estar dos povos e para desenvolvimento econômico. O evento deu origem ao Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), instituição da Organização das Nações Unidas (ONU) que dialoga com Organizações não Governamentais (ONGs) nacionais e internacionais sobre o meio ambiente. Ainda, a Declaração de Estocolmo, fruto da conferência,

aborda sobre a necessidade de preservação da fauna e flora, redução dos resíduos tóxicos, combate à poluição, redução do volume de lixo, dentre outros temas.

Motivado pela Declaração de Estocolmo, foi elaborado o Relatório Brundland, ou Nosso Futuro Comum, em 1987, indicando avanços e retrocessos da situação global com relação ao desenvolvimento humano, econômico e social. Ressalta que os danos ambientais, causados por esse desenvolvimento, são crescentes. O conceito de desenvolvimento sustentável, que supre as necessidades presentes sem comprometer as futuras, foi apresentado pelo relatório.

Mais tarde, em 1992, tem-se outro marco importante, vinte anos após a Declaração de Estocolmo, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (ECO 92), realizada no Rio de Janeiro. Tal conferência reafirmou a declaração de Estocolmo e teve como principal objetivo a redução da concentração de gases do efeito estufa (GEE). Ainda, ressalta a necessidade de cooperação dos setores chaves da sociedade e dos indivíduos. O principal resultado desta conferência foi a Agenda 21, que contém metas de diferentes temas abordados para alcançar um desenvolvimento sustentável.

As três dimensões do desenvolvimento sustentável (econômica, social e ambiental) fazem parte do conceito de “Tripé da Sustentabilidade” criado em 1994 por John Elkington, um sociólogo britânico. A ideia por trás do conceito é a empresa desenvolver-se não apenas no aspecto econômico e sim buscar uma integração harmônica entre os três pilares do tripé como caminho para garantir a integridade do planeta e da sociedade durante o desenvolvimento econômico-industrial (Verde Ghaia, 2021).

Dez anos depois da ECO 92, em 2002, ocorreu um novo encontro das nações e houve o firmamento da Declaração de Joanesburgo, reforçando os temas tratados nas demais conferências, ressaltando a necessidade da erradicação da pobreza, mudanças nos padrões de consumo e produção, além da proteção e manejo de recursos naturais.

Por fim, em 2012, ocorreu a Rio +20, e como resultado tem-se a Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, ou “ O Futuro que Queremos”. Nesta conferência houve debates acerca da preservação ambiental, do efeito estufa, mudança climática e biossegurança. Em 2015, através do incentivo da Declaração, adotou-se, os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, indicados na figura 1, integrantes da Agenda 2030 e válidos a partir de 2016.



Figura 1 Objetivos de desenvolvimento sustentável (Fonte: GT Agenda 2030, 2022)

Sobre a temática das mudanças climáticas, tem-se dois marcos que merecem destaque, em 1997, o Protocolo de Kyoto gerado na terceira Conferência das Partes (COP) e visa o controle de emissões dos gases do efeito estufa com objetivo de promover desenvolvimento sustentável, com equilíbrio entre as esferas econômica, ambiental e social. E o Acordo de Paris, firmado na COP 21, em 2015, representa o novo acordo para redução dos efeitos das mudanças climáticas e tem por objetivo conter o aumento da temperatura global abaixo de 2° C e visa limitar a 1,5° C até 2100 (Araújo, Neto e Séguin, 2020).

De acordo com o relatório da situação global de 2021 para edifícios e construções, tem-se os edifícios representando 36% da demanda global de energia e 37% de emissão de gás carbônico relacionado à energia, em 2020, como pode ser visualizado na figura 2.

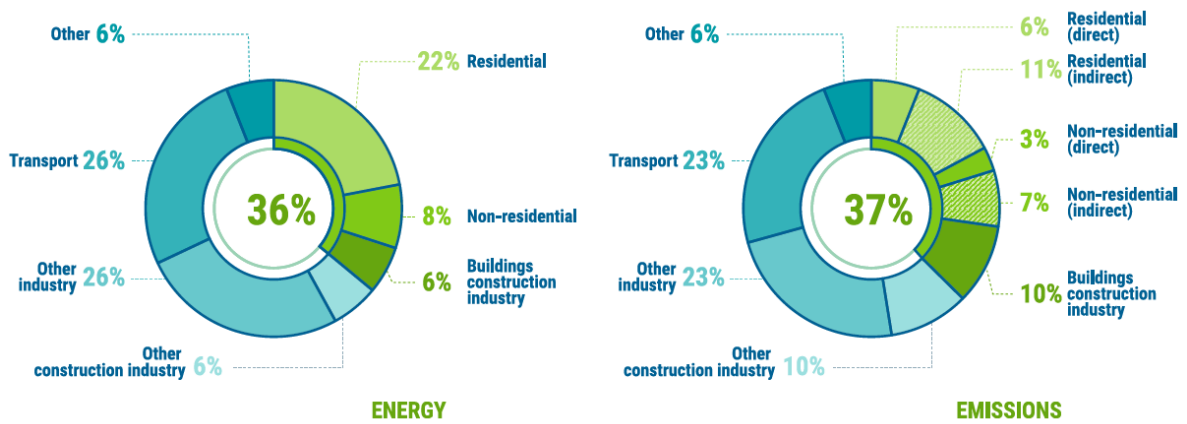


Figura 2 Participação de edifícios e construções na situação global de demanda por energia e emissão de CO₂ relacionado à energia, em 2020 (Fonte: United Nations Environment Programme ,2021)

A forma como os empreendimentos são projetados, construídos e operados precisam de melhorias urgentes, pois o setor da construção civil necessita avançar na contribuição para atingir as metas estabelecidas no Acordo de Paris. A indústria do aço, por exemplo, possui alto consumo energético e, como consequência, é gerada uma maior queima de combustíveis fósseis para produção de energia.

Outro ponto que merece destaque, quanto aos impactos ambientais, é o crescimento da refrigeração do ambiente a partir do uso de aparelhos de ar condicionado. Estes utilizam a eletricidade, comumente gerada a partir de combustíveis fósseis e, além disso, usam produtos químicos, clorofluorcarboneto (CFC) e hidrofluorcarbonetos (HCFCs), para refrigerar. Esses gases são amplamente conhecidos por serem contribuintes do efeito estufa se liberados na atmosfera.

Tendo em vista esse aspecto, é fundamental que as construções sejam idealizadas com resfriamento passivo pensado para o meio local, assim como soluções que se baseiam na natureza. As edificações apresentam o desafio de serem acessíveis, de qualidade, confortáveis, saudáveis e supereficientes.

Trazendo a realidade para o país, tem-se que a construção civil é um dos setores mais poluentes da indústria brasileira (Pereira, 2014). Materiais amplamente utilizados na construção civil brasileira são responsáveis por altas emissões de CO₂, como é o caso do aço, cimento e a cerâmica vermelha.

A contribuição dos diferentes setores no uso de energia e nas emissões de gás carbônico estão apresentados nas figuras 3, 4 e 5, segundo o relatório síntese da Empresa de Pesquisa Energética (EPE), como ano base de 2021.

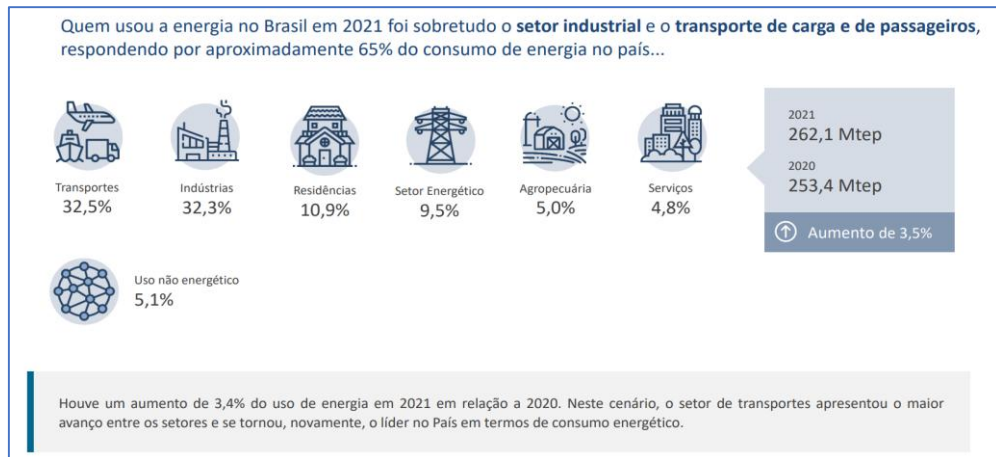


Figura 3 Contribuição dos diferentes setores no uso de energia no Brasil em 2021 (Fonte: EPE, 2022)

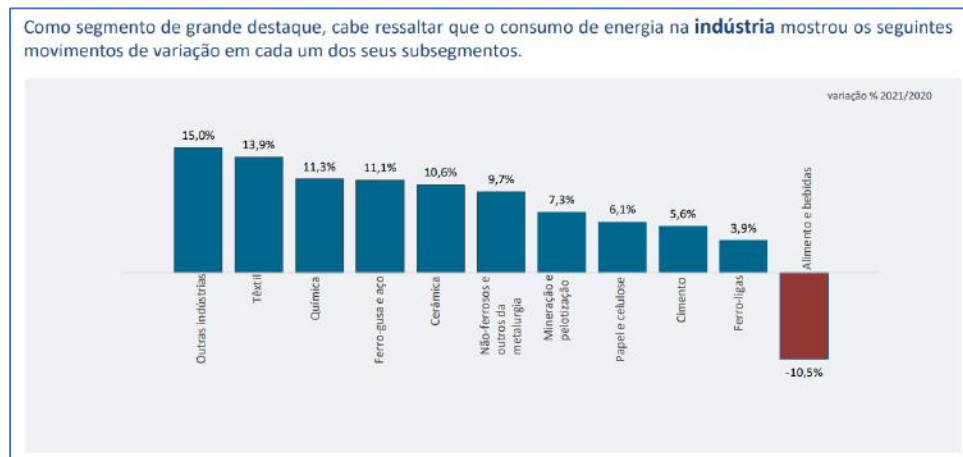


Figura 4 Movimentos de variação dos subsegmentos do setor industrial no consumo de energia (Fonte: EPE, 2022)

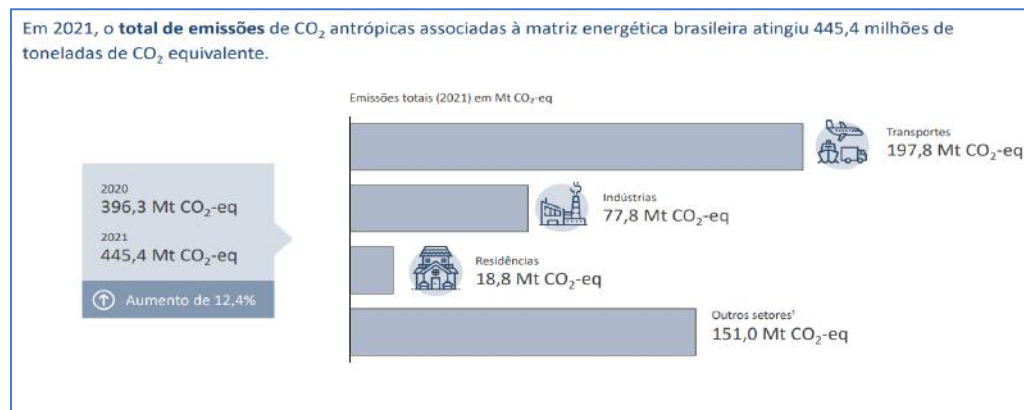


Figura 5 Configuração do total de emissões de gás carbônico associadas à matriz energética brasileira em 2021 (Fonte: EPE, 2022)

Observa-se, a partir dos dados retirados do relatório, que o setor industrial apresenta grande participação no consumo de energia no país e tem-se os segmentos da construção civil com variação positiva, com destaque nesse cenário. Como visto na figura 4, os segmentos de materiais, com grande participação na construção civil brasileira, como o aço, cimento e cerâmica contribuem para a elevada taxa de consumo energético do setor industrial. Além disso, com relação às emissões de CO₂, tem-se uma análise análoga com forte influência do processo construtivo nessa contribuição, desde a produção, transporte até a utilização do ambiente residencial construído.

Para finalizar a situação do Brasil neste contexto, retratando um pouco da realidade da disposição final dos resíduos, tem-se, segundo a Associação Brasileira para Reciclagem de Resíduos da Construção Civil e Demolição - Abrecon, que o país é gerador de mais de 100 milhões de toneladas de Resíduos da Construção e Demolição (RCD) anualmente.

No entanto, aqueles que são destinados adequadamente equivalem a pouco mais de 20%. Ou seja, a maior parte do descarte de resíduos no país é realizado de forma clandestina e irregular e os materiais que poderiam ser reutilizados ou reciclados são desperdiçados, tornando-se agentes poluentes.

1.2 MOTIVAÇÃO

O presente trabalho teve como motivação um desejo da autora de fazer com que sua profissão impactasse de forma positiva a sociedade. O curso de Engenharia Civil mostrou que

é possível mudar vidas, tornar sonhos reais a partir de todo conhecimento adquirido. No entanto, esbarra-se com a questão ambiental, que urge por mudanças em todos os meios de produção e consumo da sociedade atual.

Durante o percurso acadêmico, ao participar do projeto de extensão “Mentes à Obra” e ter contato com diferentes profissionais preocupados com a questão ambiental e empresas com diferentes soluções sustentáveis, a autora pôde perceber que a área tem muito a mudar com relação aos tradicionais processos construtivos. A própria grade curricular do curso de engenharia pode ser atualizada com a inserção de disciplinas que tratem do tema.

Dessa forma, a temática desse estudo foi elaborada pensando nessas questões importantes e relevantes a serem introduzidas de forma mais ampla na área da construção civil e no ambiente universitário. Portanto, com a atual demanda conseguiu-se alinhar o desejo de mudar uma realidade específica e minimizar impactos ambientais decorrentes de uma obra.

1.3 OBJETIVOS GERAIS

A partir da necessidade da diminuição dos impactos ambientais causados pelo setor da construção civil, o presente trabalho tem como objetivo propor o término da obra de uma pousada com a aplicação de tecnologias ecológicas, afim de tornar viável sua conclusão e torná-la mais confortável, ecológica e autossuficiente.

Além disso, busca-se fomentar novos estudos e discussões a respeito da importância da implementação de tecnologias sustentáveis e incitar a mudança de mentalidade sobre o processo de construir de forma mais ecológica, introduzindo a ideia de pensar em soluções desde a concepção do projeto até sua utilização.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Visitar o local de estudo;
- II. Levantar as necessidades do empreendimento e analisar as possíveis soluções;
- III. Modelar o empreendimento no software Revit;

- IV. Descrever e simular técnicas ecoeficientes com auxílio de ferramentas computacionais e sites para obtenção de dados (Revit, Excel, Google Earth, Flow Design, PV*Sol, ZBBR, WINDFINDER, CRESESB);
- V. Simular geração de energia fotovoltaica;
- VI. Determinar a contribuição do presente trabalho.

1.5 METODOLOGIA

O presente estudo foi subdividido em duas partes principais para composição de sua metodologia. A primeira é composta por referenciais teóricos e projetual essenciais para desenvolvimento do projeto. A partir de pesquisas em livros, artigos, trabalhos acadêmicos e sites foi obtido um aprofundamento necessário sobre o tema, além de inspirações para a demanda em questão.

Em um segundo momento foi realizada uma aplicação das técnicas estudadas, analisando as características inerentes a cada uma delas e estudando a sua possível contribuição para a finalização da obra, tornando-a mais sustentável. Foram necessárias visita ao local e análise do histórico do empreendimento, levantamento das características bioclimáticas, além da utilização de softwares que permitiram um estudo mais completo do caso.

1.6 ESTRUTURA

O presente estudo foi dividido em cinco capítulos para uma melhor análise do proposto por este trabalho de conclusão de curso. O primeiro capítulo, além de trazer as motivações e objetivos da autora, traz uma abordagem geral sobre o tema, ressaltando a urgência de mudanças no setor da construção civil, contextualizando desde uma visão global, passando pelo Brasil e chegando, especificamente, na aplicação de técnicas ecoeficientes no setor de hospedagens.

Partindo desse pressuposto, tem-se o segundo capítulo com uma revisão bibliográfica de cada estratégia escolhida para fazer parte do estudo de caso. É válido ressaltar que este trabalho apresenta um perfil mais ecológico, a partir do entendimento dos três pilares do tripé da sustentabilidade. Ao realizar a busca em diferentes fontes, obteve-se o conhecimento

necessário para simulá-los no empreendimento. Os pensamentos dos autores, especialistas sobre o tema, enriqueceram o trabalho e permitiram o aprofundamento imprescindível para a posterior aplicação.

No terceiro capítulo, passa-se para as premissas de projeto necessárias para desenvolvimento das simulações. Antes de iniciar a aplicação das técnicas a serem implementadas na pousada, foram apresentados os dados relativos às características bioclimáticas locais, dentre outras informações que subsidiaram o estudo aplicado.

O estudo de caso, apresentado no quarto capítulo, expõe sobre o empreendimento no seu estado atual, e partindo de todos os pressupostos citados no capítulo anterior, apresenta o resultado da simulação das soluções propostas para finalização da pousada.

