



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO**

CAIO ASSUMPÇÃO DE NONNO

**Alternativas Sustentáveis de Baixo Impacto: Diretrizes de Projeto
para um Habitação Unifamiliar em Miguel Pereira – RJ**

**JUIZ DE FORA
2023**

CAIO ASSUMPÇÃO DE NONNO**Alternativas Sustentáveis de Baixo Impacto: Diretrizes de Projeto
para um Habitação Unifamiliar em Miguel Pereira – RJ**

Dissertação apresentada ao curso de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do diploma de graduação.

Orientador: Megg Francisca Sousa

JUIZ DE FORA

2023

CAIO ASSUMPÇÃO DE NONNO**Alternativas Sustentáveis de Baixo Impacto: Diretrizes de Projeto
para uma Habitação Unifamiliar em Miguel Pereira – RJ**

Dissertação apresentada ao curso de Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do diploma de graduação.

Aprovada em dia de mês de ano.

BANCA EXAMINADORA

Megg Francisca Sousa
Instituição

Dedico este trabalho aos meus pais, familiares, e amigos que estiveram comigo ao longo de toda esta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha mãe, Lucimar Assumpção de Nonno, que como educadora sempre me inspirou pela sua excelência e dedicação. A minha irmã, Renata Assumpção de Nonno, minha parceira de longa data, e que esteve ao meu lado durante todos esses anos. E em especial ao meu pai, Franciso Eugênio de Nonno, que contribuiu para o meu desenvolvimento de todas as formas, jamais medindo esforços para me ajudar.

RESUMO

O presente trabalho objetiva estabelecer diretrizes para o desenvolvimento de uma habitação unifamiliar de pequeno porte na cidade de Miguel Pereira-RJ, explorando o conceito da arquitetura bioclimática como alternativa de relacionar a casa com o seu meio externo, e proporcionar maior eficiência energética a edificação. É realizada uma perspectiva histórica sobre os Congressos Internacionais realizados pela Organização das Nações Unidas (ONU) que contribuíram para o pensamento sustentável a partir do século XX. Posteriormente, os conceitos da arquitetura bioclimática capazes de proporcionar uma arquitetura de baixo impacto são explorados, através de um olhar para a arquitetura popular brasileira e seu legado, trazendo também elementos referentes a estratégias aos sistemas operacionais e equipamentos da habitação, visando reduzir os impactos ambientais e explorar a eficiência energética da edificação.

Palavras-Chave: Sustentabilidade, Arquitetura Bioclimática, Eficiência Energética.

ABSTRACT

The present work aims to establish guidelines for the development of a small single-family house in the city of Miguel Pereira-RJ, exploring the concept of bioclimatic architecture as an alternative to relate the house with its external environment, and provide greater energy efficiency to the building. A historical perspective is carried out on the International Congresses held by the United Nations (UN) that contributed to sustainable thinking from the 20th century onwards. Subsequently, the concepts of bioclimatic architecture capable of providing a low-impact architecture are explored, through a look at Brazilian popular architecture and its legacy, also bringing elements related to strategies for operating systems and housing equipment, aiming to reduce environmental impacts. and explore the energy efficiency of the building.

Keywords: Sustainability, Bioclimatic Architecture, Energy Efficiency

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. JUSTIFICATIVA.....	10
1.2. OBJETIVOS	12
1.3. METODOLOGIA	12
2. SUSTENTABILIDADE E ARQUITETURA.....	14
2.1. RELAÇÃO DO HOMEM COM A NATUREZA.....	15
2.2. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	15
3. ARQUITETURA DE BAIXO IMPACTO.....	26
3.1. SELOS E CERTIFICAÇÕES.....	28
3.2. ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA	36
3.3. SUSTENTABILIDADE NA ARQUITETURA POPULAR	47
4. ALTERNATIVAS CONSTRUTIVAS E ENERGIAS.....	54
4.1. USO DE MATERIAIS NATURAIS	54
4.2. UTILIZAÇÃO RACIONAL DA ÁGUA.....	59
4.3. PAINÉS FOTOVOLTAICOS.....	59
5. ESTUDO DE CASO: A EARTHSHIP	60
6. DIRETRIZES PARA O TCC 2	66
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	69
REFERÊNCIAS	72

1. INTRODUÇÃO

O tema sustentabilidade continua a ser tratado com urgência pela população mundial e pauta das políticas públicas dos mais diversos países, isso porque se sabe que as ações humanas vêm acarretando transformações no planeta e na sua biosfera. Grandes eventos da humanidade foram responsáveis pelo surgimento de um modelo de exploração dos recursos naturais sem precedentes históricos, e um crescimento acelerado da população mundial. É a partir desse cenário que os países passam a tratar a questão do meio ambiente como política interna, realizando uma série de discussões e eventos internacionais, através das Organizações das Nações Unidas (ONU). Estes congressos, puderam ser capazes de conscientizar parte da população mundial, mostrando o caminho a ser trilhado, no entanto, as mudanças que aconteceram a partir deles, foram pequenas diante do contexto climático presente, e as constantes ameaças que a humanidade enfrenta sobre a escassez de recursos, e aquecimento global.

As atividades industriais da construção civil e do setor residencial, intensificam estes processos, portanto, a arquitetura sustentável passa a ser uma alternativa para redução destes impactos. Estratégias eficientes, podem ser encontradas através de pesquisas de ambientes construídos sustentáveis, passando a ser quase que uma conduta ética do arquiteto perante a sociedade. Na normalização brasileira, existem leis, com o objetivo de instruir as melhores estratégias e condutas a serem seguidas em todo o processo construtivo do ambiente construído, assim como existência de selos ou certificações concedidas a edificações que com adoção de uma série de estratégias consiga reduzir seus impactos.

A arquitetura bioclimática, foi objeto de estudo no presente trabalho, para que através da relação entre meio externo e interno encontre-se estratégias projetuais, visando criar diretrizes para o desenvolvimento de uma habitação de baixo impacto, e pequeno porte. Essas alternativas visam tornar o ambiente construído eficiente energeticamente, com a incorporação de sistemas construtivos e operacionais também capazes de reduzir o consumo energético, poluição e exploração dos recursos naturais.

1.1. JUSTIFICATIVA

A arquitetura sustentável ou ecológica possui similaridades com a arquitetura popular brasileira, principalmente pelo baixo impacto que está produz ao seu entorno. Portanto, o trabalho é uma oportunidade de resgatar um pouco essa abordagem, de habitações com o uso de diferentes técnicas e materiais adequadas a realidade de cada região e população. Soma-se a isso, a oportunidade de discutir a arquitetura sustentável com maior profundidade, tema tão atual, e relevante.

O atual modelo de consumo da sociedade contemporânea, não está alinhado com o ideal de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável. Este conceito surgiu no ano de 1983 a partir da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada pela Organização das Nações Unidas (ONU), Almeida (2002). Novas medidas serão necessárias para que o futuro do planeta e da civilização humana não sofra com as consequências acarretadas por esse modelo de consumo, que ameaça o direito de futuras gerações viverem com qualidade de vida e terem acesso aos recursos básicos para sobrevivência

A habitação deve atender as atividades humanas básicas, que necessitam de serviços públicos essenciais para o seu funcionamento, como água e energia elétrica. Esses serviços são provenientes, muitas vezes da exploração de recursos naturais de forma indiscriminada, sem que haja um equilíbrio nas trocas do ser humano com a natureza. Além disso, o principal alçoz do meio ambiente quando se fala sobre arquitetura, ainda é a indústria da construção civil. Durante seu processo a produção habitacional inclui a extração de matéria prima, manufatura e transporte, aumentando significativamente os níveis de degradação ambiental e emissão de dióxido de carbono (CO₂), como mostrou o Relatório de Situação Global de 2020 para Edifícios e Construção, realizado pela agência ambiental da Organização das Nações Unidas (ONU, 2020).

Segundo dados apresentados pelo Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2015), o setor de edificações respondeu em 2010 por 32% do uso final de energia, além de emissões diretas e indiretas, o que representa 18,4% das emissões globais.

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção, (CBIC, 2017) define emissões diretas como aquelas oriundas de fontes fisicamente situadas nas próprias edificações, enquanto as indiretas referem-se as oriundas da produção de eletricidade e aquecimento urbano para uso nas edificações. O Relatório do IPCC (2017), ainda apresenta dados relativos ao aumento significativo nas emissões de dióxido de carbono, entre 50 e 150 % para meados do século XXI.