No quinto e último capítulo, tem-se as considerações finais do presente trabalho, mostrando que as técnicas sugeridas serão eficazes, possibilitando a finalização da obra e, além disso, são sugeridas para trabalhos futuros algumas estratégias que não foram abordadas nesse contexto, mas que possuem um alto potencial. Por fim, são apresentadas todas as referências bibliográficas estudadas e analisadas para elaboração do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Ao pensar em construções mais ecológicas, tem-se uma aplicação da sustentabilidade no ramo das hospedagens que tem atraído cada vez mais amantes da natureza e apreciadores de uma arquitetura bioclimática. Segundo a plataforma de hospedagem, AirBnb (2021), em 2019 o número de estadias em casas ecológicas aumentou 141% em relação ao ano anterior, ou seja, investir em sustentabilidade é bom para o planeta e também para o negócio.

“O conceito de "Casa Ecológica" passa, necessariamente, pela adoção de critérios coerentes com a política de gerenciamento ambiental, quer seja na escolha dos materiais construtivos, como nas técnicas de aproveitamento dos condicionantes naturais (sol e vento), no tratamento dos resíduos oriundos do uso (p. ex. esgoto) e na busca de racionalização e eficiência energética.” (Alvarez et al., 2001).

Uma casa ecológica deve ser construída pensando em quem vai morar nela e também no meio ambiente. O mesmo ocorre no ramo das hospedagens, as acomodações devem ser elaboradas e projetadas levando em consideração as individualidades do terreno, da natureza e, dessa forma, condições são geradas para torná-las cada vez mais autossuficientes.

Para construção de uma casa ecológica e, analogamente uma hospedagem ecológica, deve-se atentar ao uso dos materiais, uso de energias, além do descarte dos excedentes. Para o pleno funcionamento dos sistemas, pode-se implementar diversas soluções mais ecológicas, como por exemplo, a elaboração de um projeto arquitetônico bioclimático que vai garantir conforto térmico e acústico, diminuindo ainda o consumo energético.

A construção mais ecológica pode ser alcançada também através de medidas como captação de água da chuva, para que esta seja reaproveitada para descarga e irrigação de jardim, e utilização de energia solar, que é uma fonte renovável. Além disso, é imprescindível pensar sobre o saneamento ecológico, ou seja, o destino adequado para os dejetos, como uma fossa de bananeiras ou biodigestor.

Por fim, deve-se atentar sempre ao uso de materiais com menor impacto ambiental, como é o caso da bioconstrução. Esta é baseada na escolha de materiais naturais que estão à disposição no local da obra. Utiliza-se, por exemplo, pedras, madeira e bambu para que o imóvel degrade menos o meio ambiente, tendo também, vantagens econômicas por evitar a compra de materiais de construção que viriam de lugares mais distantes. Objetiva-se, sempre, um imóvel autossuficiente, isento de demandas, despesas e manutenções constantes.

2.1 ESTRATÉGIAS SUSTENTÁVEIS

Um bom projeto deve responder, simultaneamente, à eficiência energética e às necessidades de conforto do usuário em função das informações obtidas da análise climática e formuladas no programa de necessidades (Lamberts, Dutra e Pereira, 2014).

2.1.1 **Projeto Passivo**

A primeira abordagem, o ponto de partida quanto a seleção de estratégias a serem implementadas em um empreendimento é com relação a passividade do projeto. Ou seja, “ O projeto passivo é o projeto dos sistemas de calefação, resfriamento, ventilação e iluminação que se baseia na luz solar, no vento, na vegetação e em outros recursos naturais existentes no terreno. ” (Kibert, 2020).

Este projeto visa maximizar o uso dos recursos naturais, o sol e o vento, a fim de diminuir o consumo de energia vinda de outra fonte qualquer. Dessa forma, o passo inicial em um projeto sustentável é a busca pela melhor orientação da edificação, posicionamento adequado dos cômodos, fenestragem em pontos estratégicos e a determinação de materiais e artificios que desconectem ao máximo o projeto de fontes ativas de energia e o tornem o mais funcional possível.

A realização de um projeto passivo contribui para o conforto ambiental necessário em uma edificação. É desejável que uma pessoa esteja em neutralidade com o ambiente físico, ou seja, que ela esteja confortável, sem preocupação ou incômodo.

O calor produzido pelo próprio corpo humano é dissipado para o meio ambiente por meio da condução, convecção, radiação e também pela evaporação da água da transpiração. O fluxo de perda de calor atinge um nível ótimo, no qual a temperatura da pele se mantém perto de 35 °C, e é quando o indivíduo se sente confortável termicamente.

Quando há o desequilíbrio desse fluxo de calor, ocorrem as sensações de frio ou calor e caso a pessoa, ou seu próprio organismo, não consiga uma solução para essa sensação, ela se sente cada vez pior até mesmo chegando a adoecer. Ou seja, conforto térmico está integralmente ligado à saúde dos usuários da edificação.

A radiação solar, de todos os elementos climáticos, é o de comportamento mais conhecido, pois é possível, com auxílio da carta solar, marcar a altura e o azimute solar, determinando o posicionamento do sol em determinado período do ano. Para isso, é necessário conhecer a latitude do local a ser estudado, a fim de obter a carta solar correspondente. Em posse de tais características é possível posicionar a edificação, estrategicamente, para melhor aproveitamento do recurso.

O controle solar é desejável e requer que o projetista se atente, especialmente, à distribuição da radiação solar que incide em uma edificação. A radiação solar quando atinge uma superfície transforma-se em uma fonte de calor e, além disso, a exposição direta aos raios solares causa certo desconforto. Dessa forma, em uma região tropical, onde a temperatura é geralmente mais elevada, é indispensável pensar, na fase de projeto, em alternativas que protejam da radiação solar.

Ao estudar o aproveitamento da iluminação nas edificações, tem-se os claros exemplos de enormes edifícios europeus e norte-americanos envidraçados para que seja possível a entrada de iluminação natural nos ambientes internos, garantindo conforto visual, e também, como

consequência, o benefício do conforto térmico obtido a partir da conversão da radiação solar em calor.

Entretanto, na região tropical não é desejável que a edificação tenha muitas aberturas devido suas características climáticas. Nas zonas tropicais, pessoas não devem ser expostas durante um período prolongado à radiação solar, devido ao desconforto térmico e visual causado pelo ofuscamento. Com a intenção de obter um aproveitamento da iluminação, as aberturas menores, protegidas da radiação solar direta já são suficientes para garantir o conforto visual. A consideração da luz natural desde o início do projeto é essencial para proporcionar conforto visual aos usuários e garantir qualidade e eficiência energética na arquitetura.

Além do estudo solar, é imprescindível que seja realizada uma análise dos ventos na edificação afim de aproveitar o recurso natural, através de uma ventilação e resfriamento passivos. Com o simples artifício de diagramas do tipo rosa-dos-ventos, o projetista é capaz de conhecer as probabilidades de ocorrência de vento para as principais orientações e sua velocidade.

Assim, é possível criar aberturas na edificação de forma a aproveitar o vento fresco no período quente e evitar os ventos fortes em período frio. De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (2014), em clima quente e úmido a ventilação cruzada é a estratégia mais simples a ser adotada.

2.1.2 **Tinta ecológica**

As atuais tintas industriais, além de contribuírem para a poluição do meio ambiente, comprometem a saúde humana devido a sua toxicidade. A maior parte delas é elaborada com compostos tóxicos e metais pesados, aglutinantes acrílicos e vinílicos, que são derivados dos subprodutos do refino de petróleo bruto, além de solventes e aditivos. Ao pensar em alternativas mais sustentáveis, remonta-se às técnicas ancestrais e dentre elas a utilização de tintas à base de solo. Este material, além de ser de fácil acesso, quando manejado de maneira sustentável gera autonomia e economia em uma obra.

Segundo Vital et al. (2020), o uso de solo para confecção da tinta ecológica pode contribuir para sua valorização e conservação, uma vez que quando trabalhado dentro dos princípios da bioarquitetura e bioconstrução atinge-se inovação e geração de trabalho e renda. Além disso, conforme expôs Carneiro e Dias (2015), há o potencial como instrumento de

educação ambiental e conhecimentos sobre solos, diferentes tipos, uso e manejo. É importante o entendimento sobre os solos para sua correta utilização, uma vez que, para a fabricação das tintas, devem ser selecionados os solos argilosos e siltosos.

Devido a diversidade dos solos, do ponto de vista estético, cada pintura constitui uma obra única, não há padronização como as atuais tintas industriais. Por apresentar um verdadeiro mosaico de cores, o solo apresenta potencialidade em sua utilização na pintura, resgatando e aperfeiçoando técnicas antigas. A cor é uma das características morfológicas mais importantes do solo, pois a partir dela é possível fazer as deduções lógicas sobre os atributos físicos, químicos, biológicos e mineralógicos (Vital et al., 2020).

O projeto de extensão da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Cores da Terra, após anos de pesquisas acadêmicas e práticas, realizou o lançamento de um manual “Cores da Terra Produção de tintas com pigmentos de solos” (Carvalho e Cardoso, 2021) como forma de divulgação de conceitos e procedimentos para a produção de tintas dos variados tipos de solos. Além disso, tem como objetivo a promoção de uma interação comunitária a partir do novo sentido da utilização do solo.

A proposta encontrada no manual, que será detalhada no estudo de caso aplicado, é o desenvolvimento de tintas à base de terra, água e poliacetato de vinila (PVAc), a cola branca, especificamente para o uso em substratos minerais porosos, ou seja, as paredes.

De acordo com o manual após muito estudo, desenvolveu-se um processo de produção de tintas que é eficiente, apresenta baixo custo e atende às normas de desempenho para as tintas não industriais. Fato interessante é que ela pode ser produzida por qualquer pessoa, ou seja, não requer mão de obra especializada.

As tintas de boa qualidade possuem as partículas de silte e argilas bem distribuídas na água, formando uma consistência cremosa que facilita a aplicação. Após aplicação, a água evapora e as partículas se aproximam de maneira organizada, formando um filme (Carvalho e Cardoso, 2021).

Ainda sobre as informações obtidas na apresentação, tem-se uma análise da caracterização do perfil do solo que é composto por diferentes camadas. Deve-se atentar a esse detalhe para que sejam extraídos os pigmentos das camadas que apresentam a maior quantidade de partículas finas, argila ou silte.

Na camada superficial, Horizonte A, há grande quantidade de material orgânico, agregando uma coloração mais escura. No Horizonte B já há diminuição do teor de matéria

orgânica e as argilas são os elementos mais significantes. Em uma camada mais profunda, tem-se o Horizonte C com maior quantidade de areia e silte. E por fim, tem-se a rocha mãe, também chamada de Horizonte R.

Ao identificar os horizontes, presentes em determinado perfil de solo, a partir dessas características, opta-se por extrair os pigmentos das camadas dos Horizontes B e C, materiais adequados para a produção da tinta.

O manual apresenta o passo a passo para a produção da tinta e, para um bom desempenho, deve ser seguido rigorosamente, evitando assim que a pintura seja comprometida e apresente manifestações patológicas. O PVAc utilizado deve ser o mesmo que se emprega na colagem de madeira, vendidas nas lojas de material de construção e não as de uso escolar, vendidas em papelarias.

Importante ressaltar a necessidade de preparo do substrato, pois ela só funcionará de forma adequada em superfícies com condições boas para isso.

O manual está digitalmente disponível ao público e apresenta, em detalhes, todos os procedimentos, com ilustrações didáticas, para uma adequada produção de uma tinta durável e de qualidade.

Outro projeto semelhante, “Projeto tons da Terra”, foi desenvolvido no Instituto Federal do Amazonas e tem a proposta de levar conhecimento à comunidade para produção de uma tinta simples e econômica, também feita à base de terra, água e cola. As tintas produzidas pelo projeto apresentam um custo 75% inferior às tintas convencionais e possuem secagem rápida e são inodoras (Fundação BB, 2017).

2.1.3 Utilização de bambu

O bambu é uma planta gramínea, herbácea gigante e lenhosa, classificada como *Bambusea*. É uma matéria prima abundante, capaz de se desenvolver nas regiões brasileiras e possui características de dureza, leveza, resistência, conteúdo de fibras, flexibilidade e facilidade de trabalho (Barreiros e Viezzer, 2021). O bambu atinge sua altura máxima em menos de um ano e, após esse período, o colmo, que pode ser visualizado na figura 6, tem a sua resistência aumentada. Em dois anos e meio, o colmo já apresenta resistência mecânica estrutural (Pereira e Beraldo, 2008, apud Cruz e Barros, 2022).

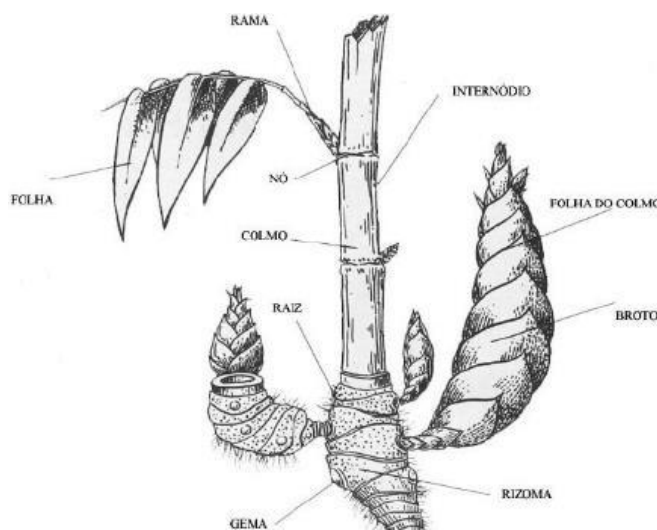


Figura 6 Estrutura do bambu (Fonte: Nunes; Sobrinho Júnior; Pastor, 2020, p. 153, apud Barreiros e Viezzer, 2021)

Com isso, é possível afirmar que o bambu apresenta um rápido desenvolvimento, espécie florestal natural que leva menos tempo para ser renovada (Serra; Silva, 2019 apud, Barreiros e Viezzer, 2021) e uma excelente opção, devido as suas características, para ser utilizada na construção civil. Destaca-se para essa utilização a espécie *Dendrocalamus giganteus munro*, conhecida como bambu-gigante.

Segundo Camargo e Pereira (2021), há utilização do bambu como elemento estrutural para vigas, pilares, lajes, telhados, forros e até em substituição ao aço no concreto armado, o bambucreto. Apesar de necessitar de maiores estudos para implementação da técnica no Brasil, o bambucreto é uma opção vantajosa por apresentar considerável resistência à tração, menor densidade e baixo preço ao fazer uma análise comparativa com o aço. Ressalva-se que devido ao baixo módulo de elasticidade do bambu, cerca de 10% o do aço, a substituição só pode ocorrer em obras de pequenos esforços ou com vãos inferiores a 3,5 metros (Souza, 2012, apud Camargo e Pereira, 2021).

Quando comparado aos materiais convencionais, o bambu apresenta demanda energética bem inferior em seu processo produtivo (Oliveira, 2006; Ghavami, 2008, apud Cruz e Barros, 2022). Nesse processo, tem-se um material que apresenta menor geração de resíduos, e que durante sua vida contribui para o sequestro de elevadas taxas de CO₂ (Delgado, 2011, apud Cruz e Barros, 2022).

O material necessita de um tratamento antes de sua utilização para prolongar sua durabilidade e a vida útil dos colmos. Vários métodos são utilizados para esse fim, como o banho frio, químico e térmico (Drumond; Wiedman, 2017 apud, Barreiros e Viezzer, 2021).

O bambu é um material multifuncional quando se pensa em construir de forma mais sustentável, ele pode ser utilizado na construção de um empreendimento, na movelaria e também na decoração. A figura 7 ilustra uma de suas aplicações. Segundo Bagetti (2021), há cinco benefícios do bambu para design de interiores, são eles:

1. Versatilidade: por ser extremamente versátil, com variados tamanhos e espessura, o bambu permite o feitura de diversos artigos desde pequenos como incensários, canecas, mobílias como sofás, camas e mesas, até a construção de casas e prédios;
2. Sustentabilidade: o bambu cresce rapidamente e é uma excelente planta para sequestro de carbono;
3. Economia: o bambu tem mais de 13 mil usos e movimenta cerca de US\$ 60 bilhões no mundo;
4. Beleza: versátil, ecológico e ainda muito belo tanto para decoração como para mobília de sua casa.
5. Criatividade: por ser muito versátil o bambu permite que você use muita criatividade no momento da experimentação com o design de interiores.



Figura 7 Móbia em bambu (Fonte: Instituto Pindorama, 2021)

2.1.4 Seleção de materiais e componentes de construção

A partir do conhecimento prévio da geração de resíduos da construção civil, além dos impactos ambientais causados pela extração de recursos naturais, tem-se como alternativa a

aplicação, em uma construção, de materiais reaproveitados, sejam eles reutilizados ou com conteúdo reciclado.

A reutilização de materiais de obras demolidas, por exemplo, a aquisição de vidros temperados usados, portas, entre outros, impede que novos materiais naturais sejam retirados da natureza. É importante evidenciar que muitos materiais descartados possuem alta qualidade, no entanto, cada vez mais, há o aumento da quantidade desses resíduos dispostos de forma inadequada no ambiente.

É de suma importância o cuidado na aquisição dos componentes a serem utilizados no empreendimento. Existem os materiais preferenciais, ou seja, aqueles que impactam menos o meio ambiente, como os mais ecológicos e da própria região. Uso de madeira de reflorestamento, uso de materiais locais, uso de madeira não tratada, uso de materiais com baixa energia incorporada e uso de materiais que utilizam pouca embalagem são exemplos das opções mais sustentáveis na hora de pensar em adquirir um produto.

Seguindo esse raciocínio, John, Oliveira e Lima (2007) afirmam que uma das primeiras formas de avaliação a respeito da sustentabilidade dos materiais é através da energia incorporada desde a extração da matéria prima até a distribuição do produto no mercado. Outro ponto importante é o uso de materiais locais que contribui para a redução das emissões e consumo de combustíveis do transporte durante todo o processo de produção. A utilização desses materiais também permite o estabelecimento de fortes ligações entre as pessoas e o meio ambiente ao entorno (Gibberd, 2004 apud Dr. Vanderley, Oliveira e Lima, 2007).

Um outro estudo, do VI Seminário Internacional de Construções Sustentáveis, aborda a análise do ciclo de vida (ACV) dos materiais como uma alternativa para a escolha assertiva de materiais com menor impacto ambiental, com relação à toxicidade. Os atuais materiais de construção são combinações de compostos químicos e metais pesados e esses compostos podem causar, além dos impactos ao meio, irritação de pele, olhos, vias respiratórias, distúrbios do sistema nervoso, cardíaco, digestivo, entre outros problemas no organismo humano (Torgal e Jalali, 2004, apud Gobbi, Santos e Rola, 2017).

A ACV é uma ferramenta complexa, principalmente para a avaliação dos impactos ambientais do setor da construção civil, visto que os dados são restritos. A análise é realizada através de uma avaliação quantitativa dos impactos de um produto durante todo o seu ciclo de vida.

Segundo Attié e Salgado (2021), tem-se para a construção civil uma subdivisão em quatro etapas do ciclo de vida: a produção, a construção, a manutenção e a demolição ou fim de vida. Classificadas como benéficas, tem-se também as etapas de reciclagem e reuso nas quais é definida a quantidade de material que poderá ser reciclado ou reutilizado. As demais etapas são definidas da seguinte forma segundo os autores:

A etapa de produção inclui a extração de insumos, o transporte e a manufatura. Nesse momento é definida a quantidade de material necessária para a realização da obra. Na etapa seguinte, de Construção, é analisada a metodologia construtiva e instalação do edifício, além do transporte dos materiais tanto entre a loja e o canteiro de obras quanto entre o canteiro de obras e o descarte dos resíduos da obra. A etapa de Manutenção engloba o uso, manutenção, reparos, reposições e reformas da edificação. Para a fase de Demolição/Fim de Vida é considerado o processamento dos resíduos, além do descarte ou destinação dos mesmos (Attié e Salgado, 2021).

Apesar das dificuldades encontradas na análise do ciclo de vida, esta é uma alternativa que objetiva a identificação das categorias de maiores impactos dentro do ciclo e, a partir delas há a possibilidade de definição das estratégias a serem adotadas, ou seja, uma seleção de materiais eficaz.

2.1.5 **Energia solar fotovoltaica**

O sol é uma fonte de energia poderosa e abundante. Segundo Kleba (2021), em doze minutos a Terra recebe energia solar suficiente para suprir a demanda energética anual. A energia solar fotovoltaica encontra-se em evolução contínua, tornando-se cada vez mais acessível, e hoje as placas podem ser usadas como elementos de fachada, coberturas, e até mesmo como telhas.

A Intelbras (2021) afirma que a energia solar tem se desenvolvido cada vez mais no Brasil e que o ano de 2021 quebrou recordes de geração. Assim, quando se fala em construções mais sustentáveis, com técnicas ecoeficientes, não há dúvidas de que a instalação de módulos fotovoltaicos é uma opção que além de ser amigável com o planeta, também valoriza o imóvel.

A energia solar fotovoltaica é sinônimo de sustentabilidade uma vez que atinge os três pilares do tripé sustentável: meio ambiente, econômico e social. Primeiramente porque utiliza de uma fonte renovável de energia, o sol, e por apresentar uma geração limpa, não emitindo gases nocivos ao meio ambiente. Na esfera econômica tem-se uma energia que é mais barata e, por fim, tem-se o desenvolvimento social com geração de empregos e capacitação.

Para entender como funciona a geração de energia, é necessário compreender que as placas solares são compostas por células fotovoltaicas que são feitas de materiais semicondutores, a maioria utiliza o silício. A corrente elétrica é produzida a partir da incidência de partículas de luz (fótons) sobre as células, provocando a movimentação dos elétrons. Tal corrente contínua precisa ser transformada em corrente alternada para se igualar à corrente da rede, e é o inversor o equipamento que cumpre esse papel. Além disso, o dispositivo tem a função de sincronizar a energia gerada com a rede em termos de frequência (60 Hz) e tensão (127/220 V). Dessa forma é possível que ela seja encaminhada ao quadro de distribuição e equipamentos elétricos.

Existem três sistemas de compensação da energia gerada pelas placas, *on grid*, híbrido e *off grid*. No sistema *on grid* as placas estão conectadas à rede municipal, assim quando a geração de energia ultrapassa a demanda, a rede absorve o excedente e há ganho de créditos por esse excedente. De forma análoga, a rede oferece a energia, quando a geração não é suficiente para atender a demanda. Outro ponto a se destacar é a possibilidade de transferência para outros imóveis da energia excedente.

Já no sistema *off grid* há completa independência da rede municipal, e por isso existe um banco de baterias que armazena a energia gerada. Esse sistema geralmente é empregado em locais mais isolados, onde a concessionária não atinge e em equipamentos urbanos, como câmeras e pontos de ônibus que geram sua própria energia.

O sistema híbrido é um sistema conectado à rede elétrica (*on grid*), integrado ao sistema autônomo (*off grid*), como detalhado na figura 8, ou seja, o sistema une as melhores características dos dois sistemas. A conexão com a rede de distribuição e o armazenamento próprio de energia. Dessa forma, no caso de uma possível queda de luz, não faltará luz no ambiente, pois o sistema vai consumir a energia armazenada na bateria. Geralmente, esse sistema é utilizado em locais que possuem máquinas e sistemas que não podem parar, como é o caso de hospitais, supermercados, entre outros.

Independentemente da quantidade de energia consumida, uma taxa mínima é sempre cobrada no sistema *on grid*. Assim, para realizar o cálculo da quantidade de painéis necessários na edificação é importante descobrir a demanda de energia excedente. Ou seja, os painéis serão responsáveis por suprir o consumo de energia excedente.

O consumo de energia mínimo e o consumo de energia excedente variam conforme o sistema de entrada da edificação, se ele é monofásico, bifásico ou trifásico. Em um sistema

monofásico, o consumo mínimo é de 30 kWh/mês, no bifásico de 50 kWh/mês e no trifásico de 100 kWh/mês, ou seja, no sistema monofásico o excedente será o maior. Com esses dados e auxílio da tarifa de energia elétrica da edificação é possível dimensionar o sistema fotovoltaico.

Antes da realização de um projeto de um sistema fotovoltaico eficiente é importante entender que o tipo de sistema de entrada interfere no cálculo do sistema de placas, que a incidência solar varia com a localização da edificação e que a potência das placas vai determinar a quantidade de módulos a serem instalados. Além disso, é válido ressaltar que a eficiência da placa é calculada a partir de sua dimensão e seu custo é necessário para oferecer o projeto acessível ao cliente.



Figura 8 Sistema fotovoltaico híbrido (Fonte: Oca Solar Energia, 2021)

2.2 REFERÊNCIA PROJETUAL

O Instituto Pindorama foi a inspiração projetual para o presente estudo, ele é uma organização independente, sem fins lucrativos e referência em sustentabilidade na arquitetura e movelaria. A sede do instituto fica localizada em uma propriedade rural de 480.000 m², na cidade de Nova Friburgo, figura 9, região próxima à região do Sítio Jaracatiá. Pindorama fomenta empreendimentos sustentáveis a partir da disseminação de conhecimento através de cursos, seminários, palestras e eventos.



Figura 9 Localização do Instituto Pindorama (Fonte: Google Earth)

A casa sede do Instituto Pindorama, ilustrada na figura 10, é uma das construções ecológicas do local e dentre as técnicas adotadas, tem-se os painéis solares, captador de água da chuva e biodigestor. Além disso, foi construída com materiais naturais, como barro, bambu, madeira de reflorestamento e pedras, ou seja, foi uma obra de baixo impacto ambiental e baixo custo.



Figura 10 Casa sede do Instituto Pindorama em Nova Friburgo (Fonte: Instituto Pindorama)

2.3 CONDICIONANTES NORMATIVAS DO PROJETO

Para elaboração do presente trabalho foram consultadas algumas normas que instruíram a melhor adequação do projeto. Consultou-se as seguintes normas técnicas, essenciais para enriquecimento do estudo:

- NBR 15575/2013 Edificações habitacionais – Desempenho. Ressalta-se que a norma apresenta requisitos quanto a habitabilidade de uma edificação, que devem ser seguidos para garantia de condições adequadas de utilização do imóvel. Dentre os requisitos mencionados na norma, tem-se os desempenhos térmico e lumínico, fundamentais para o conforto no empreendimento.
- NBR 15220 – 3/2005 Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.
- NBR 9050/2020 Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos.
- NBR 16690/2019 Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos – Requisitos de projeto.
- NBR 5410/2004 Instalações elétricas de baixa tensão.

3 PREMISSAS DO PROJETO

A primeira etapa de um projeto arquitetônico consiste no conhecimento das necessidades específicas do cliente e elaboração do documento que aborde os ambientes, áreas e requisitos do projeto. O programa de necessidades é estabelecido a partir do conhecimento prévio sobre o uso do edifício e as atividades que serão realizadas em seu interior. Assim, pode-se, a nível de projeto, solucionar possíveis problemas e necessidades dos usuários. Após análise cuidadosa do programa de necessidades, passa-se para os requisitos das técnicas a serem implementadas no empreendimento.

- Projeto passivo

Embora a edificação já esteja construída, ou seja, não há como orientá-la de forma a realizar o melhor aproveitamento dos recursos naturais, ainda assim, é possível adequá-la para

que esse aproveitamento seja maximizado. Para isso, primeiramente, tomou-se conhecimento da classificação bioclimática do local, obtida no programa ZBBR. Este foi desenvolvido na Universidade de São Carlos e, baseado na ABNT NBR 15220-3, apresenta o zoneamento bioclimático brasileiro.

O programa classificou o local como zona bioclimática 3, a partir de interpolação, visto que, Bom Jardim não é uma das 330 cidades com dados medidos. Obteve-se, assim, as estratégias de condicionamento térmico passivo e as diretrizes construtivas para o zoneamento específico, conforme figura 11.

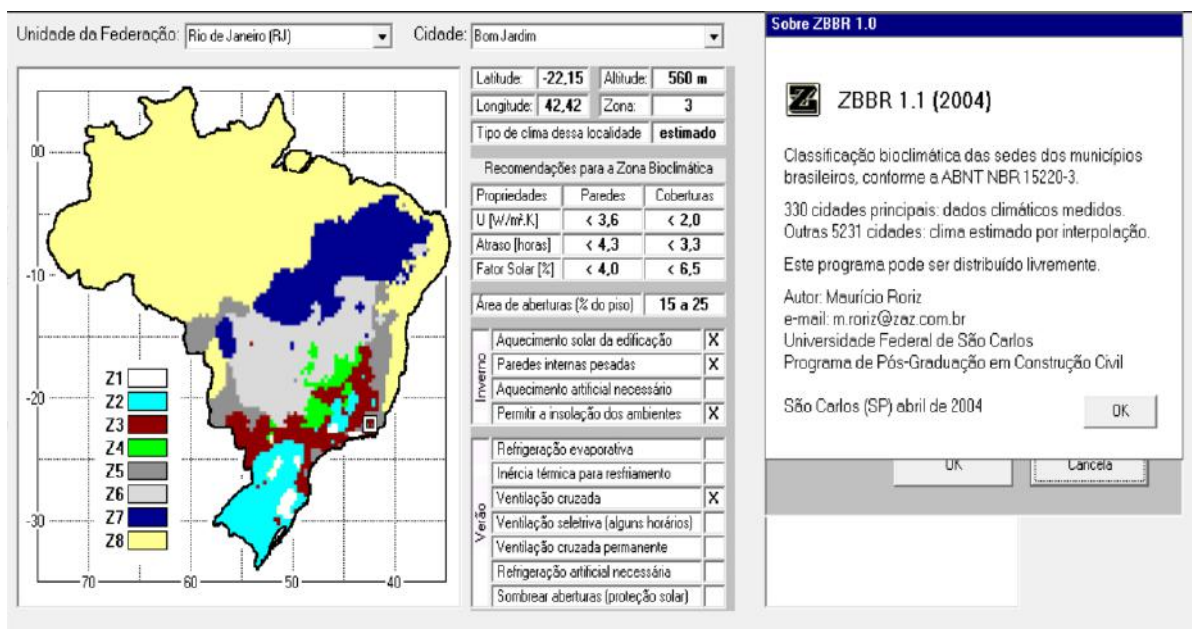


Figura 11 Classificação bioclimática de Bom Jardim (Fonte: ZBBR)

Extraíu-se, das informações fornecidas para o local, que a edificação necessita de aquecimento solar no inverno, permitindo insolação dos ambientes, assim como paredes internas pesadas. Já no verão é fundamental que seja garantida a ventilação cruzada no empreendimento. Além disso, para que se pudesse compreender melhor os impactos do sol e do vento, fez-se algumas análises.

Foi realizado o estudo solar no software Revit com o intuito de criar artifícios para serem adotados na edificação e torna-la mais passiva. A figura 12, com uma vista superior do imóvel, representa a sua orientação de projeto. Nas figuras 13 e 14 é possível verificar o estudo solar no verão, e nas figuras 15 e 16 no inverno.

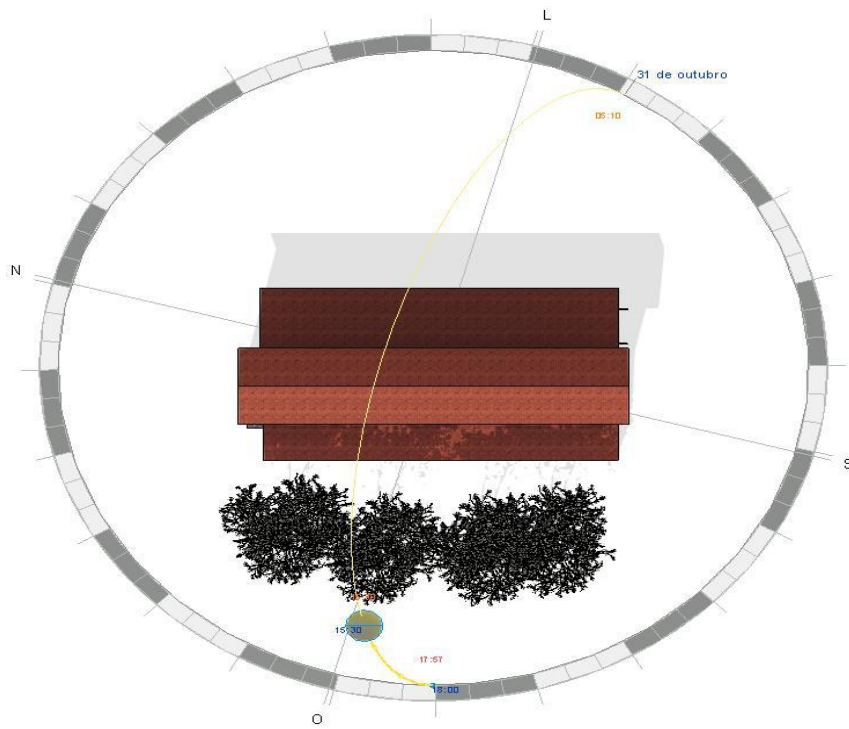


Figura 12 Orientação de projeto (Autora)

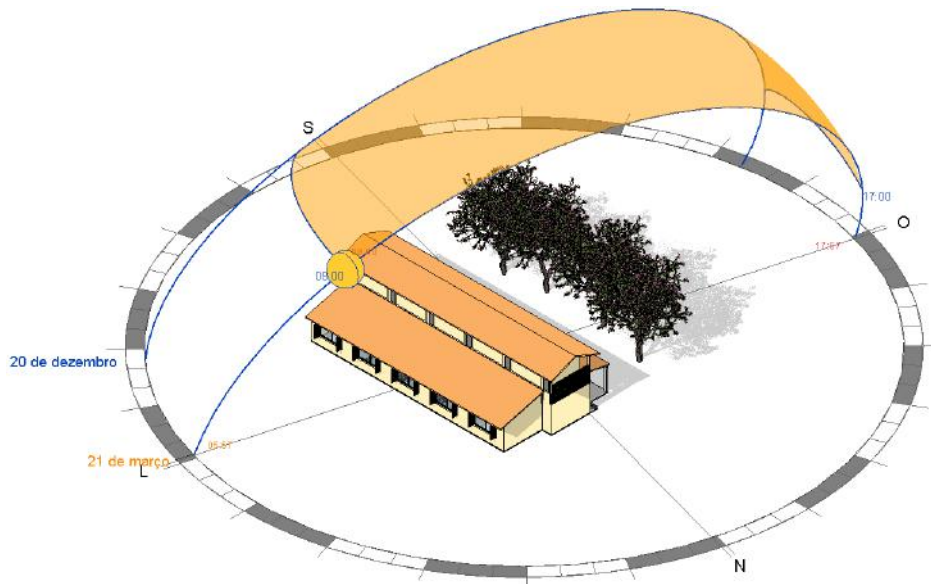


Figura 13 Estudo Solar – Solstício de Verão às 09:00 (Autora)