O contexto brasileiro, ainda se encontra mais atrasado em relação a parte dos países no mundo, devido aos problemas existentes num lugar onde a fome, a habitação, a degradação ambiental, a política conturbada etc. são problemas constantes. Conforme disse Boff (2017), a necessidade de tratar temas essenciais afasta os países em desenvolvimento de pautas importantes relativas ao Meio Ambiente. No entanto, a questão ambiental no Brasil, não é tão recente, tendo o país já sediado um evento internacional sobre o Meio Ambiente, e ter participação efetiva numa série de outros congressos das Organizações das Nações Unidas (ONU). Nesse sentido, a sociedade brasileira como um todo já é capaz de entender as gravidades decorrentes de atitudes inconsequentes em relação aos meios naturais e o potencial destruidor da geração de resíduos. Tendo o Brasil em seu contexto o exemplo de cidades que possuem uma conduta diante do meio ambiente mais coerente com a realidade apresentada pelo desequilíbrio ecológico atual.

A cidade de Miguel Pereira por sua vez, localizada na região centro sul, do estado do Rio de Janeiro, tem recebido uma série de empreendimentos decorrentes de incentivos da atual gestão pública, o que tem ocasionado maior congestionamento no trânsito, principalmente nas áreas centrais da cidade, aumento do número de imóveis, e vinda de pessoas de outras cidades, aumentando os impactos, do que até então era uma cidade pitoresca. Em decorrência destes fatos, teme-se que a cidade perca aquilo que tem como maior virtude, áreas de floresta e recursos naturais locais, que garantem qualidade de vida a sua população. Criar uma abordagem pautada na sustentabilidade, além da necessidade global que urge, é também uma alternativa no dado contexto de preservar o modelo de vida da cidade. Além disso, faz-se necessário sempre, tornar a moradia acessível a todos, como

uma responsabilidade social. Boff (2017) entende que a sustentabilidade de uma sociedade se mede por sua capacidade de incluir a todos e garantir-lhes os meios de uma vida suficiente e decente.

1.2. OBJETIVOS

O objetivo principal do trabalho consiste em criar diretrizes projetuais para uma habitação ecológica unifamiliar de pequeno porte para a cidade de Miguel Pereira-RJ, a partir de princípios de autossuficiência e métodos construtivos adequados. Abaixo estão dispostos os Objetivos Específicos:

- 1 - Investigar o Conceito de Sustentabilidade na Arquitetura.
- 2 - Compreender como a Arquitetura Bioclimática contribui para maior eficiência energética de uma habitação.
- 3 – Tirar partido das realizações arquitetônicas no contexto popular brasileiro, com intuito de assimilar estratégias de baixo impacto da construção sobre o meio natural
- 4 – Explorar através do Estudo de Caso, entender como se relaciona uma habitação com o seu meio exterior
- 5 – Criar diretrizes projetuais, para uma habitação sustentável na cidade de Miguel Pereira, com base nas práticas de arquitetura bioclimática.

1.3. METODOLOGIA

O estudo discorre inicialmente sobre o amplo tema da sustentabilidade na arquitetura e em seguida imerge no universo das alternativas projetuais com base em princípios de arquitetura bioclimática. Portanto, a pesquisa possui caráter básico e exploratório, que conforme Prodanov e Freitas (2013) tem como finalidade proporcionar mais informações sobre o assunto que se pretende investigar. As metodologias principais aplicadas na exploração deste trabalho são a revisão bibliográfica e o estudo de caso.

A priori, o trabalho investiga a relação histórica entre homem e natureza, procurando entender como os impactos humanos afetam os meios naturais e os equilíbrios biológicos. A partir deste momento, fez-se necessário entender

alguns dos principais eventos e congressos internacionais sobre meio ambiente surgidos no século passado, num momento em que o conceito de desenvolvimento sustentável passa a fazer parte da política pública dos diversos países envolvidos nestas discussões. Após esta contextualização, foi possível adentrar na questão das edificações sustentáveis, que passaram a ser alvo de maior interesse dos arquitetos e urbanistas após os resultados que os eventos e congressos internacionais trouxeram para a sociedade. Passada esta abordagem histórica, o trabalho entra nas questões referentes a arquitetura bioclimática, e alternativas construtivas de baixo impacto, às relacionando com a arquitetura popular brasileira, que traduz um pouco do que pretende ser uma arquitetura de baixo impacto. Ao final da revisão teórica, serão mostradas técnicas e sistemas operacionais de uma casa, que se adequem ao objetivo principal do trabalho de criar diretrizes projetuais de baixo impacto, e com potencial de propor uma habitação residencial unifamiliar.

O estudo de caso analisado no presente trabalho, é uma casa experimental, que traz conceitos de arquitetura bioclimática para melhor desempenho térmico da habitação, além de incluir ao projeto do ambiente construído sistemas operacionais de energia e gestão de água eficientes, e de baixo impacto. É fruto de uma parceria entre a Universidade Federal de Santa Catarina e a Eletrobras/Procel. Pretende-se com este estudo, em primeiro lugar, conseguir visualizar a arquitetura bioclimática aplicada ao ambiente construído. E por último, abordar as técnicas utilizadas referentes a produção de energia e gestão de águas da casa.

As diretrizes projetuais presentes no trabalho foram elaboradas com base nas análises referentes a fundamentação teórica, levando em consideração neste caso, a pesquisa referente aos aspectos de arquitetura bioclimática, pensando em estratégias que possam ser adotadas para o desenvolvimento de uma habitação sustentável que ofereça o mesmo conforto de uma casa convencional, mas que gere um baixo impacto. Além disso, os detalhes mostrados nos sistemas construtivos e operacionais do estudo de caso, contribuíram para uma análise de qualitativa que uma casa com tais estratégias projetuais pode oferecer aos seus usuários.

2. SUSTENTABILIDADE E ARQUITETURA

O propósito de se desenvolver uma habitação sustentável passa, antes de tudo, por compreender a relação do homem com a natureza que o cerca. Esta relação sempre se deu com base na ação exploratória humana, que com o advento de novas tecnologias e eventos históricos passou a acontecer de outras formas, dado o desenvolvimento industrial. A escassez dos recursos naturais, as mudanças do clima e da biodiversidade do planeta, são causas aos efeitos da humanidade e da sociedade moderna, dados os modelos de desenvolvimento atuais. Keeler e Vaidya (2018) definem os recursos naturais como “riquezas que são extraídas da natureza, como os recursos hídricos, solos, minerais, biomas, terras agrícolas, florestas, a biodiversidade das espécies”. A interação entre homem e natureza, através da exploração dos recursos naturais é algo que tem se mostrado potencialmente destruidor com a exploração dos recursos naturais.

[...] “sustentar” significa equilibrar-se, manter-se, conservar-se sempre à mesma altura, conservar-se sempre bem. Neste sentido, "sustentabilidade" é, em termos ecológicos, tudo o que a Terra faz para que um ecossistema não decaia e se arruine. Esta diligência implica que a Terra e os biomas tenham condições não apenas para conservar-se assim como são, mas também que possam prosperar, fortalecer-se e coevoluir. (BOFF, 2017)

A busca por uma sociedade mais responsável e ciente das consequências que os seus atos acarretam a toda a biodiversidade do planeta, tem se fortalecido, mas novas medidas ainda são necessárias para que no futuro, as outras gerações e todos os seres vivos possam também atender às suas necessidades de viverem com qualidade e acesso a recursos básicos. As Conferências Internacionais sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, foram e ainda tem sido importantes instrumentos para incluir a pauta do desenvolvimento sustentável nas políticas públicas dos países. No entanto, outros eventos ambientais também tiveram contribuição importante no sentido de alertar a comunidade mundial da problemática ambiental, através das mudanças climáticas em curso no Planeta. Exemplos, são o Protocolo de Montreal de 1987, que discutiu o empobrecimento da camada de ozônio, e o Protocolo de Kyoto de

1992 que estabeleceu metas para redução de emissões de Dióxido de Carbono (CO₂). (LAMBERTS, PEREIRA E DUTRA, 2014).

Camargo (2022) diz que “A civilização humana se tornou complexa, diversificada, gigantesca e tão “disfuncional” do ponto de vista socioambiental, que nos é hoje difícil perceber como poderemos reagir, coordenada e coletivamente, aos nossos problemas”. A arquitetura, porém, surgiu da necessidade humana por abrigo, e ao longo do desenvolvimento da civilização humana, a ela passou por transformações acompanhando o desenvolvimento tecnológico e social de cada sociedade. Zambrano (2008) diz que o surgimento do ambiente construído se deu a partir da interação entre homem e meio ambiente, através de um processo natural dado pela necessidade de se adaptar as condições climáticas, exemplificando a invenção da cabana primitiva.