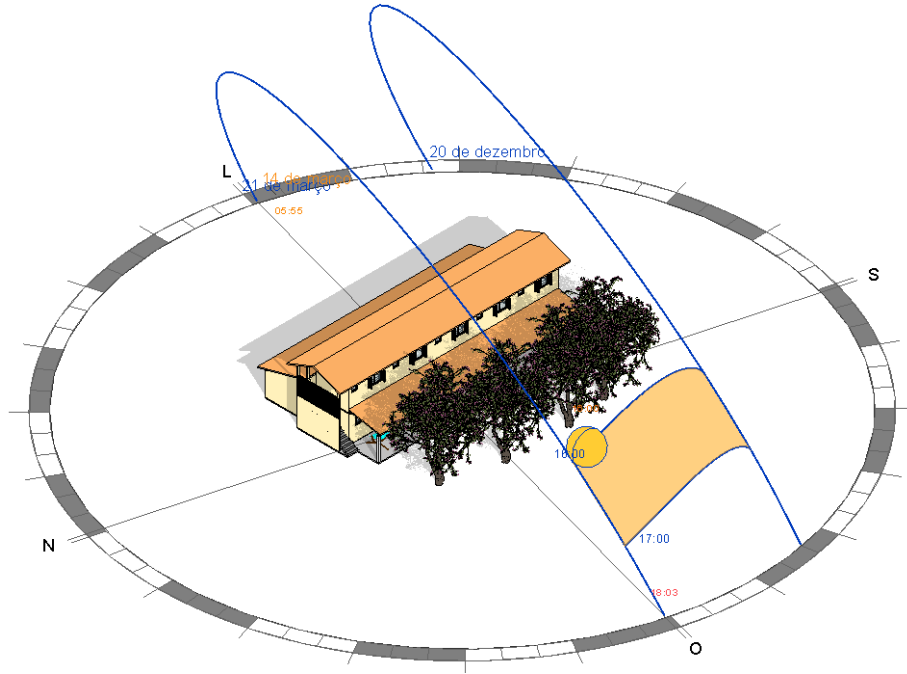


Figura 14 Estudo Solar – Solstício de Verão às 16:00 (Autora)

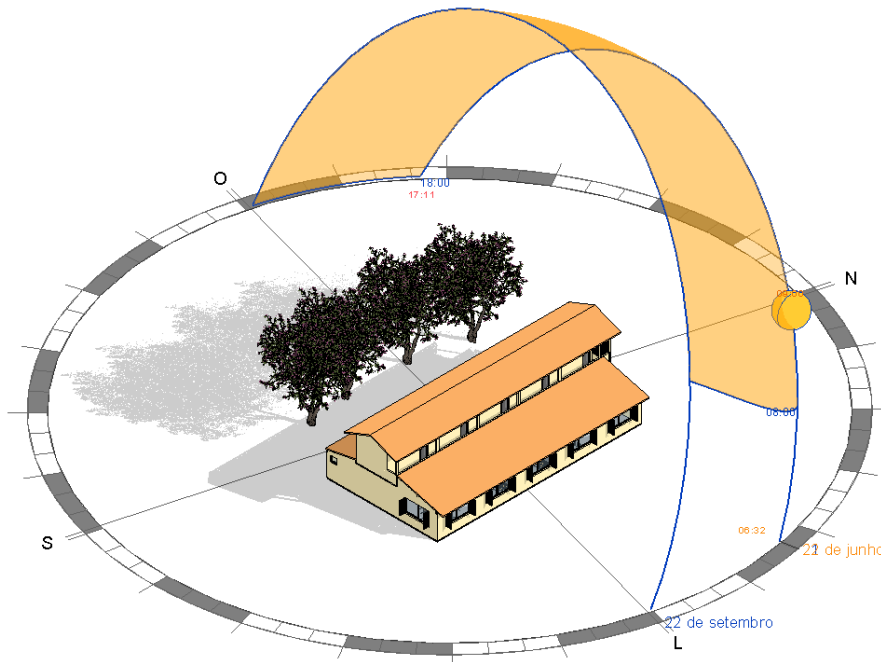


Figura 15 Estudo Solar – Solstício de Inverno às 09:00 (Autora)

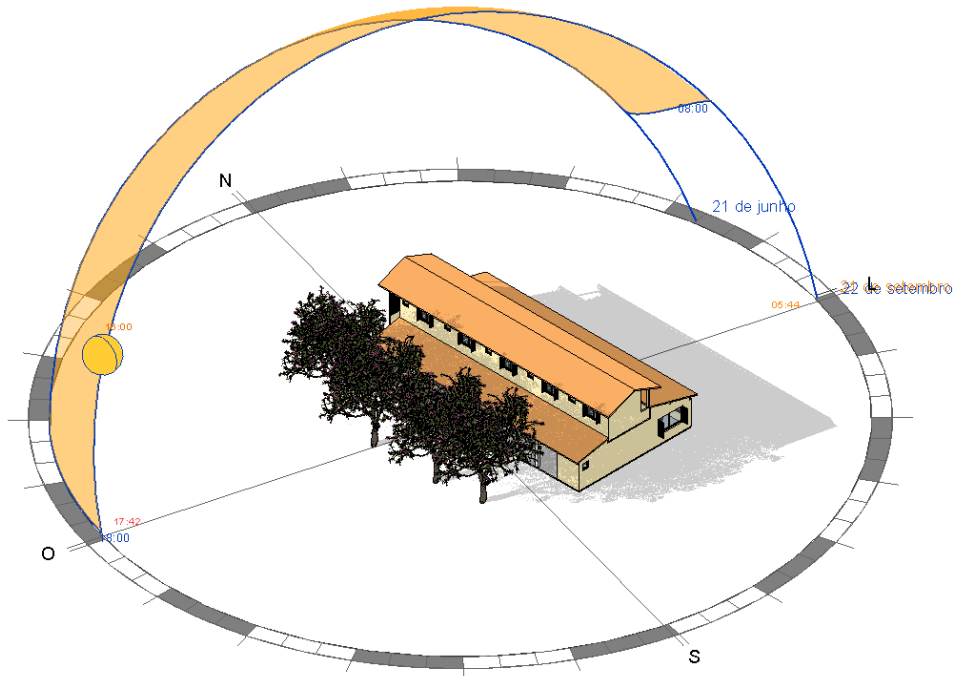


Figura 16 Estudo Solar – Solstício de Inverno às 16:00 (Autora)

Além disso, foi realizado um estudo dos ventos na edificação, partindo do pressuposto do vento leste-sudeste (ESE) ser o predominante, conforme dados estatísticos (figuras 17 e 18) da estação meteorológica de Nova Friburgo – Salinas, a mais próxima do local de estudo que possui tais dados disponíveis no site Windfinder. Este é uma ferramenta que possui mapa de vento com radar em tempo real, previsão de vento e boletins meteorológicos.



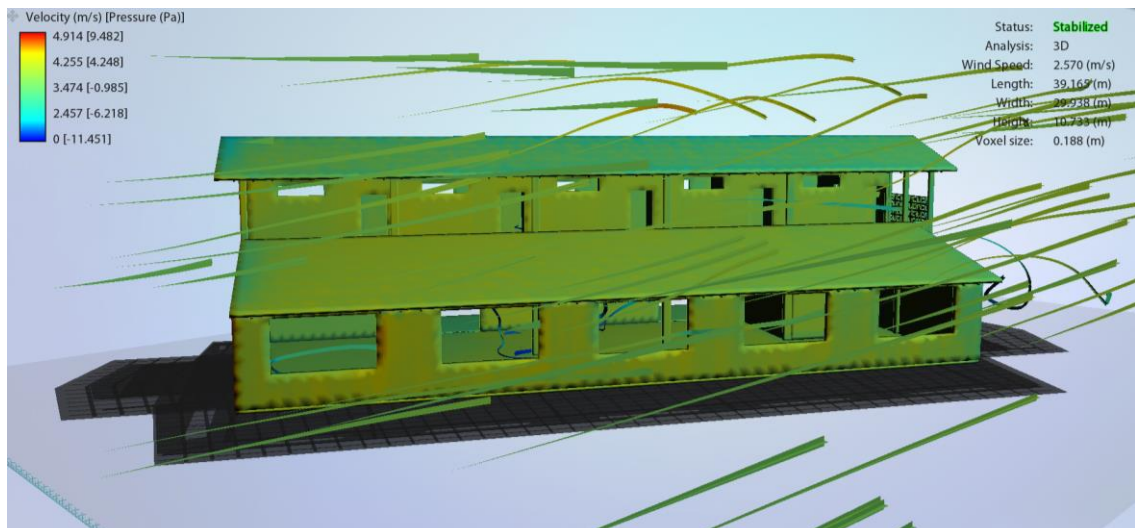
Figura 17 Estatística anual do vento para Nova Friburgo-Salinas (Fonte: WINDFINDER, 2022)



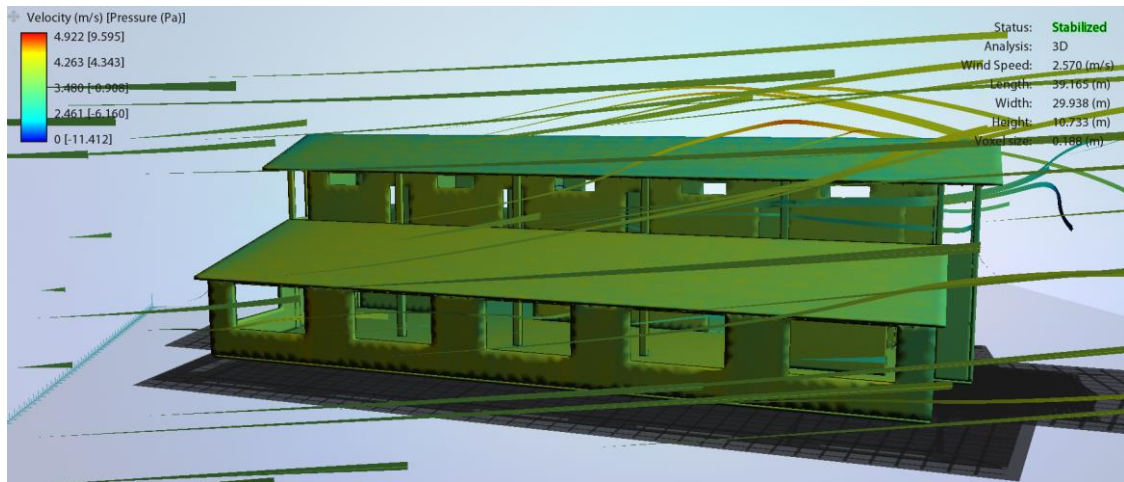
Figura 18 Estatísticas mensais da velocidade e direções do vento para Nova Friburgo-Salinas (Fonte: WINDFINDER, 2022)

A partir dos dados encontrados é possível adequar o projeto para que ele tenha os artificios necessários para garantir ventilação cruzada no verão e proteção no inverno. O Flow Design é um software virtual de túnel de vento que auxilia profissionais da área de projetos, os designers, engenheiros e arquitetos. A sua função é modelar o fluxo de ar em torno da construção para ajudar a testar ideias desde o início do ciclo de desenvolvimento.

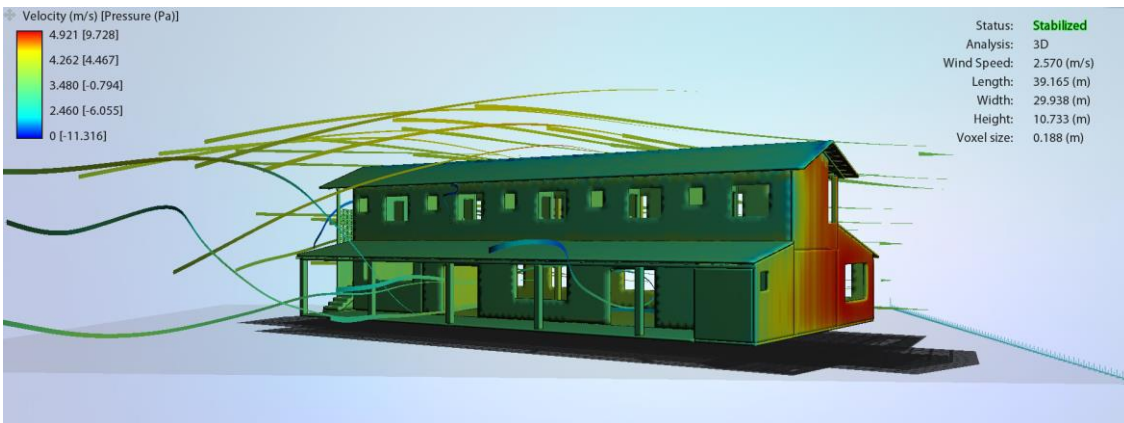
A partir da modelagem do fluxo de ar ao redor do empreendimento, conforme pode ser observado por diferentes ângulos na figura 19: (a, b, c e d), foram pensadas as alternativas para maximizar o aproveitamento do recurso natural no verão, mas também garantir a devida proteção no inverno.



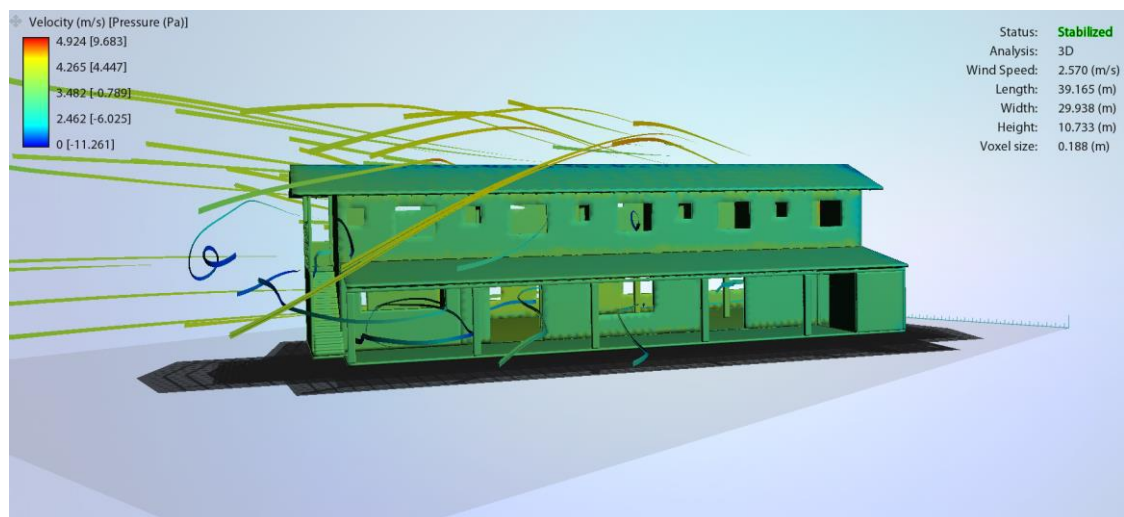
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 19 Simulação, no software Flow Design, do fluxo de ar na edificação: (a) e (b) vistas da fachada leste, (c) e (d) vistas da fachada oeste (Autora)

- Seleção dos materiais

Como premissa para a seleção dos materiais a serem utilizados na pousada, tem-se o adendo de que já é uma característica do proprietário, a utilização de componentes reaproveitados. Ou seja, muitos elementos já utilizados, em um outro momento, terão uma ressignificação no empreendimento.

Além disso, tem-se a escolha das lojas Ecotral e Bambu Rio para aquisição de componentes para pousada. Ambas localizadas na cidade de Nova Friburgo, foram escolhidas, criteriosamente, por venderem artigos que combinam com a estética local e por serem empresas que se preocupam com o meio ambiente. Por estarem localizadas na cidade de Nova Friburgo, local onde o proprietário da pousada reside, não se tem os altos gastos com fretes e há redução dos impactos causados pelas emissões do setor de transportes.

A empresa Ecotral atua no comércio de peças de dormentes e cruzetas brutas. Tais materiais que, em teoria, não teriam mais nenhuma utilidade, são redescobertos para novas funções. Segundo site da empresa, seu objetivo é buscar esse correto aproveitamento dos recursos naturais das florestas, sempre valorizando a riqueza e raridade dessas madeiras, com apelo rústico e aspecto único. Tem-se a aplicação dessas peças na arquitetura, engenharia, em móveis sob medida, na decoração, entre outras. Com um resultado surpreendente e com responsabilidade ecológica.

Já o ateliê Bambu Rio é uma loja e oficina de uma infinidade de peças, com as mais variadas funções, em bambu. São produzidas, no local, luminárias, móveis e utensílios, e como a própria empresa afirma é realizada arte em bambu. E essa é, portanto, outra loja escolhida para a compra de elementos para a pousada.

- Energia solar fotovoltaica

Para realizar o estudo de viabilidade da implementação de módulos fotovoltaicos, através de simulação do sistema do estudo de caso, utilizou-se o software Revit e planilha Excel. Chegou-se à estimativa do consumo da pousada a partir dos interesses do proprietário e a lista de potência dos aparelhos, obtida no site da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), conforme figura 20: (a e b).

APARELHO	POTÊNCIA (W)
Aquecedor de água por acumulação até 80 L	1500
Aquecedor de água por acumulação de 100 a 150 L	2500
Aquecedor de água por acumulação de 200 a 400 L	4000
Aquecedor de água por tampa	6000
Aquecedor de ambiente	1000
Aspirador de pó residencial	600
Assadeira grande	1000
Assadeira pequena	500
Banheira de hidromassagem	6600
Batedeira de bolo	100
Bomba d'água 1/4 CV monofásica	390
Bomba d'água 1/3 CV monofásica	520
Bomba d'água 1/2 CV trifásica	570
Bomba d'água 3/4 CV trifásica	820
Bomba d'água 1 CV monofásica	1100
Cafeteira elétrica pequena uso doméstico	600
Cafeteira elétrica uso comercial	1200
Chuveiro elétrico 127V	4400
Chuveiro elétrico 220V	6000
Chuveiro 4 estações	6500
Conjunto de som	100
Ebulidor	1000
Enceradeira residencial	300
Espremedor de frutas	200
Exaustor	150
Ferro elétrico automático de passar roupa	1000
Ferro elétrico simples de passar roupa	500
Fogão comum com acendedor	90
Fogão elétrico de 4 bocas potência por cada queimador	1500
Fogão elétrico de 6 bocas potência por cada queimador médio	2100
Fogão elétrico de 6 bocas potência por cada queimador grande	2700
Forno de microondas	750
Forno elétrico de embutir	4500
Freezer vertical Pequeno	300
Freezer horizontal médio	400
Freezer Horizontal Grande	500
Geladeira Comum	250
Geladeira Duplex	300

(a)

APARELHO	POTÊNCIA (W)
Grill	1200
Impressora comum	90
Impressora laser	900
Liquidificador doméstico	200
Lâmpada Incandescente de 15W	15
Lâmpada Incandescente de 20W	20
Lâmpada Incandescente de 25W	25
Lâmpada Incandescente de 40W	40
Lâmpada Incandescente de 60W	60
Lâmpada Incandescente de 100W	100
Lâmpada Incandescente de 150W	150
Lâmpada Incandescente de 200W	200
Lâmpada Incandescente de 250W	250
Lâmpada Fluorescente de 20W	20
Lâmpada Fluorescente de 40W	40
Máquina de lavar louças	1500
Máquina de lavar roupas com aquecimento	1000
Máquina de secar roupas	3500
Máquina para costurar	100
Máquina de lavar pratos	1200
Máquina de lavar roupas	1500
Máquina de xerox grande	2000
Máquina de xerox pequena	1500
Micro computador	250
Micro forno elétrico	1000
Panela elétrica	1200
Raio X (dentista)	1090
Raio X (hospital)	12100
Refletor odontológico	150
Sanducheira	640
Sauna comercial	12000
Sauna residencial	4500
Scanner	50
Secador de cabelos grande	1250
Secador de cabelos pequeno	700
Secador de roupa comercial	5000
Secador de roupa residencial	1100
Televisor colorido	200
Televisor preto e branco	90
Torneira elétrica	2000

(b)

Figura 20 Potência média de aparelhos residenciais e comerciais (Fonte: CEMIG)

A partir das premissas de ocupação do local, 50% de ocupação aos finais de semana, obtém-se a estimativa da energia consumida em kWh/mês, observada na tabela 1, que é o resumo desta análise.

ESTIMATIVA DE CONSUMO					
Primeiro pavimento					
Aparelhos	Potência (W)	Quantidade (un)	Potência Total (W)	Horas de uso/mês	Energia consumida (kWh/mês)
Geladeira	300	2	600	360	216,0
Freezer Horizontal	500	4	2000	456	912,0
Fogão	2100	2	4200	24	100,8
Microondas	750	1	750	4	3,0
Liquidificador	200	2	400	16	6,4
Espremedor de frutas	200	1	200	8	1,6
Fritadeira	3500	1	3500	8	28,0
Televisão	200	2	400	64	25,6
Aparelho de som	2350	1	2350	8	18,8
Segundo pavimento					
Televisão	200	5	1000	40	40,0
Frigobar	85	5	425	240	102,0
Chuveiro	6000	5	30000	13	400,0
TOTAL			45825	-	1854,2

Tabela 1 Estimativa de consumo da pousada (Autora)

A empresa RPB Engenharia, localizada na cidade de Macaé e especializada na elaboração de projetos fotovoltaicos, além de oferecer os serviços de homologação e instalação do sistema, foi a responsável por prestar todo auxílio no estudo de viabilidade do projeto e no dimensionamento do sistema solar fotovoltaico. As imagens a seguir, figuras 21, 22, 23 e 24, são a simulação do solstício de inverno e verão no Revit, com representação dos módulos, para implantação do sistema no telhado do empreendimento.

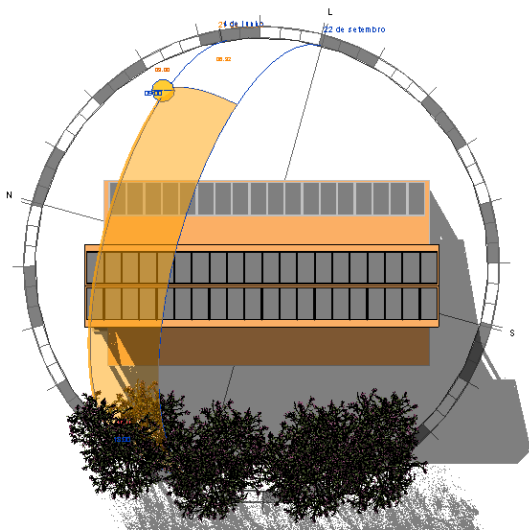


Figura 21 Solstício de inverno às 9:00
(Simulação feita no software Revit – RPB
Engenharia)

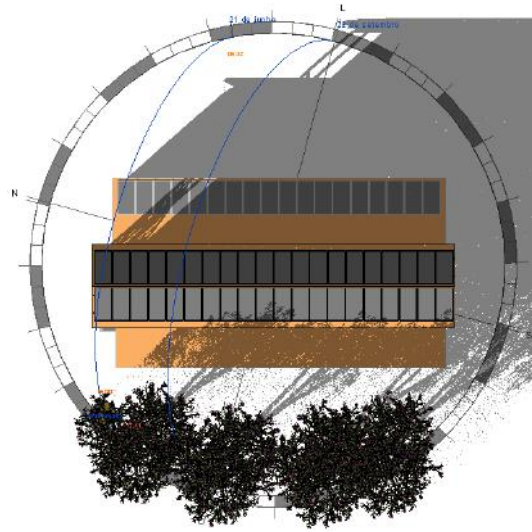


Figura 22 Solstício de inverno às 16:00
(Simulação feita no software Revit – RPB
Engenharia)

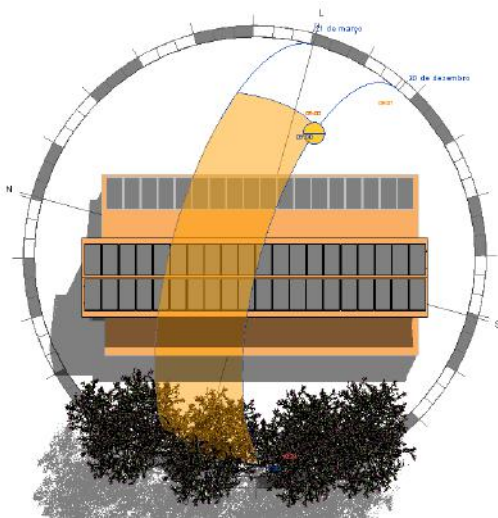


Figura 23 Solstício de verão às 9:00
(Simulação feita no software Revit – RPB
Engenharia)

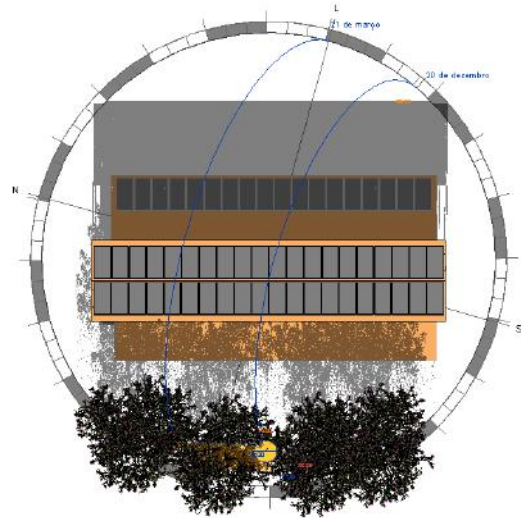


Figura 24 Solstício de verão às 16:00
(Simulação feita no software Revit – RPB
Engenharia)

A análise do sombreamento foi realizada no software fotovoltaico PV*Sol, este é uma das ferramentas mais utilizadas para simulação dos sistemas de energia solar. A partir dessa simulação foi possível encontrar as perdas do sistema e encontrar o projeto mais viável. As

figuras 25 e 26, apresentadas a seguir, representam as porcentagens de perdas de cada módulo fotovoltaico do sistema devido ao sombreamento. As fileiras dos módulos fotovoltaicos com perdas superiores a 5% já não são consideradas viáveis.

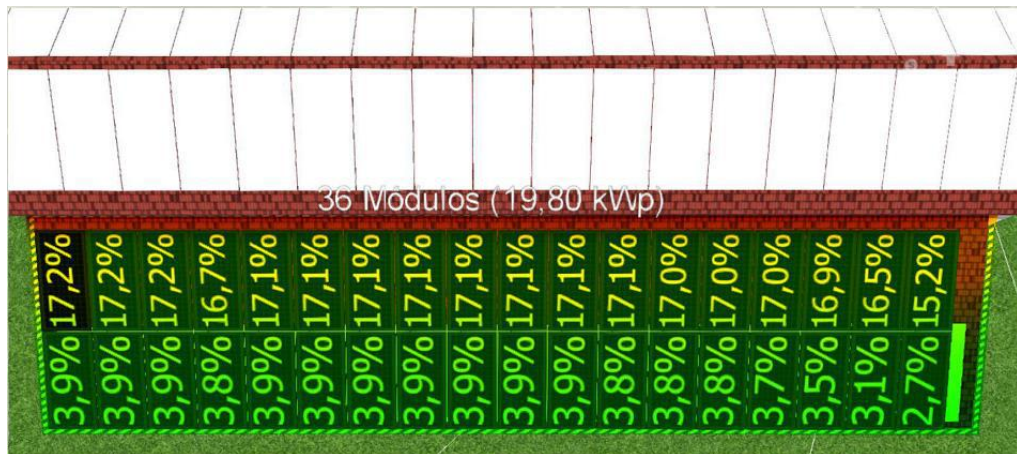


Figura 25 Perdas por sombreamento no sistema – telhado da fachada leste (Simulação feita no software PV*SOL – RPB Engenharia)

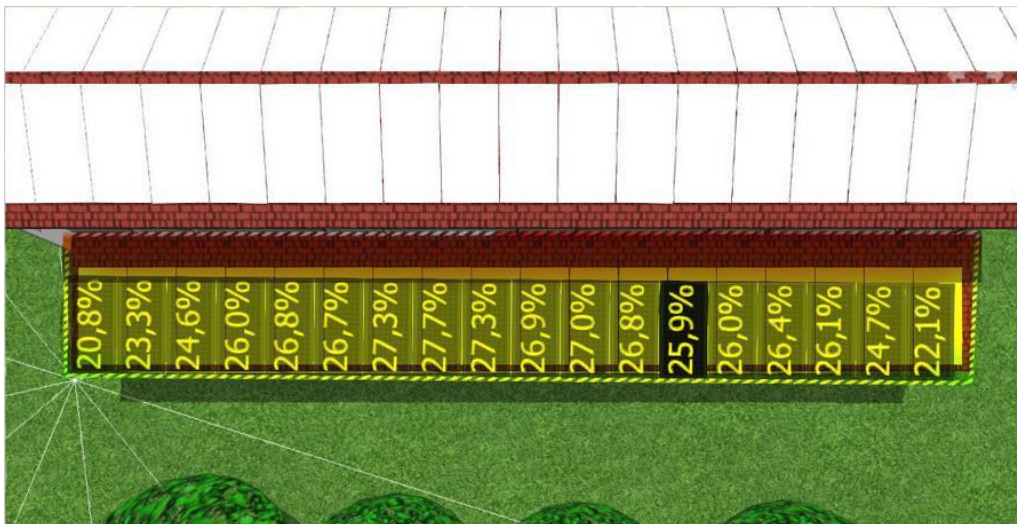


Figura 26 Perdas por sombreamento no sistema – telhado da fachada oeste (Simulação feita no software PV*SOL – RPB Engenharia)

Como pôde ser observado, as placas situadas no telhado superior não apresentam perda por sombreamento, no entanto, as três demais fileiras apresentam, e somente uma delas tem uma perda de, aproximadamente, 4% e, portanto, é uma opção para implementação.

Considerando todo o sistema viável, as 40 placas no telhado superior mais as 18 placas do telhado da fachada leste, tem-se uma perda do sistema por sombreamento de aproximadamente 1,5%. Considerando que não há perdas nas 40 placas superiores e perda de 4% nas demais.

A tabela 2 é um resumo das variáveis necessárias para o dimensionamento do sistema, realizado no Excel. Como fornecedor de materiais optou-se pela empresa BelEnergy, conforme apresentado.

VARIÁVEIS DE DIMENSIONAMENTO	
Estimativa de consumo local	1.854,20 kWh/mês
Tipo de instalação	Telhado cerâmico
Área disponível de telhado	240 m ²
Orientação das águas do telhado	Leste - Oeste
Inclinação	40% telhado superior (leste – oeste) 27% telhado inferior (leste)
Material disponível para aquisição	Fornecedor: BelEnergy (Módulos de 550W)
Perda por sombreamento	1,5%

Tabela 2 Variáveis de dimensionamento do sistema solar fotovoltaico (Autora)

O Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito (CRESESB) é o responsável por disponibilizar os dados de irradiação solar do local de estudo para que seja possível realizar o dimensionamento do sistema. Esses dados, para Bom Jardim, podem ser vistos nas figuras 27 e 28.

Localidades próximas

Latitude: 22.206341° S
 Longitude: 42.413606° O

#	Estação	Município	UF	País	Irradiação solar diária média [kWh/m².dia]												Média	Delta			
					Latitude [°]	Longitude [°]	Distância [km]	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set			Out	Nov	Dez
<input checked="" type="checkbox"/>	Bom Jardim	Bom Jardim	RJ	BRASIL	22.201° S	42.449° O	3,7	5,71	5,95	4,85	4,23	3,52	3,29	3,47	4,17	4,47	4,78	4,68	5,48	4,55	2,66
<input checked="" type="checkbox"/>	Bom Jardim	Bom Jardim	RJ	BRASIL	22.201° S	42.349° O	6,7	5,84	6,05	4,93	4,31	3,54	3,33	3,48	4,22	4,52	4,86	4,77	5,58	4,62	2,73
<input checked="" type="checkbox"/>	Nova Friburgo	Nova Friburgo	RJ	BRASIL	22.301° S	42.449° O	11,2	5,60	5,90	4,74	4,17	3,48	3,28	3,45	4,19	4,45	4,75	4,62	5,36	4,50	2,62

Irradiação Solar no Plano Horizontal para Localidades próximas

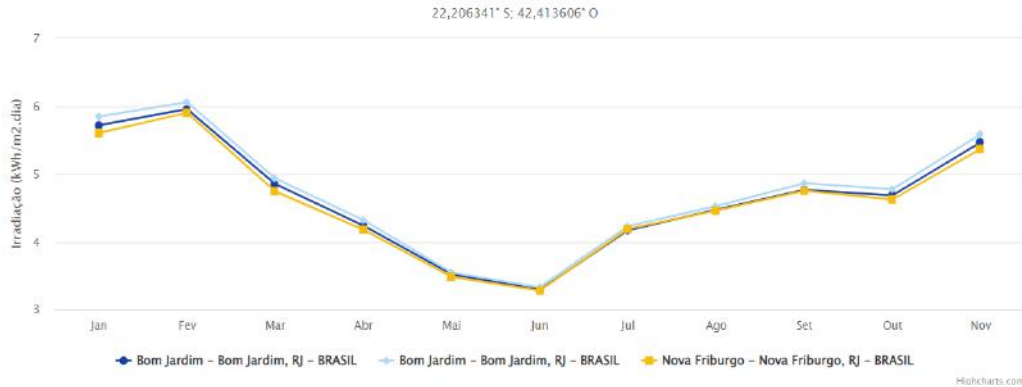


Figura 27 Tabela com o comportamento do sol no decorrer dos meses e gráfico de irradiação solar no plano horizontal para localidades próximas (Fonte: CRESESB)

Cálculo no Plano Inclinado

Estação: Bom Jardim
 Município: Bom Jardim, RJ - BRASIL
 Latitude: 22.201° S
 Longitude: 42.449° O
 Distância do ponto de ref. (22,206341° S; 42,413606° O): 3,7 km

#	Ângulo	Inclinação	Irradiação solar diária média mensal [kWh/m².dia]												Média	Delta
			Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
<input checked="" type="checkbox"/>	Plano Horizontal	0° N	5,71	5,95	4,85	4,23	3,52	3,29	3,47	4,17	4,47	4,78	4,68	5,48	4,55	2,66
<input checked="" type="checkbox"/>	Ângulo igual a latitude	22° N	5,18	5,68	4,67	4,74	4,28	4,18	4,33	4,86	4,73	4,65	4,33	4,90	4,73	1,50
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior média anual	20° N	5,25	5,73	4,98	4,72	4,21	4,12	4,27	4,81	4,73	4,68	4,38	4,97	4,74	1,52
<input checked="" type="checkbox"/>	Maior mínimo mensal	25° N	5,07	5,00	4,94	4,77	4,33	4,26	4,41	4,91	4,73	4,90	4,25	4,79	4,72	1,35

Irradiação Solar no Plano Inclinado -Bom Jardim-Bom Jardim, RJ-BRASIL

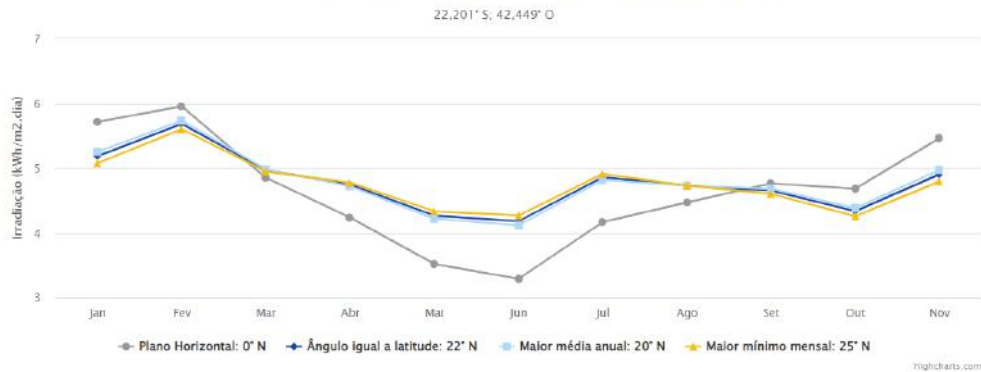


Figura 28 Tabela com o comportamento do sol no decorrer dos meses e gráfico de irradiação solar no plano inclinado para a estação mais próxima ao local de estudo (Fonte: CRESESB)

4 ESTUDO DE CASO: POUSADA NO SÍTIO JARACATIÁ

4.1 SOBRE O EMPREENDIMENTO

O Sítio Jaracatiá, propriedade na qual está inserido o objeto do presente estudo de caso, de acordo com o registro no Cadastro Ambiental Rural (CAR), possui área de 26,0943 ha e está localizado na região serrana do Rio de Janeiro, São José do Ribeirão – Bom Jardim, conforme apresentado na figura 29. A implantação da pousada no terreno, assim como seu acesso estão representados na figura 30.