2.1. RELAÇÃO DO HOMEM COM A NATUREZA

Há uma clara relação entre a sustentabilidade ecológica e o planeta terra, o que nos torna parte de um sistema complexo e interconectado, onde cada elemento existente causa algum impacto ao seu meio, e assim por diante (BOFF, 2017). O homem, dotado de inteligência e capacidade intelectual, sempre manteve uma relação com a natureza de extração de recursos para realização de suas atividades. Camargo (2020) fala dessa relação quando diz que os impactos do homem nos equilíbrios biológicos ocorrem desde a aparição de nossa espécie na Terra há milhões de anos, e que os seres humanos têm influenciado o ambiente natural e sido por ele influenciado. A ação da espécie humana se difere das demais, porque enquanto as modificações causadas pelos outros seres na maior parte das vezes são assimiladas pelo meio, através de mecanismos autorreguladores dos ecossistemas, as do homem provocam transformações mais desequilibradas. É possível assimilar com mais clareza essa linha de raciocínio, quando a autora cita a questão da biosfera, como o maior sistema biológico, e que mais se aproxima da autossuficiência, incluindo todos os organismos vivos da terra, em interação consigo mesmo, e com o ambiente físico, em busca de manter um equilíbrio autoajustável.

Camargo (2020) fala a respeito da relação homem-natureza, dizendo que no início da história humana, o ser humano era subjugado pela natureza, e que

o mundo natural era considerado por ele onipotente, imprevisível e indomável. Keeler e Vaidya (2018), entretanto, apresentam uma visão mais crítica quando analisam o comportamento do ser humano, atribuindo-lhe desde sempre a responsabilidade pela destruição do meio ambiente, os autores afirmam que é fácil simplificar e romantizar outros períodos, através da presunção de que já houve um equilíbrio confortável. Keeler e Vaidya (2018) reforçam essa hipótese dando indícios de que aconteceram extinções em massa de outras civilizações humanas na história, levando em consideração que o esgotamento dos recursos naturais está entre os fatores que levaram ao colapso de sociedades primitivas.

As ações antrópicas, de modo geral, sempre contribuíram para a exploração dos recursos naturais, mas obviamente que há séculos as condições de vida eram totalmente diferentes das quais a humanidade vivencia atualmente. É necessário dividir esses períodos históricos, já que durante muitos anos o homem não detinha tecnologias e desenvolvimento suficiente para explorar os recursos naturais como passou a ter ao longo dos séculos, e principalmente a partir das revoluções científicas e tecnológicas. Portanto apesar dos indícios de que o homem sempre usou dos meios naturais para o seu desenvolvimento conforme explica Camargo (2020), o aumento dos níveis de exploração fora decorrente de acontecimentos históricos pontuais e do crescimento da população mundial.

Camargo (2020) diz que os principais eventos responsáveis pela exploração massiva dos recursos e destruição da biodiversidade do planeta, foram no mundo moderno, com as sociedades ocidentais, a partir das Revoluções Científicas e Industrial. Keeler e Vaidya (2018) estabelecem a Revolução Industrial como sendo um marco quando pretende-se falar sobre conscientização ambiental, já que os efeitos destes eventos foram abaladores para as sociedades modernas. Os autores afirmam que ninguém sabe precisamente quando a Revolução Industrial começou incluindo todas as fases e manifestações regionais, mas afirmam que ela provocou a transição internacional da sociedade agrícola e agrária. Antes a sociedade baseava-se na comunidade rural em pequena escala e na economia de subsistência, passando para uma sociedade, industrializada, de ritmo muito mais rápido, dando início a uma comunidade urbana e nova, que passou a mostrar sinais de pobreza, com o empobrecimento de parte das populações desses centros, evidenciando

assim, problemas sociais. Camargo (2020) relata que o século XX marcou o despertar da conscientização dos problemas ambientais nos seres humanos.

Além do impacto causado pela Revolução industrial, o poder destrutivo da Segunda Guerra também foi fundamental para o desenvolvimento de um pensamento ecológico em meados do século passado. As consequências negativas das guerras, acarretaram num surto de crescimento acelerado em algumas partes do mundo, e no final da década de 1960 se intensificaram as discussões sobre as relações existentes entre o meio ambiente e o desenvolvimento, já que as experiências passadas através destes eventos puderam ser sentidas por grande parte da população europeia, principalmente pela dimensão territorial em que a guerra se deflagrou. Estes eventos, sem dúvidas, impulsionariam os movimentos ambientalistas que seriam embriões para os primeiros eventos internacionais, que mais tarde culminaram nos congressos e tratados internacionais sobre meio ambiente realizados pela Organização das Nações Unidas (ONU).

A consciência ambiental não surgiu somente com a eclosão desses problemas do mundo moderno, é importante ressaltar que os movimentos ambientalistas sempre existiram na história, e em lugares e épocas diferentes, mas que de alguma forma foram importantes no sentido de contribuir com a conscientização ambiental. Keeler e Vaidya (2018) retratam diversos episódios de sociedades não contemporâneas e que puderam contribuir para disseminar um pensamento ambiental. Nesse sentido, pode-se destacar as primeiras leis antipoluição em Roma e na China, a consciência de preservar o solo no Peru e na Índia, a criação de uma agência para controlar a poluição do ar em 1863 no Reino Unido ou ainda o movimento Chipko, no qual surgiu o termo, abraço da árvore, na Índia, em meados da década de 1970. Esses movimentos eram conhecidos como ambientalistas, e até então eram vistos de forma cética pelo público em geral. De qualquer maneira esses movimentos foram importantes, enquanto tentavam tornar-se parte integrante das políticas públicas referentes às questões ambientais.

A relação do homem com a natureza faz parte do estudo da ecologia que é definido, segundo Keeler e Vaidya (2018), como um novo ramo da ciência, que já fazia parte da consciência humana desde o início do século XX, postulando que o meio ambiente é um conjunto de organismos inter-relacionados. Odum

(1985) diz que a ecologia é o ramo da ciência que estuda as inter-relações, de todos os organismos vivos da Terra que interagem entre si e com o meio ambiente físico, a fim de manter-se em equilíbrio. Portanto, as ações humanas que impactam diretamente outros organismos vivos da Terra, devem buscar um equilíbrio para que se possa existir uma conduta mais responsável com todos os seres vivos que compartilham desta biosfera. Estes preceitos conceituam o que a sustentabilidade busca atingir, nas palavras de Boff (2012) “a sustentabilidade, [...] provém do âmbito da biologia e da ecologia, cuja lógica é circular e incluyente”.

As relações humanas com o meio ambiente, conforme defende Boff (2012), tornaram-se insustentáveis, e há uma justificativa bastante contundente para esta afirmação quando analisados os números fornecidos por institutos de pesquisa ambiental. Através de análises de dados fornecidos pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (2019), constata-se que desde o período pré-industrial (1850-1900) a temperatura média do ar na superfície terrestre aumentou consideravelmente mais do que a temperatura média global na superfície (terra e oceano). De 1850-1900 a 2006-2015, a temperatura média do ar da superfície terrestre aumentou 1,53°C, enquanto a temperatura média global da superfície aumentou 0,87°C. O aquecimento resultou no aumento da frequência, intensidade e duração de eventos relacionados ao calor, incluindo ondas de calor na maioria das regiões terrestres. A frequência e a intensidade das secas aumentaram em algumas regiões e houve um aumento na intensidade das fortes precipitações eventos em escala global. Roaf (2009) mostra um inconformismo em relação à forma com que a humanidade continua a lidar com a questão climática mesmo após as descobertas recentes, como os altos índices de Dióxido de Carbono (CO₂) que são emitidos para nossa atmosfera. Nesse sentido, Roaf (2009) afirma que os prédios são responsáveis por parcela significativa dessas emissões.

Segundo dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção O contexto de escassez de recursos naturais não renováveis, atrelados às mudanças climáticas, tem mobilizado todos os setores da economia a repensar e encontrar alternativas sustentáveis nos processos de produção, bem como a forma como os serviços ou produtos são ofertados. esse impacto reflete a necessidade de novos modelos de construção adequarem a esse novo cenário,

adotando a redução do consumo energia, uso adequado da água, tratamento dos resíduos sólidos, e menor utilização dos insumos naturais, sem que fique de lado o bem-estar e a qualidade de vida da população.