Figura 29 Localização do Sítio Jaracatiá (Google Earth)



Figura 30 Implantação do empreendimento (Google Earth)

O município de Bom Jardim possui uma topografia de relevo montanhoso/acidentado, onde os processos erosivos são mais suscetíveis a ocorrerem devido às características geomorfológicas combinadas ao regime pluviométrico intenso.

Segundo Projeto de Recuperação de Área Degradada do Parque Municipal Homero Lopes de Almeida (2015), de acordo com a classificação de Koppen, o clima local é classificado como tropical de altitude (Cfa), com verões chuvosos, mais brandos que as áreas baixas, e invernos mais frios e secos. A temperatura média é de 18°C e as chuvas atingem de 1500 a 2000 mm anuais.

O domínio florístico do município, segundo Filho (2010), é a floresta ombrófila densa ou floresta tropical perenifólia e subperenifólia, que são caracterizadas por uma vegetação exuberante, com formação densa e espécies arbóreas de grande porte, típicas de clima úmido.

4.2 PROGRAMA DE NECESSIDADES

O sítio oferece a atividade de pesque e pague, no lago apresentado na figura 31, além de promover eventos no espaço e possuir as acomodações, que a partir do término da obra serão disponibilizadas. As figuras 32 e 33 são fotos do empreendimento no momento atual, antes da

realização das adaptações e aplicação das técnicas estudadas no presente trabalho. Atendendo aos requisitos estabelecidos pelo proprietário e sugerindo modificações e implementações, construiu-se o programa de necessidades local (tabela 3), considerando um imóvel com uso misto.

Pensando na acessibilidade, foram realizadas adaptações na planta do imóvel, afim de garantir conformidade com a NBR 9050/2020, Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Os banheiros masculino e feminino já existentes no salão serão reformulados para tornarem-se único e acessível.



Figura 31 Lago existente na propriedade, vista do corredor de acesso às suítes (Autora)



Figura 32 Empreendimento antes da finalização da obra (Autora)



Figura 33 Corredor de acesso às suítes do empreendimento antes da finalização da obra (Autora)

SALÃO PRINCIPAL				
Ambientes	Observações	Área (m²)	Quantidade	Área Total (m²)
Refeitório	Salão de mesas onde serão servidos café da manhã e demais refeições	49,85	1	49,85
Área de música ao vivo	Palco	15,60	1	15,60
Área de convivência	Mesa de sinuca, ping-pong, totó e dardo	67,43	1	67,43
Área total do setor (m²)				132,88
COZINHA/BAR				
Ambientes	Observações	Área (m²)	Quantidade	Área Total (m²)
Bar	Atendimento/Entrega e recebimento de alimentos/ Preparo e armazenamento de bebidas	16,58	1	16,58
Cozinha	Fogão, bancada de apoio, pia com duas cubas, geladeira, freezers	11,90	1	11,90
Dispensa seca	Armazenamento de alimentos em prateleiras e armários	3,50	1	3,50
Área total do setor (m²)				31,98
VARANDA/BANHEIRO				
Ambientes	Observações	Área (m²)	Quantidade	Área Total (m²)
Redário/Área de convivência	Varanda com bancos e rede	57,41	1	57,40
Banheiro PNE	Uma cabine acessível com bacia sanitária e lavatório	5,60	1	5,60
Área total do setor (m²)				63,00

HOSPEDAGEM				
Ambientes	Observações	Área (m²)	Quantidade	Área Total (m²)
Suíte tipo A	Cama de casal, frigobar e banheiro com bacia sanitária, chuveiro e lavatório	12,40	3	37,20
Suíte tipo B	Duas camas de solteiro, frigobar e banheiro com bacia sanitária, chuveiro e lavatório	12,40	2	24,80
Circulação	Corredor de acesso às suítes	18,12	1	18,12
Área total do setor (m²)				80,12
ÁREA TOTAL DO EMPREENDIMENTO				307,98

Tabela 3 Programa de necessidades (Autora)

Para melhor visualização dos ambientes presentes na pousada, as figuras 34 e 35 apresentam as plantas baixas esquemáticas do primeiro e segundo pavimento, respectivamente.

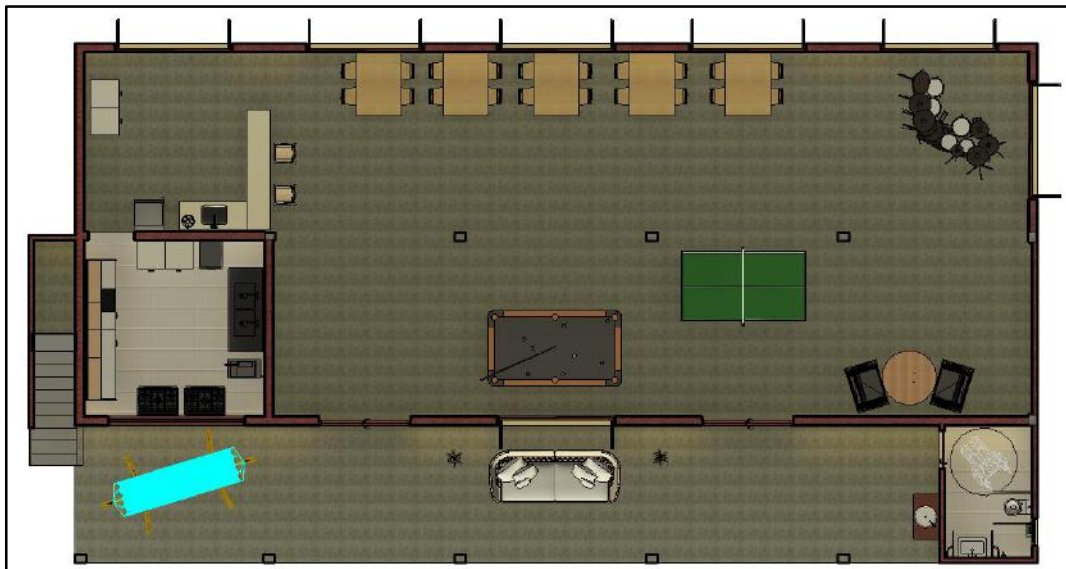


Figura 34 Planta baixa esquemática do primeiro pavimento (Autora)



Figura 35 Planta baixa esquemática do segundo pavimento (Autora)

4.3 PROPOSTAS DE IMPLEMENTAÇÃO

4.3.1 Ventilação Cruzada

Ao analisar o comportamento dos ventos predominantes na edificação, através de estudos estatísticos e do software Flow Design, constatou-se que as aberturas existentes na edificação, principalmente no pavimento térreo, já favorecem a circulação de ar interna. Dessa forma, optou-se pelo fechamento das aberturas das janelas do pavimento térreo com uma veneziana, como a inspiração demonstrada na figura 36, que possibilita um controle da incidência solar e da ventilação, além de contribuir para estética rústica local.

Como pode ser analisado na figura 37, optou-se pela inserção de vidros nas janelas com a intenção de impedir que o vento predominante na região, ESE, seja um incômodo, principalmente, no inverno frio local. É válido citar que as paredes do pavimento térreo são mais espessas, pois foram construídas com os tijolos deitados, ou seja, alvenaria de uma vez. Assim, por apresentarem maior inércia térmica, contribuem para deixar o ambiente interno mais agradável ao diminuir a amplitude térmica e manter a temperatura próxima da zona de conforto.



Figura 36 Veneziana de referência (Fonte: CASA E JARDIM)



Figura 37 Resultado da simulação, no software Revit, da janela veneziana com vidro no primeiro pavimento (Autora)

Outro elemento, implementado na fachada norte que recebe grande incidência solar, foi o cobogó. Este, além de contribuir para o sombreamento da região, não impede a passagem de ar e cria um efeito de luz e sombras na fachada. Com o auxílio do Revit, foi possível representar tal elemento, figura 38, e observar que, além de ser uma alternativa interessante para o conforto térmico, forma um bonito painel.

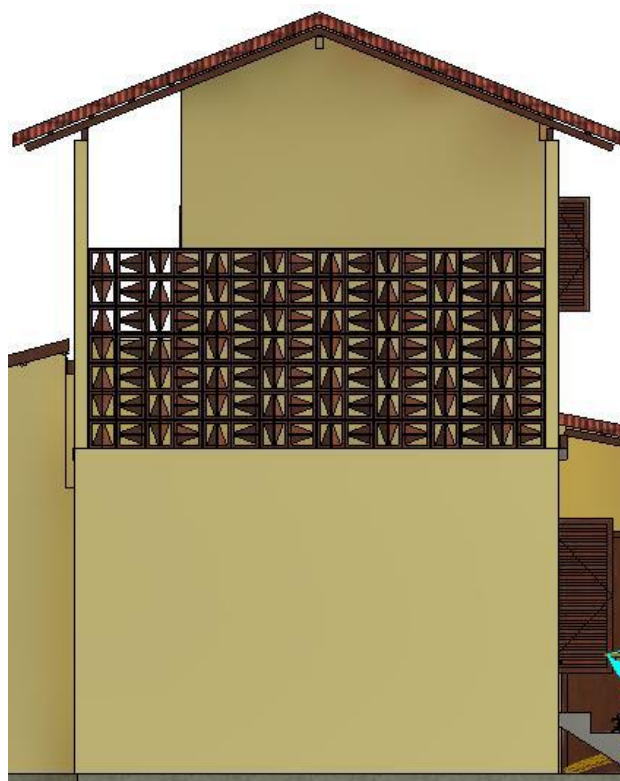


Figura 38 Resultado da simulação, no software Revit, do Cobogó (Autora)

4.3.2 Barreira natural e ampliação da varanda

O sol da tarde atingindo diretamente a fachada oeste deve ser evitado para garantir conforto aos hóspedes. Dessa forma, buscou-se alternativas para contornar a incidência solar e evitar que o recurso natural não seja fonte de incômodo e atrapalhe as atividades realizadas no empreendimento.

A primeira alternativa encontrada, para impedir incidência direta nos quartos, foi a inclusão de árvores de porte médio, tendo o telhado como limitador de altura, para que a barreira natural não atrapalhe a geração de energia a partir de sombreamento dos módulos fotovoltaicos. A tabela 4, apresentada a seguir, lista algumas opções de plantas nativas da floresta ombrófila densa, que possuem as características desejadas para implementação no local.

 <p>Fonte: UNICENTRO</p> <p>Família: Myrtaceae.</p> <p>Nome científico: <i>Eugenia stigmata</i> DC.</p> <p>Nomes populares: guamirim-vermelho, uvaia-vermelha.</p> <p>Árvore perenifólia, espécie secundária. Sua altura atinge até 10 m e seu diâmetro até 20 cm.</p>	 <p>Fonte: UNICENTRO</p> <p>Família: Myrtaceae.</p> <p>Nome científico: <i>Myrcia spectabilis</i> DC.</p> <p>Nomes populares: ameixa-do-mato</p> <p>Espécie endêmica da Floresta Atlântica, sua altura atinge até 12 m,</p>
 <p>Fonte: UNICENTRO</p> <p>Família: Apocynaceae.</p> <p>Nome científico: <i>Tabernaemontana catharinensis</i> A.DC.</p> <p>Nomes populares: leiteiro, leiteiro-de-folha-fina</p> <p>Árvore perenifólia, heliófita, lactescence, com ramos lenticelados. Espécie pioneira. Sua altura atinge até 10 m e seu diâmetro 35 cm.</p>	

Tabela 4 Plantas nativas da floresta ombrófila densa (Autora)

A ampliação da varanda, já existente no primeiro pavimento, foi uma estratégia aplicada para afastar o sol do interior do salão. A inclusão do recurso, como apresentado na figura 39,

além de contribuir para o sombreamento e, conseqüentemente, para o conforto térmico, aumenta a área de convivência no empreendimento. Dessa forma, com tais implementações, foi alcançado o conforto desejado nos ambientes localizados na fachada oeste.



Figura 39 Resultado da simulação, no software Revit, da implementação da barreira natural e da ampliação da varanda (Autora)

4.3.3 Tinta feita a base da terra local

Com intuito de encontrar uma opção ecologicamente correta e ao mesmo tempo econômica, optou-se por propor a pintura das paredes com a tinta ecológica. Como já visto, é uma opção muito interessante tanto ecologicamente, por não conter as substâncias tóxicas encontradas nas tintas convencionais, como economicamente, já que o custo final dessa opção é muito inferior ao gasto com a compra das tintas industriais.

A seguir tem-se as etapas a serem realizadas no empreendimento, segundo o manual “Cores da Terra Produção de tintas com pigmentos de solos”, para se atingir resultados positivos com a utilização da tinta ecológica.

1. Coleta de solo

Nessa etapa realiza-se dois processos, o primeiro, de caráter exploratório, corresponde a obtenção de amostras de testes, aproximadamente dois litros em diferentes localidades, e em

um segundo momento coleta-se maiores volumes de solo para produção efetivamente de maior quantidade de tinta. A figura 40 ilustra como deve ser realizada esta coleta.



Figura 40 Coleta de solo para produção da tinta ecológica (Fonte: Manual Cores da Terra, 2021)

2. Testes

Momento em que se obtém as características de cada pigmento e como ele se comporta no substrato, ou seja, a sua cor e cobertura, como mostrado na figura 41. As amostras precisam estar secas e destorroadas, e podem ser misturadas para se atingir uma tonalidade desejada, no entanto é importante ter consciência dessa proporção. Após a definição, volta-se para a área do solo escolhido e coleta-se maiores quantidades.



Figura 41 Paleta de cores para avaliação da cor e cobrimento (Fonte: Manual Cores da Terra, 2021)

3. Produção

Uma tinta nada mais é do que uma mistura de pigmento, responsável por dar a cor, um ligante, que tem a função de aderir os pigmentos entre si e ao substrato e o solvente que dilui os demais componentes. O ligante utilizado para produção das tintas em questão é a cola branca (PVAc), e por isso trata-se de uma tinta látex.

Embora apresente melhor adaptabilidade em ambientes internos, fora do alcance do intemperismo, os estudos mais avançados permitiram que o produto também pudesse ser utilizado em superfícies externas. Para produção de 4 litros de tinta, tem -se os seguintes procedimentos, segundo o estudo:

A primeira etapa consiste em despejar 1,5 litro de solo seco e destorroado em 3 litros de água e bater com disco cowles, igual ao da figura 42, acoplado em furadeira por 15 minutos.

O segundo passo é passar o material por uma peneira fina e realizar o descarte do material, pedras, areia e matéria orgânica, retido.

E então, como próximo passo, deve-se medir a viscosidade do material de modo a deixá-lo na consistência adequada, adicionando água se a viscosidade estiver baixa ou solo caso a viscosidade esteja alta. O viscosímetro pode ser analisado na figura 43 e o apêndice 2 do referido documento apresenta a forma de construí-lo e como medir esta viscosidade.



Figura 42 Disco cowles (Fonte: Manual Cores da Terra, 2021)

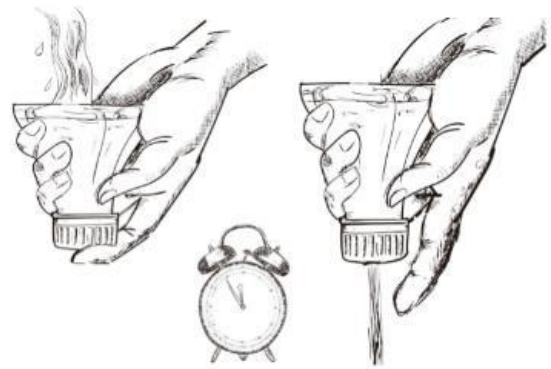


Figura 43 Viscosímetro construído a partir de uma garrafa pet de 600 ml (Fonte: Manual Cores da Terra, 2021)

Realizados tais procedimentos, vem a quarta etapa, na qual toma-se conhecimento do volume do pigmento. Para isso, basta medir o volume total de pigmento mais a água e subtrair

o volume de água. Em seguida, divide-se o volume encontrado pelo total para obtenção do teor de pigmento, que será fundamental para obtenção do consumo de cola e do rendimento da tinta, conforme apresenta as tabelas 5 e 6, respectivamente, finalizando o quinto passo.

TEOR DE PIGMENTO	PINTURA INTERNA	PINTURA EXTERNA
	% de PVAc*	% de PVAc + % de Óleo de linhaça**
Menor que 15%	60	60 + 5
Entre 15% e 30%	40	40 + 5
Maior que 30%	20	20 + 5

Tabela 5 Consumo de cola branca e óleo de linhaça (Fonte: Manual Cores da Terra, 2021)

TEOR DE PIGMENTO	RENDIMENTO APROXIMADO (m ² /L) *
Menor que 15%	2
Entre 15% e 30%	4
Maior que 30%	6

Tabela 6 Rendimento aproximado da tinta (Fonte: Manual Cores da Terra, 2021)

Em seguida, caso a tinta seja para a área externa, tem-se a etapa seis que corresponde à adição de óleo de linhaça, aditivo que aumenta durabilidade da tinta, em volume igual a 5% do volume do pigmento e posterior agitação da mistura com o disco cowles por 5 minutos.

O último item a ser adicionado é o PVAc conforme o indicado na tabela 5, para misturar utiliza-se o misturador helicoidal acoplado na furadeira, ou manualmente, por 5 minutos. Não deve ser utilizado o disco supracitado nessa etapa. Com a amostra pronta, veda-se o recipiente e repete-se os procedimentos para produção do volume total desejado. E para encontrar esse volume, multiplica-se o rendimento pela área a ser pintada.

4. Preparação do substrato

Esse procedimento é essencial para que o resultado obtido com a tinta ecológica seja o melhor possível. A ausência da preparação do substrato acarreta em perda de rendimento da tinta e em uma pior qualidade da pintura. Antes da aplicação da tinta deve-se limpar a superfície, corrigir falhas e realizar tratamentos superficiais.

5. Pintura

Finalmente, tem-se a aplicação da tinta, que deve ser homogeneizada previamente. Espalha-se, ao máximo, a menor quantidade possível de tinta, e a cobertura desejada deve ser obtida após as várias demãos.

Uma vez que todo o empreendimento necessita ser pintado, a análise dos impactos ambientais e o custo envolvido na atividade foram motivo dessa escolha. Além disso, a tonalidade final obtida com o uso do solo na fabricação da tinta vai contribuir para a estética local, o estilo rústico desejado para a pousada. O resultado da simulação de uma possível tonalidade atingida, a partir do solo do sítio, pode ser observado na figura 44.



Figura 44 Resultado da simulação, no software Revit, da pintura do empreendimento (Autora)

4.3.4 Utilização de bambu e madeira

Contribuindo com a estética harmônica com o ambiente natural, a mobília, decoração e acabamentos foram planejados para serem em bambu, abundante na propriedade e também disponível na loja Bambu Rio, e em madeira de demolição de dormentes de trem e cruzetas de postes, encontrada na loja Ecotral. Ambas as lojas citadas são da cidade de Nova Friburgo e,

portanto, a utilização desses materiais contribui para a valorização dos comerciantes locais e evita longos percursos de transporte, além dos altos gastos com fretes.

Devido à dificuldade de simulação desses elementos no software Revit, por não ficarem fidedignos à beleza da realidade, os resultados serão apresentados a partir das inspirações. O quarto inspiração, do Instituto Pindorama, com mobília e forro em bambu está representado na figura 45: (a e b), assim como demais objetos das lojas locais, nas figuras 46, 47 e 48.



(a)



(b)

Figura 45 Quarto inspiração com forro e mobília em bambu (Fonte: INSTITUTO PINDORAMA)



Figura 46 Móvel em bambu (Fonte: BAMBU RIO)



Figura 47 Bancada em madeira de dormentes e moldura em madeira de cruzetas (Fonte: ECOTRAL)



Figura 48 Armário de cruzetas lisas (Fonte: ECOTRAL)

Pensando no conforto térmico, os pisos das suítes serão revestidos com madeira, conforme figura 49, pois o material é capaz de estabilizar sua temperatura em regiões frias e

quentes. Como a madeira possui baixa capacidade para condução do calor, ela consegue manter o ambiente mais equilibrado.

Além disso, o aspecto natural transmite aconchego e acolhimento, enriquecendo o projeto. É importante salientar que o revestimento será proveniente de madeira de reflorestamento, fabricado a partir da matéria prima de árvores cultivadas especialmente para esse fim, contribuindo assim para a preservação ambiental.



Figura 49 Piso em madeira (Fonte: INSTITUTO PINDORAMA)

Pensando ainda no conforto no inverno, projetou-se janelas superiores nas suítes, como simulação da figura 50. Com a inserção destas, há a possibilidade da ocorrência de uma

ventilação higiênica, ou seja, aquela necessária para permitir a renovação de ar mesmo quando a temperatura está próxima aos limites inferiores de conforto térmico.



Figura 50 Resultado da simulação, no software Revit, das janelas superiores nas suítes (Autora)

4.4 PROPOSTA APROFUNDADA – ENERGIA SOLAR

A partir das premissas de projeto do sistema solar fotovoltaico, realizou-se no Excel, junto a empresa RPB Engenharia, o dimensionamento e o orçamento previsto para implantação dessa técnica sustentável.

Com o consumo médio mensal de 1854 kWh obteve-se uma energia de geração diária necessária de 62 kWh. Além disso, conforme apresentado na tabela 7, encontrou-se as perdas do sistema e também o rendimento global para que fosse possível encontrar o tamanho do sistema ideal.

Perdas do sistema e rendimento global			
Perdas do inversor	2,5	0,975	(2,5% - 5%)
Perdas por temperatura	10	0,9	(7% - 18%)
Incompatibilidade elétrica	1	0,99	(1% - 2%)
Acúmulo de sujeira	4	0,96	(1% - 8%)
Perdas cabeamento CC	1	0,99	(0,5% - 1%)
Perdas cabeamento CA	1	0,99	(0,5% - 1%)
Sombreamento	11,5	0,885	Somatório do sombreamento do entorno (1,5%, conforme apresentado nas premissas), mais 10% de perda devido a orientação do sistema, que não está voltado para o Norte.
Rendimento global		0,72	

Tabela 7 Perdas do sistema e rendimento global (Fonte: Planilha elaborada pela RPB Engenharia)

Em posse dos dados de energia de geração diária, rendimento global e os dados de irradiação solar do município (média de 4,73 horas de sol por dia), foi possível encontrar o tamanho do sistema ideal, e a partir da premissa dos módulos serem de 550 W, obteve-se o número de placas necessárias e demais características do projeto ideal, conforme apresentado na tabela 8.

Tamanho do sistema ideal	18,05 kWp
Número de módulos	33
Área do módulo	2,58 m ²
Área necessária	98,08 m ²

Tabela 8 Características do sistema ideal (Fonte: Planilha elaborada pela RPB Engenharia)

Contabilizando os 33 módulos de 550W, tem-se um sistema real de 18,15 kWp. Os dados do sistema real a ser adotado estão na tabela 9. Como pode ser visto, para esse tamanho de sistema é necessário um inversor mínimo de 13,61 kW, dessa forma adotou-se o inversor de 15 kW da BelEnergy, fornecedor escolhido.

Tamanho do sistema real	18,15 kWp
Mínimo do inversor	13,61 kW
Módulos	BEL ENERGY 550 W
Potência	550 W
Inversor	BelEnergy 15 kW
Quantidade	1
Pmax CA	15,0 kW
Geração do Kit	1864,70 kWh
Tarifa Média	R\$ 1,20
Cidade	Bom Jardim - RJ

Tabela 9 Características do sistema real (Fonte: Planilha elaborada pela RPB Engenharia)

Assim, como a geração do kit equivale a 1864,70 kWh, tem-se o consumo de 1854 kWh atendido. A tabela 10, a partir dos dados de irradiação solar mensal, apresenta a geração de energia em cada mês e a média de geração.

Dados do sistema de geração		
	IS (kWh/m ² .dia)	Geração mensal
Jan	5,18	2040,30 kWh
Fev	5,68	2237,24 kWh
Mar	4,97	1957,59 kWh
Abr	4,74	1867,00 kWh
Mai	4,26	1677,93 kWh
Jun	4,18	1646,42 kWh
Jul	4,33	1705,50 kWh
Ago	4,86	1914,26 kWh
Set	4,73	1863,06 kWh
Out	4,65	1831,55 kWh
Nov	4,33	1705,50 kWh
Dez	4,90	1930,02 kWh
Média		
	4,73	1864,70 kWh

Tabela 10 Dados de geração do sistema real (Fonte: Planilha elaborada pela RPB Engenharia)

A tabela 11 e a figura 51 fazem um comparativo do consumo de energia mensal e a geração pelo sistema.

Mês	Consumo [kWh]	Geração [kWh]
Jan	1.854,00	2.040,30
Fev	1.854,00	2.237,24
Mar	1.854,00	1.957,59
Abr	1.854,00	1.867,00
Mai	1.854,00	1.677,93
Jun	1.854,00	1.646,42
Jul	1.854,00	1.705,50
Ago	1.854,00	1.914,26
Set	1.854,00	1.863,06
Out	1.854,00	1.831,55
Nov	1.854,00	1.705,50
Dez	1.854,00	1.930,02
Média	1.854,00	1.864,70
Total	22.248,00	22.376,38

Tabela 11 Consumo vs Geração de energia (Fonte: Planilha elaborada pela RPB Engenharia)

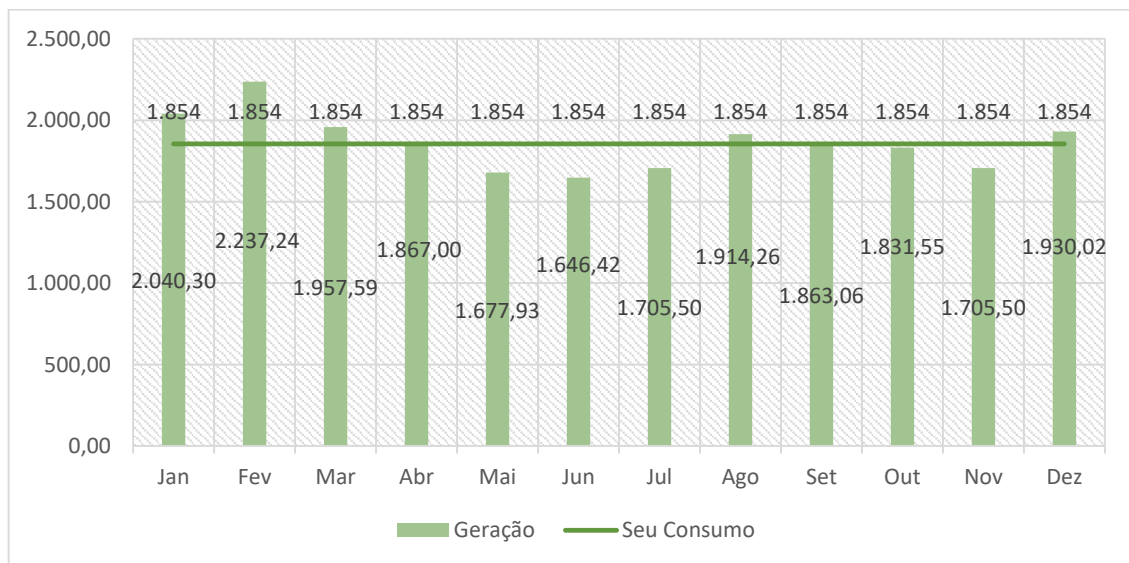


Figura 51 Gráfico do consumo vs estimativa de geração (Fonte: Gráfico elaborado pela RPB Engenharia)

Considerando uma tarifa de energia de R\$1,20 e uma geração anual de 22.376,38 kWh, tem-se, em um ano, um gasto de R\$ 26.851,66 sem a energia solar. Considerando a implementação do sistema solar fotovoltaico, tem-se um gasto anual de R\$ 3.547,41 que corresponde a taxa da concessionária mais os impostos. Assim, há uma economia de 87%, ou seja, uma economia de R\$ 1.942,02 em uma conta mensal que seria de R\$ 2.237,64.

Os materiais necessários para instalação do sistema serão adquiridos, como já mencionado, da fornecedora BelEnergy. Fez-se, portanto, o orçamento em sua plataforma, a partir dos dados de dimensionamento, e obteve-se um valor do kit solar de R\$ 49.798,41. Como o valor cobrado pela empresa RPB Engenharia para prestação dos serviços seria de R\$ 26.564,88, tem-se um orçamento estimado de R\$ 76.363,29. O cálculo do retorno do investimento inicial (payback simples) para esse projeto foi fornecido pela empresa e seria igual a três anos.

A figura 52 é um resumo das características gerais do sistema dimensionado e a figura 53 apresenta, de forma ilustrativa, qual seria o investimento total para a instalação do sistema solar fotovoltaico, em quantos anos ocorreria o retorno desse investimento inicial e também qual seria a economia mensal com a instalação.

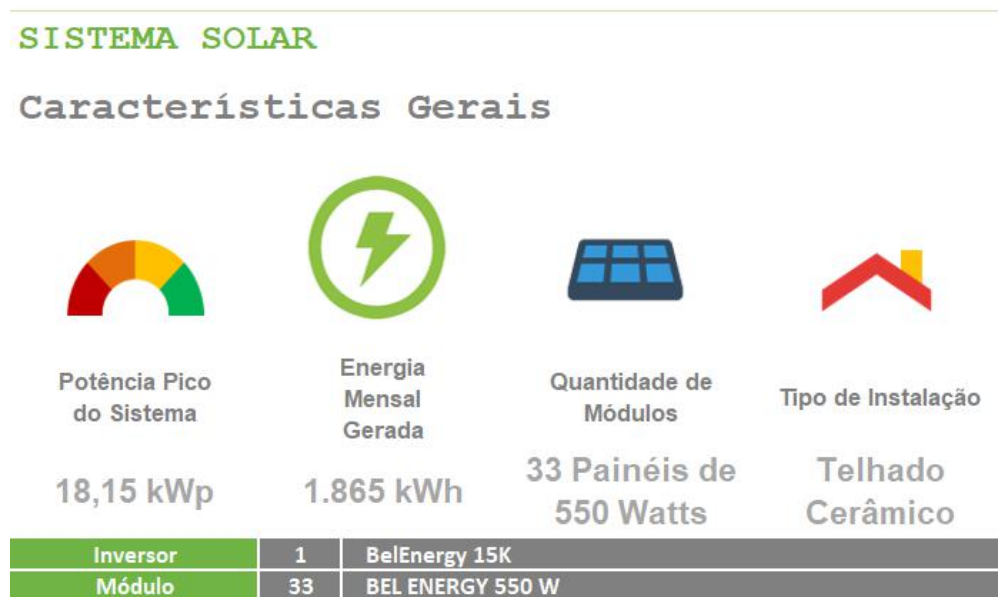


Figura 52 Características gerais do sistema dimensionado (Fonte: Dimensionamento realizado pela RPB Engenharia)

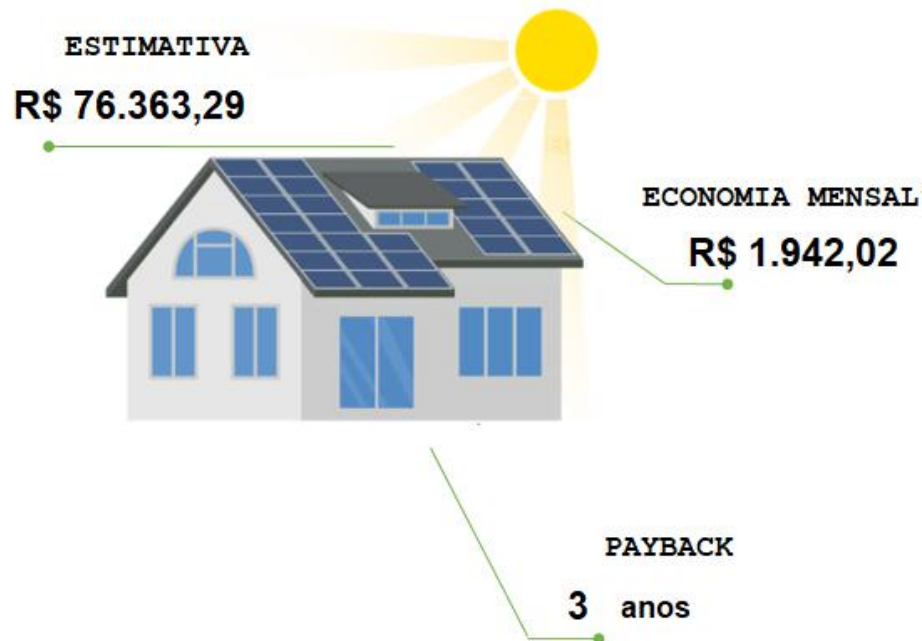


Figura 53 Resumo das informações financeiras do sistema (Fonte: Apresentação realizada pela RPB Engenharia)

O cálculo para avaliar a redução de emissão de CO₂ com a implementação da energia solar foi obtido a partir do fator médio de emissão anual de 2021, conforme tabela 12, fornecido oficialmente pelo governo, através do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. O MCTI divulga esse valor que corresponde a quantidade de CO₂, média das emissões, associada a geração de energia elétrica.