Em suma, a relação humana com os meios naturais, apresentou ao longo dos últimos anos danos significativos para a qualidade dos meios biológicos, e por outro lado, a preocupação com os anos que se seguirão, dados os números apresentados pelos crescentes índices de alterações nestes equilíbrios biológicos, em função do modelo desenvolvimentista da humanidade. Apesar do cenário preocupante, parte considerável da sociedade tem conseguido compreender a necessidade de mudança dos hábitos para a preservação dos ecossistemas da terra. Os países passaram a tratar ao longo do século XX as questões referentes ao meio ambiente como parte integrante de suas políticas públicas, seguidas pelo setor econômico que começou a ser estimulado através de certificações e normalizações. Foi necessário portanto, um dano significativo, a ponto de as mudanças em cursos serem sentidas pelas cidades, e impactado as diferentes espécies de seres vivos. Ao longo do século XX, os eventos internacionais que reuniram diferentes países para discussão do tema, foi o principal motivador para as novas alternativas sustentáveis que vieram à tona. Sobretudo, o setor das edificações, que passou a ser estimulado a adotar medidas mais sustentáveis para preservação dos recursos naturais, e redução do consumo energético.

2.2. DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O desenvolvimento sustentável, foi um tema que passou a ser cunhado durante o século XX até a sua definição elabora pelo Relatório de Brundtland em 1987. Uma breve retrospectiva sobre os principais eventos que durante o século XX, contribuíram para difusão da sustentabilidade, se faz necessária, para compreensão da evolução da sustentabilidade no campo das edificações. As primeiras tentativas que pretendiam pluralizar as discussões sobre sustentabilidade não conseguiram um respaldo amplo da comunidade global, segundo Keeler e Vaidya (2018) a primeira organização ambientalista internacional aconteceu no ano de 1913, a Comissão Consultora, para a Proteção Internacional da Natureza. Segundo os autores, esta comissão tinha o

objetivo de proteger as aves migratórias, e não abarcava questões mais amplas como as mudanças climáticas, mas foram importantes do ponto de vista, de iniciar discussões ambientais. Anos mais tarde surgiria o primeiro grande evento, o Clube de Roma, 1968, que seria o embrião para uma série de novos eventos internacionais que teriam importância para incorporação da sustentabilidade na política pública de outros países. O movimento ambientalista começa a repercutir numa escala global a partir desse momento.

Figura 01: Clube de Roma

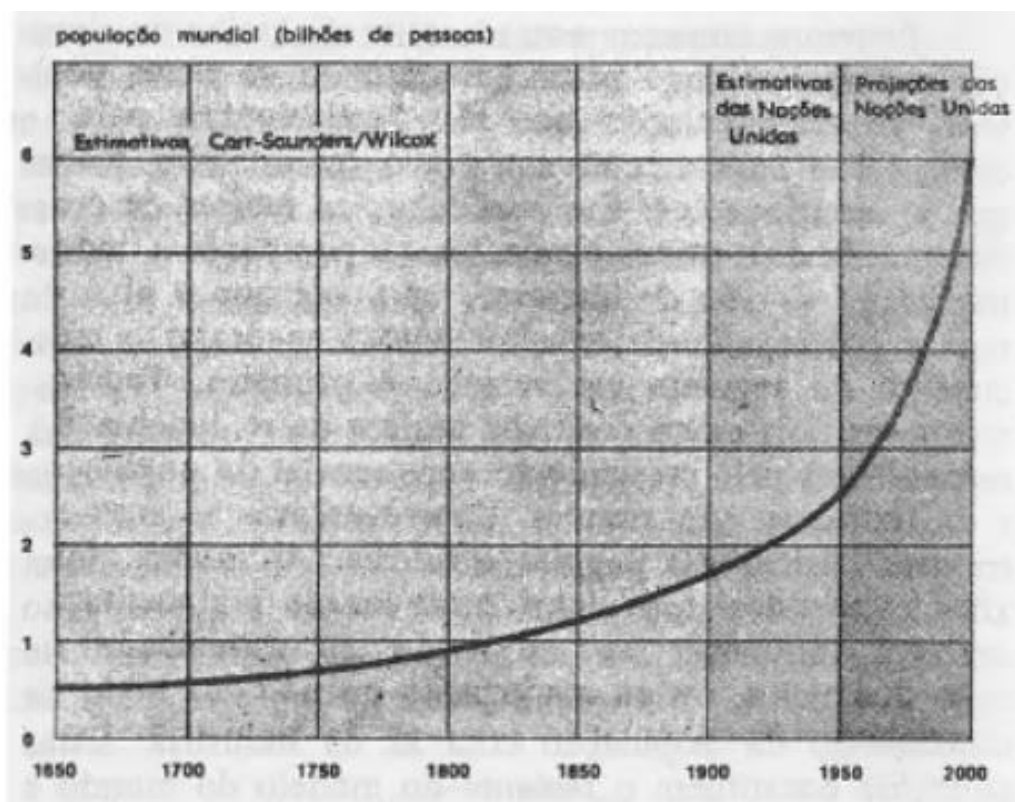


Fonte: PUC-Rio.

O Clube de Roma se tornou também uma organização não governamental internacional, focada nos problemas mundiais e que estudava ainda os meios problemas políticos, sociais, culturais, ambientais e tecnológicos de perspectiva global, multidisciplinar e de longo prazo. Nesse sentido, é possível se afirmar que o desenvolvimento das edificações sustentáveis, que é o tema central do trabalho, surgiu como pauta junto com uma série de outros aspectos sociais, dos quais os eventos internacionais tentavam incorporar a sustentabilidade. E é possível entender dessa maneira, como há uma relação entre os aspectos ambientais, econômicos e sociais. O principal documento produzido no Clube de Roma foi o relatório “Os Limites do Crescimento”, que através de sistemas de informática simularia a interação do homem e meio ambiente, levando em

consideração o aumento populacional e esgotamento dos recursos naturais. A Figura 02, mostra um dos estudos gráficos produzidos pelo relatório, que fazia projeções quantitativas sobre o futuro da humanidade.

Figura 02: Projeção da População Urbana



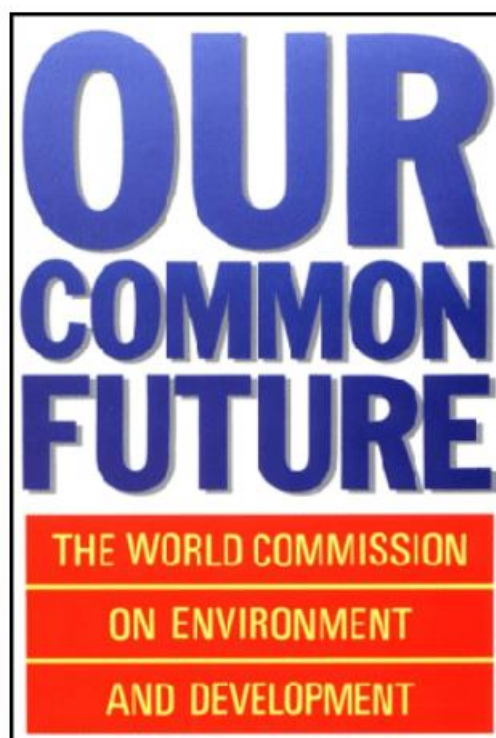
Fonte: MEADOWS, Donella et al. (1972, p. 24)

No fim dos anos 60, o cenário era caótico com o conhecimento das mudanças climáticas na ecologia dos oceanos e dos ecossistemas terrestres induzidos pela poluição (ROAF, 2020). Os eventos globais que se seguiram após o Clube de Roma, preocuparam-se em tratar de pautas específicas, cada uma delas com a sua devida importância. O primeiro congresso internacional sobre meio ambiente e desenvolvimento, a Conferência de Estocolmo, finalmente aconteceu no ano de 1972, Keeler e Vaidya (2018) afirmam que a conferência de Estocolmo, teve papel importante, por tratar de temas como direitos humanos, desenvolvimento sustentável e normas ambientais para cada país, Dado o contexto social urbano das cidades da época, a questão também seria um dos tópicos importantes que constituiriam junto com a sustentabilidade ambiental e

econômica, o tripé da sustentabilidade desenvolvida em 1990 pelo britânico John Elkington (BOFF, 2012).

A conceituação de desenvolvimento sustentável aconteceu na comissão mundial sobre o meio ambiente e desenvolvimento da ONU, através do Relatório de Brundtland de 1987, também intitulado como Nosso Futuro Comum (FIGURA XX) que fala sobre desenvolvimento sustentável o seguinte, “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atender às suas próprias necessidades.” (NOSSO FUTURO COMUM, 1991). Zambrano (2008) afirma que o relatório teve importância fundamental nas discussões sobre o ambiente construído pois as cidades apresentavam um cenário degradante. Uma parcela significativa da população mundial aumentava os centros urbanos com o crescente desenvolvimento das economias, gerando conseqüentemente problemas relacionados à moradia e dignidade humana.