2021	Fator Médio Mensal (tCO ₂ /MWh)												Fator Médio Anual (tCO ₂ /MWh)
	MÊS												ANO - 2021
	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	
	0,1164	0,0820	0,0673	0,0764	0,0883	0,1491	0,1634	0,1743	0,1699	0,1786	0,1484	0,1029	0,1264

Tabela 12 Fatores de emissão médios de CO₂ para energia elétrica (Fonte: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações)

Considerando fator de 0,1264 KgCO₂/kWh e uma geração anual pelo sistema de 22.376,40 kWh (geração mensal de 1864,70 kWh), tem-se uma redução de CO₂, anualmente, de 2.828,38 kg, ou seja, aproximadamente 2,83 toneladas.

Segundo o Instituto Brasileiro de Florestas (IBF), a cada 7 árvores, 1 tonelada de carbono é sequestrada da atmosfera no período de crescimento de 20 anos. Assim, tem-se para o sistema dimensionado (2,83 toneladas de CO₂ que deixarão de ser emitidos), uma equivalência de aproximadamente 20 árvores plantadas anualmente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os impactos ambientais causados por ações antrópicas, cada vez mais, orientam caminhos mais sustentáveis, reduzindo, de certa forma, as trágicas consequências de suas atitudes. E no caso da construção civil isso não é diferente. Devido a sua grande influência no cenário, caracterizada pelo alto consumo de matérias, de energia e geração de resíduos, é notória a necessidade de implementações de técnicas mais sustentáveis no setor.

O presente trabalho apresentou algumas técnicas sustentáveis a serem implementadas na finalização de uma obra no setor de hospedagens. Estas estão apresentadas na figura 54 e serão, brevemente, detalhadas.

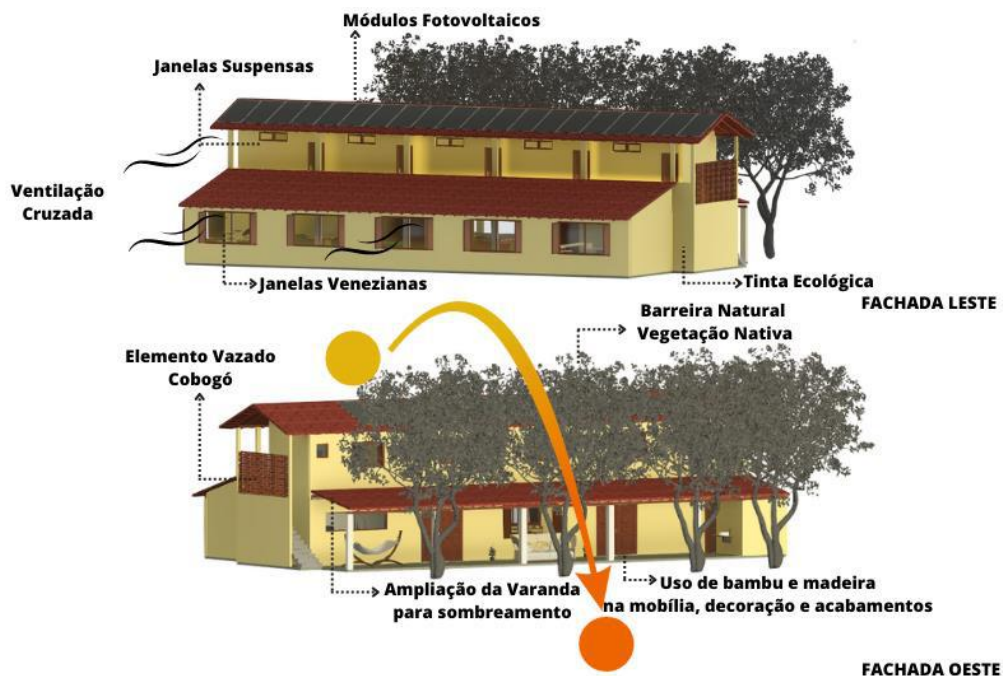


Figura 54 Esquema geral com as intervenções propostas (Autora)

Inicialmente, houve a preocupação com melhor aproveitamento dos recursos naturais, o sol e o vento, evitando os gastos e reduzindo os impactos das fontes artificiais de aquecimento e refrigeração. Para favorecer a ventilação cruzada, adotou-se a janela veneziana nos quartos e no salão, que mesmo fechada ainda permite entrada de ar e também o cobogó, elemento vazado que combina com a estética local e bloqueia o sol intenso, mas permite ainda a circulação de ar.

Para combater o incômodo do sol da tarde na fachada oeste, optou-se pela ampliação da varanda no primeiro pavimento, impedindo que o recurso atinja, diretamente, o salão e aumentando a área de convivência da pousada. Já no segundo pavimento, tem-se esse bloqueio devido às árvores sugeridas que servem como uma barreira natural.

Para garantia do conforto térmico durante o inverno, adotou-se três estratégias, nos quartos optou-se pelo piso em madeira de reflorestamento, pois o material garante um ambiente mais equilibrado e agradável, e também a implementação de uma nova abertura, uma janela superior, que nos dias de frio serão abertas para permitir apenas a ventilação higiênica, garantindo salubridade e conforto térmico.

Ainda sobre o inverno, as venezianas do primeiro pavimento serão integradas com vidro devido a incidência dos ventos predominantes na fachada das aberturas do salão. Assim, quando ocorrerem os eventos no salão da pousada, não haverá o incômodo dos ventos mais frios, garantindo conforto aos hóspedes.

A tinta feita com solo, água e cola branca, materiais fáceis de obtenção, foi uma alternativa à utilização das tintas industriais que possuem compostos poluentes. Resgatando conhecimento de técnicas tradicionais, a opção por uma tinta ecológica contribui para a autonomia e valorização da prática. E, devido sua viabilidade econômica, o produto foi escolhido para pintura de todo o empreendimento.

A escolha pela larga utilização do bambu na obra se deu devido às suas características de resistência, versatilidade, baixo impacto ambiental, por ser harmônico com o ambiente natural e por ser abundante na propriedade, assim como é em regiões de clima tropical. Além disso, há nas proximidades do local, opção de loja que vende artigos em bambu, o que ainda contribui para a valorização dos comerciantes locais. Com essa mesma proposta, tem-se os artigos em madeira de demolição da loja local, que é uma empresa que se preocupa com a degradação ambiental e produz diversificados produtos rústicos com a madeira reaproveitada.

Devido ao desejo do proprietário de instalar um sistema de energia solar no empreendimento, optou-se por realizar esse estudo e propor a adoção desta estratégia. Uma fonte renovável de energia, que permite maior eficiência energética no projeto, contribuindo para a transição energética da utilização de combustíveis fósseis para uma fonte limpa, e para uma valorização do imóvel.

Contribuindo para maior eficiência energética, tem-se as exigências de conforto térmico atingidas sem dispêndio excessivo de energia devido à passividade do projeto. Além disso, a pensada escolha de materiais que incorporam menos energia ao longo de sua vida também vai promover uma pousada mais eficiente.

As técnicas ecoeficientes propostas no projeto contribuem para o conforto térmico, degradam menos o ambiente natural e buscam ser as mais econômicas com o intuito de permitirem a finalização da obra, com menor impacto ambiental, com o anseio que a pousada seja cada vez mais autossuficiente e que permita o proprietário viver de forma harmônica com o meio.

As possibilidades de implementação de técnicas sustentáveis para alcance de um empreendimento mais ecológico são enormes e, o presente trabalho apenas apresentou algumas destas. Dessa forma, fica de sugestão para novos projetos, o estudo de um destino adequado para os dejetos, como é o caso do biodigestor e também, um sistema de captação de água da chuva para seu posterior aproveitamento.

Finalizado esse trabalho de conclusão de curso, atingiu-se os objetivos gerais e específicos propostos ao realizar a modelagem do empreendimento e simular técnicas sustentáveis que vão possibilitar a mudança de uma realidade específica e incitar novos estudos sobre essa temática tão importante e necessária.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIRBNB (2021). **Guia de hospedagem sustentável para iniciantes**. Essas dicas podem ajudar você a reduzir a pegada ecológica da sua acomodação. Disponível em: <<https://www.airbnb.com.br/resources/hosting-homes/a/a-beginners-guide-to-sustainable-hosting-344>>. Acesso em: 09/10/2022.

ALVAREZ, C. E. et al. (2001). **A CASA ECOLÓGICA: UMA PROPOSTA QUE REÚNE TECNOLOGIA, CONFORTO E COERÊNCIA COM OS PRINCÍPIOS AMBIENTAIS**. NUTAU'2000 – TECNOLOGIA & DESENVOLVIMENTO.

ARAÚJO, Luciane Martins; NETO, Miguel de Reis Cordeiro; SEGUIN, Elida. **A busca da efetividade do Acordo de Paris por meio da educação ambiental**. Revista Direito, Estado e Sociedade, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220 – 3 Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16690 Instalações elétricas de arranjos fotovoltaicos – Requisitos de projeto. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5410 Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050 Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2020.

ATTIÉ, Deborah; Salgado, Fernanda de Andrade. **Avaliação do Ciclo de Vida na construção civil brasileira: análise de impactos ambientais**. Engineering Sciences, 2021. Disponível em: <<https://sustenere.co/index.php/engineeringsciences/article/view/CBPC2318-3055.2021.001.0003/2658>>. Acesso em: 28/12/2022.

BAGETTI, V. (2021). **Conheça os benefícios do bambu para design de interiores.** Pindorama. Disponível em: <<https://pindorama.org.br/design-interiores/conheca-os-beneficios-do-bambu-para-design-de-interiores/>> Acesso em 15/09/2022.

BARREIROS, Éder José; VIEZZER, Marlize Reffatti Zinelli (2021). **Sustentabilidade na Construção Civil – O Bambu Gigante como material construtivo.** Disponível em:<<http://www.ienomat.com.br/revista/index.php/repositorio/article/view/204/191> >. Acesso em: 21/12/2022.

BEN. **Relatório Síntese 2022.** Ano base 2021. Disponível em:<<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022> >. Acesso em 10/12/2022.

BERCHIN, Issa Ibrahim; CARVALHO, Andréia de Simas Cunha. **O papel das conferências internacionais sobre o meio ambiente para o desenvolvimento dos regimes internacionais ambientais: de Estocolmo a Rio +20.** DEBATES INTERDISCIPLINARES VII. Editora Unisul, 2015.

CAMARGO, D. L. Q.; PEREIRA, K. L.. Utilização de bambu como elemento sustentável na arquitetura e construção civil: uma revisão bibliográfica. Engineering Sciences, v.9, n.2, p.163-173, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2021.002.0014>

CARNEIRO, Joana Junqueira; DIAS, Rachel Quandt. **B5-330 Projeto cores da terra: potencial da tinta de solo para a extensão rural.** Congresso Latinoamericano de Agroecologia. La Plata Argentina 2015.

CARVALHO, Ana F.; CARDOSO, Fernando P. (2021). **CORES DA TERRA.** Produção de tintas com pigmentos de solos. Disponível em: <https://issuu.com/boletimsbcs/docs/manual_cores_da_terra_vers_o_online_pt >. Acesso em: 23/12/2022

CEMIG (2020). **Potência Média dos Aparelhos Residenciais e Comerciais**. Disponível em: <<https://www.cemig.com.br/wp-content/uploads/2020/10/POTENCIA-MEDIA-DE-APARELHOS-RESIDENCIAIS-E-COMERCIAIS.pdf>>. Acesso em: 24/11/2022.

Compêndio Online Gerson Luiz Lopes. **Laboratório de Manejo Florestal**. Floresta Ombrófila Densa. Disponível em: < <https://sites.unicentro.br/wp/manejoflorestal/floresta-ombrofila-mista/floresta-ombrofila-densa-2/floresta-ombrofila-densa/> >. Acesso em: 06/12/2022.

CORBELLA, O., YANNAS, S. **Em busca de uma Arquitetura Sustentável para os trópicos**. Rio de Janeiro: Revan. 2003.

CRESESB. **Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de S. Brito**. Disponível em: < <http://www.cresesb.cepel.br/> >. Acesso em: 20/11/2022.

CRUZ, Luisa Souza Frade da; BARROS, Marcelo Miranda. Bambu Estrutural: Possibilidades para uma Engenharia Sustentável. **MIX Sustentável**, v. 8, n. 2, p. 79-92, mai. 2022. ISSN-e: 24473073. Disponível em: < <http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel> >. DOI: <http://dx.doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2022.v8.n1.79-92>. Acesso em: 21/12/2022.

ECOTRAL. **Um pouco sobre nós**. Disponível em: < <https://ecotral.com.br/> >. Acesso em: 30/12/2022.

FIALHO, Karlo Eugênio Romero; COSTA, Heloína Nogueira da; LIMA, Sérgio Henrique de Oliveira; BARROS NETO, José de Paula. **Aspectos econômicos da construção civil no Brasil**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, XV, 12 a 14 nov. 2014, Maceió, Alagoas, Brasil. Anais[...] Maceió, Alagoas, 2014.

FUNDAÇÃO BB. TRANSFORMA (2017). **Projeto Tons Da Terra: A Tinta Ecológica À Base De Terra, Água E Cola** por Instituto Federal do Amazonas-IFAM. Disponível em:< <https://transforma.fbb.org.br/tecnologia-social/projeto-tons-da-terra-a-tinta-ecologica-a-base-de-terra-agua-e-cola> >.

GOBBI, Mirna Elias; ROLA, Sylvia. **SELEÇÃO DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO: como a Análise do Ciclo de Vida pode ajudar a melhorar a qualidade do ar nas edificações.** VI Seminário Internacional de Construções Sustentáveis, 2017.

HABITISSIMO. **Dicas para proteger sua casa do sol.** Disponível em: < <https://projetos.habitissimo.com.br/projeto/dicas-para-protoger-sua-casa-do-sol> >. Acesso em: 02/12/2022.

HÉRICA (2020). **Painel Solar Fotovoltaico em 5 passos.** Como calcular painéis fotovoltaicos em seus projetos. Disponível em: <https://www.ugreen.com.br/painel-solar-fotovoltaico-em-5-passos/>. Acesso em: 20/11/2022.

IBF. **Compensação de CO2 com Plantio de Florestas.** Disponível em: < <https://www.ibflorestas.org.br/conteudo/compensacao-de-co2#:~:text=O%20carbono%20%C3%A9%20retirado%20do,primeiros%2020%20anos%20de%20idade.> >. Acesso em 02/01/2023.

JOHN, OLIVEIRA E LIMA (2007). **Levantamento do estado da arte: Seleção de Materiais.** Habitação mais sustentável. Disponível em: < https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/documents/tecnologias-para-construcao-mais-sustentavel/HabitacaomaisSustentavel_D2.4_selecao_materiais.pdf >. Acesso em: 27/12/2022

KIBERT, C.J. **Edificações Sustentáveis.** Projeto, construção e operação. Porto Alegre: bookman. 2020.

KLEBA, Ana (2021). **Energia Solar Fotovoltaica Vale a Pena?** Disponível em: <<https://www.ugreen.com.br/energia-solar-fotovoltaica-vale-a-pena/>>. Acesso em: 20/11/2022;

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura.** [3.ed.] Rio de Janeiro, 2014.

LARUCCIA, Mauro Maia. **Sustentabilidade e impactos ambientais da construção civil.** São Paulo, 2014.

MCTI. **Fator médio – Inventários corporativos.** Disponível em: < <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao> >. Acesso em 02/01/2023.

OCAENERGIA (2021). **Sistema Fotovoltaico Híbrido: Entenda o Que é e Suas Aplicações.** Disponível em: < ocaenergia.com/blog/energia-solar/sistema-fotovoltaico-hibrido-entenda-o-que-e/ >. Acesso em 30/11/2022.

ODS. Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030 do Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: < <https://gtagenda2030.org.br/ods/> >. Acesso em: 15/09/2022.

PEREIRA, M. F. Benedetti. **Conteúdo Energético e Emissões de CO₂ em coberturas verdes, de telha cerâmica e de fibrocimento: Estudo de Caso.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. 2014.

PRAD (2015). Projeto de Recuperação de Área Degradada. Parque Municipal Homero Lopes de Almeida. Disponível em: < http://www.bomjardim.rj.gov.br/paginas_/arquivos_/Parque%20Mun.%20Homero%20L.%20de%20Almeida%20.pdf >.

RODGERS, Lucy (2018). **Aquecimento global: a gigantesca fonte de CO₂ que está por toda parte, mas você talvez não saiba.** BBC NEWS BRASIL. Disponível em: < <https://www.bbc.com/portuguese/geral-46591753> >. Acesso em: 17/12/2022.

SANCHO (2022). **A GESTÃO DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO E O PAPEL DO ENGENHEIRO.** Resíduos da construção são recicláveis e mais de 2/3 são destinados a locais inadequados. Disponível em: < <https://abrecon.org.br/a-gestao-dos-residuos-da-construcao-e-demolicao-e-o-papel-do-engenheiro/> >. Acesso em: 11/12/2022.

United Nations Environment Programme (2021). **2021 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector.** Nairobi

VERDE GHAIA (2021). **O “tripé da sustentabilidade” e a evolução empresarial.** Disponível em: < <https://www.verdeghaia.com.br/tripe-da-sustentabilidade/>>.

VITAL, A. F. M., CAVALCANTE, F. L.; ARAÚJO, J. M. M.; BARBOSA, I. S.; OLIVEIRA, D. S.; AZEVEDO, G. H. **USO NÃO AGRÍCOLA DO SOLO: A TINTA DE TERRA COMO INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E SUSTENTÁVEL.** BIOENG, 2018.

WINDFINDER. Nova Friburgo – Salinas. Disponível em: < <https://pt.windfinder.com/report/nova-friburgo-salinas> >. Acesso 17/12/2022.