Figura 03: Capa Original do Relatório, Nosso Futuro Comum



Fonte: LAGEP-UFRRJ

Ao analisar o conceito de desenvolvimento sustentável elaborado pelo Relatório de Brundtland, Boff (2017) identifica uma contradição, reconhecida

pelos primeiros analistas da época. A crítica autor se pauta na lógica do desenvolvimento capitalista, que sempre procurou maximizar os lucros a

expensas da natureza, gerando grandes desigualdades sociais por esse processo, o que ele chama também de “injustiças”, entendendo que esse desenvolvimento não conversava com a dinâmica do meio ambiente.

Camargo (2012) fala a respeito da evolução desse conceito nos tempos atuais desde o seu surgimento, de forma que se tem buscado abarcar todas as questões que relacionam o meio ambiente e desenvolvimento humano. Existe, portanto, uma necessidade de coexistência e coevolução dos seres humanos entre si e com as demais formas de vida do planeta, além da relação com aspirações coletivas de paz, liberdade, melhores condições de vida e de um meio ambiente saudável. A questão principal é que o desenvolvimento sustentável continua a ser algo desafiador, já que crescimento e sustentabilidade seguem em direções opostas. A crítica de Boff (2012), portanto, torna-se pertinente, e mostra algo paradoxal, a ideia de unir desenvolvimento à sustentabilidade.

Quando se pensa no ramo do mercado, há uma concorrência pelo monopólio, pois as empresas por essência buscam reduzir os seus custos e aumentar os lucros, tornando-se assim mais rentáveis. Consequentemente impossibilita o desenvolvimento ambiental e social em sua plenitude, criando um desequilíbrio, e contribuindo para o aumento dos níveis de pobreza, o que Boff (2012) também define como “injustiça social”. A conferência internacional sobre meio ambiente e que aconteceu na cidade do Rio de Janeiro em 1992, teve um papel importante para as discussões sobre o ambiente construído. Almeida (2002) defende que a conferência do Rio de Janeiro, foi importante para o estabelecimento de uma cooperação internacional. A Agenda 21 Brasileira foi um documento elaborado nesta conferência que estabeleceu a importância de cada país tanto em escala local quanto global, incluindo governos, empresas, organizações não-governamentais e demais setores da sociedade. Um importante ponto da Agenda 21 está na iniciativa de cooperação entre esses diferentes agentes em busca de encontrarem as melhores soluções para as questões dos problemas socioambientais, colocando-as em prática ao longo do século XXI através do desenvolvimento sustentável no planeta.

Lamberts, Pereira e Dutra (2014) destacam, dentre os diversos planos de ação elaborados posteriormente, a Agenda Habitat II, e a Agenda 21 para

construções sustentáveis. A Agenda Habitat II foi assinada na conferência das Nações Unidas de Istambul no ano de 1996. Esta agenda reuniu diferentes

chefes de estado, que tinham como objetivo endossar metas universais para garantia de moradia adequada para todos e desenvolvimento dos assentamentos humanos em um mundo de processo de urbanização. A Agenda 21 para construções sustentáveis, que também é um dos eventos destacados por Lamberts; Pereira e Dutra (2014), aconteceu no ano de 1999, e contemplou medidas para redução de impactos da edificação, através de alterações na forma como os edifícios são projetados, construídos e gerenciado. A Agenda 21 sobre Construção Sustentável Brasileira, também traz o conceito de desenvolvimento sustentável, e define como objeto de prioridade de diferentes países. Além disso, consta neste documento as metas estabelecidas para a criação de edificações mais sustentáveis através de aperfeiçoamentos e criação de novas tecnologias em países com economia mais estável, enquanto os países em desenvolvimento devem preocupar-se com as questões de igualdade social e sustentabilidade econômica.

A questão da pobreza e outros problemas estruturais dos países em desenvolvimento impede que questões urgentes como a sustentabilidade sejam prioritárias. Almeida (2002) sugere que o surgimento das primeiras organizações não governamentais (ONG's) no Brasil e no mundo tenham eclodido a partir da conferência do Rio de Janeiro, em 1992. Além disso, enfatiza a postura adotada pelas empresas, já que essas não tinham participação efetiva até esse momento, mas que passaram a entender a dimensão ambiental como necessária, mesmo que desfavorável, do ponto de vista produtivo das empresas. Boff (2012) cita que o documento intitulado como carta do Rio de Janeiro, foi um dos importantes frutos do congresso, e que estabelecia como requisito indispensável para o desenvolvimento sustentável a cooperação na tarefa de erradicar a pobreza, para que se pudesse reduzir as disparidades nos padrões de vida e atender as necessidades das maiorias.

Boff (2018) crê que o maior legado deixado por todas essas discussões ao longo dos anos desde a Conferência de Estocolmo foi um maior crescimento da consciência humana. Apesar disto, existe certo ceticismo em uma parcela significativa das pessoas, empresas e inclusive cientistas. Keeler, Vaidya (2012)

apresentam uma visão parecida, quando dizem que as discussões sobre o clima, e a expectativa de mudanças e promessas de um acordo mundial, não resultaram em mudanças reais. No entanto entendem que a partir das primeiras conferências ambientais pode-se inspirar diversas conferências climáticas adiante, e que seriam vitais para o progresso e debate também das edificações sustentáveis.

No ano de 1986 a ONU, estabeleceu os objetivos do desenvolvimento sustentável, estabelecendo 17 objetivos e 169 metas para serem atingidas até o ano de 2030, visando dessa forma, erradicar a pobreza extrema; combater a desigualdade e a injustiça e conter as mudanças climáticas.

Figura 04: 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU



Fonte:Gtagenda (2016)

O estímulo para a adoção de medidas mais sustentáveis para o setor construtivo, tem acontecido em formas de lei, incentivos e certificações ecológicas, e soma-se a isso uma construção maior do senso crítico das pessoas em relação aos problemas acarretados pelos impactos antrópicos.

3. ARQUITETURA DE BAIXO IMPACTO

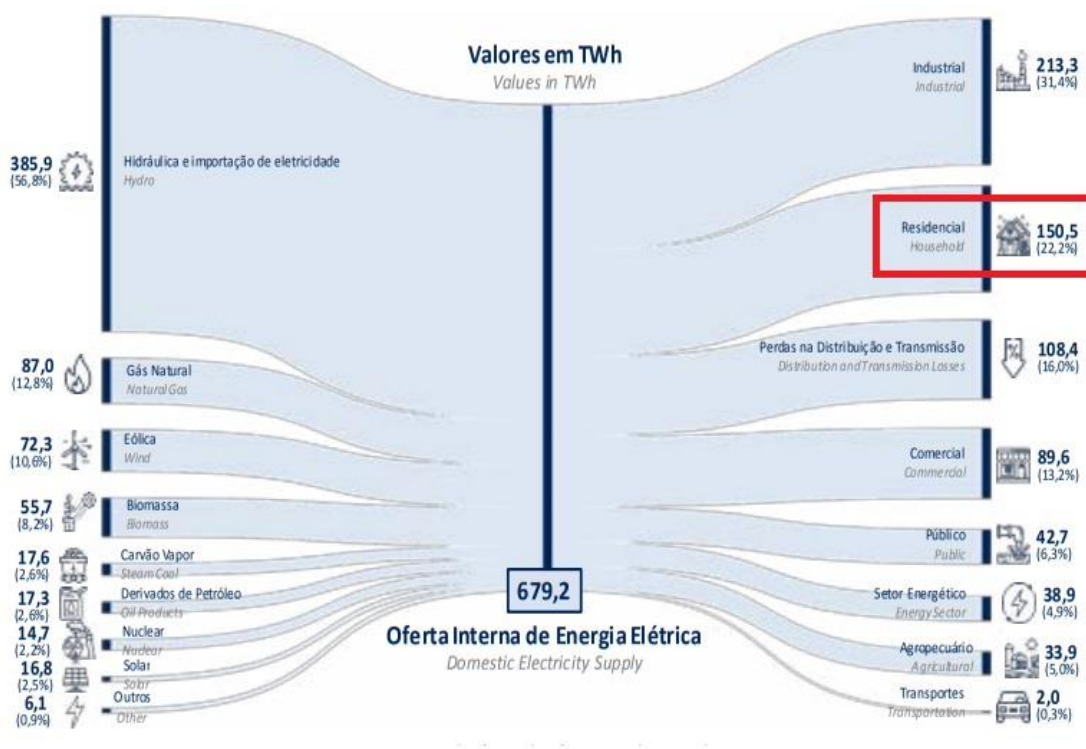
Analisando o contexto brasileiro, o consumo energético do setor residencial, segundo Lamberts, Pereira e Dutra (2014) era de 23,3 %, maior do que os setores comerciais e institucionais. Ao mesmo tempo, conforme aumenta-se o poder aquisitivo das pessoas, percebe-se também um aumento significativo na aquisição de equipamentos elétricos. Os equipamentos para climatização artificial nas residências representam gastos significativos de energia elétrica, e consequentemente maiores gastos financeiros. Na região Sudeste do Brasil por exemplo, essa parcela é ainda maior que a média nacional, em função das temperaturas mais altas. As principais demandas do usuário que carecem de energia elétrica são: aquecimento de água, iluminação, refrigeração e ar-condicionado. (LAMBERTS, PEREIRA E DUTRA, 2014).

O Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), certifica os equipamentos elétricos numa escala de “A” a “E”, em ordem crescente quanto maior for o consumo do equipamento. Através desta certificação, o consumidor pode escolher pelo equipamento mais econômico, o que já configura uma medida mais responsável em relação aos gastos energéticos. Além dessa escala de consumo energético para os equipamentos elétricos, o PROCEL também disponibiliza o Selo Procel Edificações, que tem por objetivo identificar as edificações que apresentem as melhores classificações de eficiência energética em uma dada categoria, motivando o mercado consumidor a adquirir e utilizar imóveis mais eficientes. No Brasil, a Lei de Eficiência Energética, nº 10.295 dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, que se busca atingir a eficiência dos recursos energéticos e a preservação do meio ambiente. A lei de Eficiência Energética, foi uma ferramenta importante para incentivar o desenvolvimento de pesquisas na área de energia elétrica, identificar seus impactos, e consequentemente, exigir das concessionárias programas de eficiência energética (BRASIL, 2000). A NBR 15575 (2021), discorre sobre normas de desempenho da edificação, possui em seu escopo uma seção que trata especificamente sobre adequação ambiental, esclarecendo logo no início que, “de forma geral, os empreendimentos e sua infraestrutura (arruamento, drenagem, rede de água, gás, esgoto, telefonia, energia) devem ser projetados,

construídos e mantidos de forma a minimizar as alterações no ambiente.”. Diante das várias recomendações que dispões a norma, uma das mais importantes diz respeito a exploração dos recursos naturais, que exige para a construção dos empreendimentos, a responsabilidade com a exploração e consumo racionalizado de recursos naturais, e ainda complementa a isso o seguinte, “objetivando a menor degradação ambiental, menor consumo de água, de energia e de matérias-primas[...]”. E afirma que quando possível deve-se privilegiar os materiais que causem menor impacto ambiental, desde as fases de exploração dos recursos naturais até a sua utilização.

O setor residencial, é responsável pelo consumo de 22,2% das ofertas de energia elétrica, e possui um percentual significativo quando comparado a outros setores, de acordo com o Balança Energético Nacional (Empresa de Pesquisa Energética, 2022). (Figura 05).

Figura 05: Fluxo de Energia Elétrica no Brasil



Fonte: EPE (2022). Editado pelo Autor.

A arquitetura sustentável no Brasil passa a ganhar mais visibilidade e estímulo a partir do momento em que são incorporadas algumas condutas na política brasileira que incentivam tais medidas. Os selos ecológicos são algumas

das estratégias adotadas, e que já fazem parte de diversos países, como tentativa de adequar os edifícios a parâmetros pré-estabelecidos, visando melhorar o desempenho energético, e a redução de danos ao meio ambiente.

Kibert (2020, p.43) diz, “a construção sustentável é a resposta do setor da construção as rápidas mudanças negativas no ambiente da Terra e em seus ecossistemas”, mostrando de certa forma uma conduta de responsabilidade humana que passou a existir, dado o contexto caótico em que a humanidade se encontrou ao longo do último século. Keeler e Vaidya (2018) estabelecem uma relação entre construção sustentável e mercado, para que houvesse a implementação das políticas de ação da sustentabilidade. Algo que pode ser percebido através do conceito de desenvolvimento sustentável, discutido no capítulo anterior, que mostra algumas amarras da sustentabilidade, ao modelo capitalista. Além disso, os autores dizem que a construção sustentável surgiu a partir de uma gênese rústica, e através de uma cultura com estilos de vida alternativos, no entanto defendem que os prédios sustentáveis do século XXI fazem sentido como máquinas, procurando pela autossuficiência, e alto desempenho. Mostrando uma alternativa de se habitar responsável, e não apenas um estilo de vida alternativo.

3.1. SELOS E CERTIFICAÇÕES

Keeler e Vaydia (2018), quando falam do surgimento das edificações sustentáveis dizem que uma das principais preocupações no caso dos Estados Unidos foi sobre a questão da conservação energética, que logo se tornou uma preocupação federal. Grunberg, Medeiros e Tavares (2014) falam da necessidade do setor da construção civil brasileiro se adequar as agendas de sustentabilidade, com o desenvolvimento de métodos avaliativos dos impactos ambientais das edificações. Os selos ecológicos, portanto, passam a ser importantes instrumentos para estimular a adequação das edificações aos parâmetros de sustentabilidade. Atualmente no Brasil, existem alguns selos para edifícios sustentáveis, dentre os quais, Grunberg, Medeiros e Tavares (2014) destacam o LEED for Homes, o selo AQUA, e o Selo Casa Azul. Sendo estes os mais conhecidos e utilizados no Brasil. Cada um deles é concedido ao empreendimento, ou a residência, caso solicitado, e em caso de se adequar a

uma série de critérios pré-estabelecidos pelos órgãos. O selo LEED, é uma importante certificação concedida a diversos países, segundo a GBC BRASIL (2022), o selo LEED, é um sistema internacional de certificação e orientação ambiental para edificações utilizado em mais de 160 países, e visa incentivar a transformação dos projetos, obra e operação das edificações, através de estratégias sustentáveis. Esse selo já é bastante comum no Brasil, contemplando uma série de grandes empreendimentos. Nas Figuras 06 e 07 temos o Centro de Cultura Max Feffer, em São Paulo, edifício que atingiu os objetivos para garantia desta certificação.

Figura 06: Edifício Centro de Cultura Max Feffer, SP: Cobertura de Bambu e Parede de Tijolo Ecológico.



Fonte: SustentArqui (2020)

Figura 07: Edifício Centro de Cultura Max Feffer, SP. Detalhes da Cobertura em Bambu



Fonte: SustentArqui (2020)

Algumas das soluções presentes neste projeto que contribuem para a sustentabilidade são, cobertura com estrutura de fibras vegetais de bambu e eucalipto, telhas de fibras vegetais, telhado branco para refletir a luz solar e diminuição das ilhas de calor, e presença de papelão reciclado como material construtivo. Além de alternativas, como gestão da água e eficiência energética e ganhos de iluminação natural. (Figura 08)

Figura 08: Edifício Centro de Cultura Max Feffer, SP: Estratégias de Iluminação Natural para Redução de Consumo Energético



Fonte: SustentArqui (2020)

Segundo Grunberg, Medeiros e Tavares (2014) o selo casa azul é uma classificação socioambiental de empreendimentos residenciais da Caixa Econômica Federal. Esse sistema de certificação foi criado para a realidade da construção de habitações no Brasil. A Câmara Brasileira da Indústria da Construção CBIC ressalta que os objetivos principais deste selo são: a adoção de soluções urbanísticas e arquitetônicas de qualidade, incentivo do uso racional de recursos naturais na construção, redução do custo de manutenção dos edifícios e despesas dos usuários, e por fim, possa promover o desenvolvimento social. E que as etapas para a aquisição do selo, são as seguintes: documentação, análise, certificação, execução (com acompanhamento) e conclusão (documentação final).

Dentre os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável, a GBC BRASIL (2022), diz que as construções sustentáveis podem contribuir com os seguintes objetivos: saúde e bem-estar; energia limpa e acessível; trabalho decente e crescimento econômico; indústria, inovação e infraestrutura; cidades e comunidades sustentáveis; consumo e produção responsáveis; ação contra a mudança global do clima; vida terrestre; parcerias e meios de implementação. Cada um deles, é explicado detalhadamente para que possam ser adotadas pelas

empresas e comunidade civil, onde for possível, visando o desenvolvimento sustentável.

Pensando numa habitação de baixo impacto, é importante que os equipamentos e sistemas operacionais da casa se façam também sustentáveis, buscando tornar a edificação, quanto mais puder, autônoma, no sentido de reduzir a dependência das companhias de água e energia municipais. Para a incorporação da sustentabilidade no ambiente construído há de se considerar todas as etapas do projeto, a fim de reduzir os impactos ao meio ambiente, e diminuir os gastos energéticos, sem que isso comprometa o conforto humano, ou o funcionamento de algum sistema operacional da casa, como: geração de energia e aquecimento de água. Incorporar ao projeto um ciclo de vida da edificação sustentável, portanto, é uma estratégia coerente que a arquitetura sustentável traz para o gerenciamento do projeto do ambiente construído, desde o projeto da edificação, passando pela etapa de operação, até a demolição. Keeler e Vaidya (2018) definem avaliação ambientalmente correta do ciclo de vida da edificação da seguinte maneira:

Uma maneira holística e abrangente de avaliar o impacto ambiental total de um material, edificação, sistema ou instalação ao longo de seu ciclo de vida, desde a extração das matérias-primas até o descarte, reciclagem ou desmontagem e reuso, passando pelas etapas de manufatura, empacotamento, transporte, operação, limpeza, conserto e manutenção. Seu objetivo, em outras palavras, é produzir o “eco perfil” de um material de construção, produto, conjunto. (KEELER e VAIDYA, 2018, p. 318)

Zambrano (2008) diz que com o entendimento de que os impactos ambientais causados por todo ciclo de vida da edificação, passou-se a ter consciência de que a edificação não se relaciona unicamente com o seu entorno imediato. Continua dizendo que, esses impactos atuam em diferentes escalas: local, regional e global, respectivamente, a escala local diz respeito aos impactos diretos ao sítio e entorno, regional quando contribui para o esgotamento de recursos e poluição, e a escala global que seria contribuição para o aquecimento solar e mudanças climáticas. No caso das edificações, as fases pelas quais passa, (Figura 09) se configuram em construção, operação e demolição. A fase

de operação gera a longo prazo mais gastos e impactos ambientais, no entanto, um projeto sustentável, tem que assimilar a sustentabilidade, nas diferentes etapas pelas quais passa uma edificação, para que se torne coerente. Kibert (2020) afirma que as ameaças das mudanças climáticas devem ser abordadas no ciclo de vida da edificação, isso porque a energia gasta na construção é significativa, e segundo ele chega a quase 20% do total do ciclo de energia da edificação.

O setor da construção civil, responsável pelo processo de extração de recursos (matérias primas), manufatura, e transporte dos mesmos, emprega neste processo, uma quantidade significativa de energia, e por conseguinte, geração significativa de resíduos.

Figura 09: Ciclos de Vida: Extração, Manufatura, Transporte, Distribuição, Uso/Operação, Reciclagem ou Desmonte.



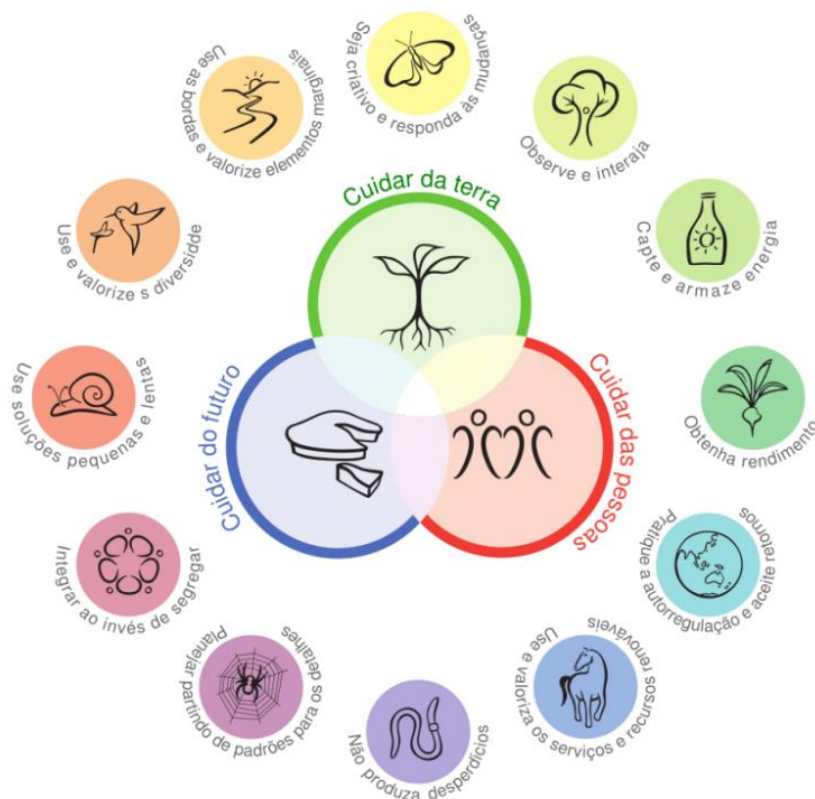
Fonte: Cultura Mix (2013)

O processo de operação das habitações residenciais, são complexos por serem sistemas permanentes e cotidianos, devendo assim, serem eficientes

para oferecer conforto ao usuário. É necessário que se leve em consideração aspectos construtivos como as características dos materiais empregados no envoltório da casa, para saber se serão eficientes para atender ao conforto dos usuários, quando submetidas a condições climáticas mais extremas. Assim como é pertinente para não fugir a proposta da habitação de baixo impacto, analisar os materiais empregados a partir da energia incorporada para o seu processo de fabricação. Roaf (2009) explica este conceito, quando esclarece que o número de processos pelos quais o material passa, o torna mais nocivo, ou seja, quanto maior o número de processos, maior também é a energia incorporada, e conseqüentemente, o número de resíduos associados. Nesse sentido, é necessário um conhecimento prévio a respeito do processo de fabricação do material, além, obviamente, de saber como o material se comporta, dado o contexto em que é inserido. A escolha correta da forma construtiva e dos materiais é sobretudo importante, para que se torne possível demolir o edifício, se assim se fizer necessário, para que o desmonte seja feito de maneira facilitada, pensando no descarte, ou sempre quando for possível, reaproveitamento dos materiais.

É possível citar alguns bons exemplos da arquitetura bioclimática, em diferentes lugares pelo mundo, e sujeitos a climas distintos. Na Austrália, na década de 1970, Bill Mollison e David Holmgren desenvolveram o conceito de Permacultura, Mollison (1991) explica a Permacultura, como um sistema de design que busca criar ambientes humanos sustentáveis, a partir da interação entre plantas, animais, edificações e infraestrutura (água, energia e comunicações), visando a criação de sistemas ecologicamente corretos e economicamente viáveis. Na Figura 10, é possível visualizar o conceito da chamada ética permacultural, desenvolvida pelos seus idealizadores, que parte de três princípios básicos: o cuidado com terra, cuidado com as pessoas e contribuição com excedente.

Figura 10: Princípios de Planejamento da Permacultura



Fonte: UFSC Permacultura (2022)

Mollison (1991) defende a ideia de que a casa eficiente deve ser baseada em energias naturais (sol, vento, chuva), que entram nos sistemas, na vegetação e nas práticas construtivas, Mollison (1991) preocupa-se em explicar a Permacultura como uma conduta humana responsável perante os seres vivos e recursos da terra, e amplia este conceito além da arquitetura, na tentativa de buscar um equilíbrio entre homem e natureza em todas as esferas possíveis. A maior contribuição da Permacultura para a arquitetura, entretanto, é o entendimento do ambiente físico onde o edifício se situa, para que assim possa-se extrair o melhor desempenho energético da edificação. Mollison (1991) entende que não basta substituir o uso dos combustíveis fósseis por renováveis, o autor realça que é necessário também reavaliar os níveis de consumo, reduzir para produtos ou serviços que durem mais tempo e repensar a utilidade de cada coisa antes de consumir. Mostrando-se assim mais que uma alternativa de projeto, e possibilitando uma nova forma de pensamento, que contribui com a sustentabilidade nas mais diversas escalas.

3.2. ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

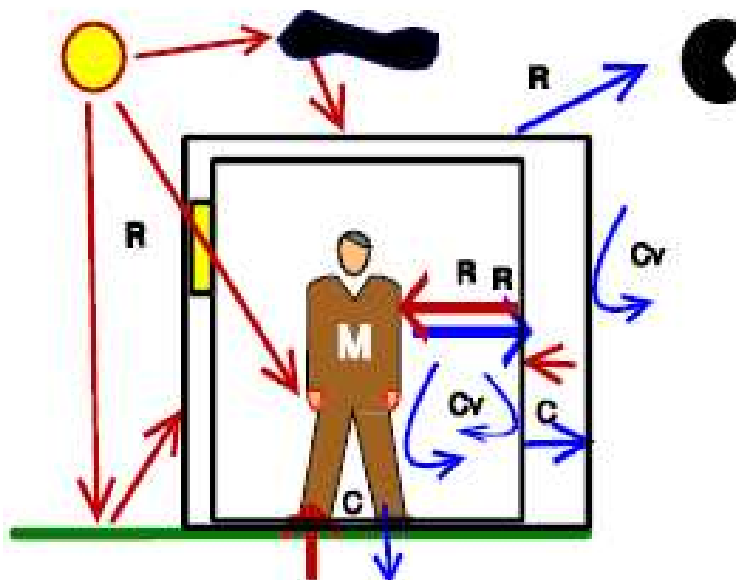
A arquitetura bioclimática é uma forma de se pensar e projetar ambientes sustentáveis, potencializando as características climáticas e geográficas do local de implantação do edifício para responder às demandas da edificação. Os primeiros pesquisadores a tratarem da arquitetura bioclimática foram os irmãos Olgay, que definiram o projeto bioclimático como a aplicação da bioclimatologia no projeto arquitetônico. Neves (2006) destaca que para os irmãos Olgay era importante expressar a arquitetura que busca satisfazer as exigências de conforto através de técnicas e materiais disponíveis, de acordo com as condições climáticas do lugar. De maneira que o ambiente construído se adeque também ao contexto sociocultural. Neves (2006) atenta da importância de se pensar arquitetura sob os aspectos do conforto térmico, acústico, luminoso e redução ao máximo dos sistemas mecânicos, para cumprir com este objetivo. Para Zambrano (2008) a arquitetura bioclimática, estabelece uma relação do ambiente construído com o clima e microclima que a rodeiam, considerando além dos aspectos climáticos do local ou cidade, outros fatores que influenciam diretamente o comportamento da edificação, como os ventos dominantes do local, o fator topográfico, e barreiras vegetais. O conceito de arquitetura bioclimática engloba uma série de valores relacionados à redução de impactos ambientais, conservação de energia e obtenção de conforto ambiental no projeto construído. Seu estudo e aplicação visam maior inserção da arquitetura no clima e contexto locais. Importantes estratégias projetuais relacionadas à questão consistem no aproveitamento dos recursos naturais e condicionantes do clima local para melhor integrar o edifício ao entorno e na obtenção de conforto através do uso de sistemas passivos de condicionamento. A primeira demanda que deve ser alcançada no projeto de arquitetura é propiciar espaços que gerem a sensação de conforto ao usuário.

Para que um projeto tenha condições plenas de conforto é preciso que o tripé formado por conforto térmico, luminoso e acústico esteja bem resolvido na concepção da proposta. Quando nos preocupamos com as condições acústicas externas e internas do edifício projetado é porque sabemos que dependendo do uso que será dado à edificação ela poderá ser fonte de ruído para o entorno ou

ficar fragilizada por sua interferência. (KRAUSE ET AL. 2005, p. 34)

A arquitetura deve buscar atender as necessidades térmicas humanas, já que o corpo estabelece trocas de calor com o meio através do processo de metabolismo, Krause et al. (2005, p.8) explicam que, “O homem é o que chamamos um animal homeotérmico, ou seja, sua energia vital é conseguida através de fenômenos térmicos em um processo chamado metabolismo.” Dito isto, sempre que o organismo precisa trabalhar muito para manter o equilíbrio térmico acontece a fadiga. Obviamente esse é um extremo que pretende esclarecer as limitações humanas quando as condições climáticas não são favoráveis, mas de qualquer forma a sensação de frio ou calor é suficiente para tornar incômoda a experiência humana no ambiente edificado. Frota e Schiffer (2001) apontam que o indivíduo sente a sensação de conforto térmico quando perde para o ambiente o calor produzido pelo seu metabolismo e compatível com a sua atividade, sem que haja qualquer mecanismo de termorregulação. E, portanto, a sensação de desconforto contribui para um maior gasto de energia do organismo humano. Krause et al. (2005) explicam os conceitos envolvidos entre as trocas térmicas, primeiro a partir das trocas por radiação (R), que podem se dar entre o sol e a construção, a abóbada celeste e a construção, ou os corpos e as paredes, e entre as paredes. Depois as trocas por condução (C), contato entre o corpo e toda superfície em que ele toca, através das paredes. E por fim as trocas por convecção (Cv), entre o corpo e o ar que está em seu contato direto, entre o ar e as paredes (externa e internamente). Figura 11

Figura 11: Principais trocas de calor entre o homem e a construção.



Fonte: Krause et al (2005, p. 12)

A iluminação natural, por sua vez ajuda o ser humano a se manter alerta, saudável e motivado, porque se adequa melhor a visão dos olhos humanos, e oferece maior conforto, além de ajudar a regular o relógio biológico. (GONÇALVES, 2018). A respeito das fontes luminosas, como se sabe, há duas fontes: a natural que é proveniente do sol e as artificiais, através de lâmpadas. Krause et al. (2005) falam das qualidades de se optar pela luz natural, dado o seu espectro, que fornece uma gama de cores do espectro visível, e que além disso, “é considerada psicologicamente mais atraente, quebrando, ao longo do dia a monotonia, devido às suas mudanças sutis.”. (KRAUSE ET AL. 2005, p. 27). A última necessidade humana que deve ser atendida para um projeto com qualidade em conforto ambiental é o conforto acústico. Segundo Gonçalves (2018) o conforto acústico deve propiciar o ser humano a desenvolver suas tarefas sem ser distraído por ruídos, tanto externos como internos. Krause et al. (2005) dizem que a redução da entrada de ruídos na edificação pode ser evitada utilizando maiores afastamentos, a fim de bloquear tal ruído, e que além disso, podem ser explorados desníveis que existam no terreno ou mesmo a criação de barreiras. A Figura 12, exemplifica a forma construtiva dos teatros gregos que eram construídos ao ar livre, e tiravam proveito de uma série de características, como a direção do mar ou das montanhas, aproveitando-se da topografia das

colinas para a sua construção, dessa forma criando um espaço em forma de meia lua que atendia as necessidades cenográficas para o teatro grego.

Figura 12: Teatro Grego



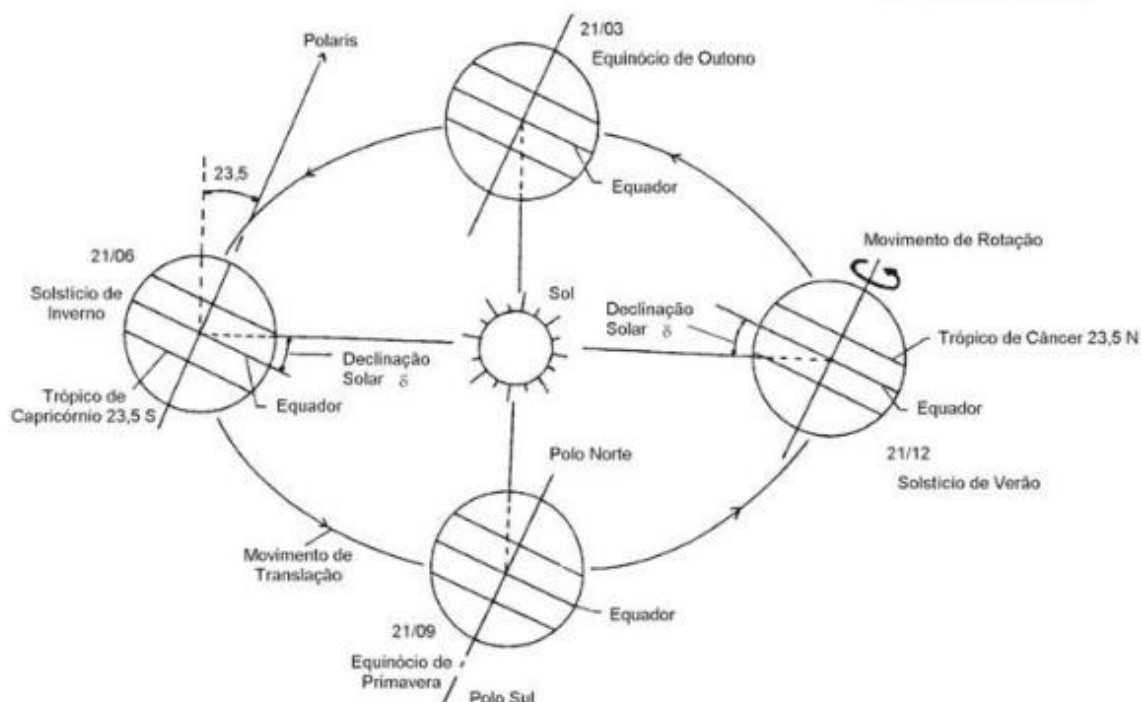
Fonte: Revista Projeto (2020)

Lamberts, Pereira e Dutra (2014) afirmam a importância de se ater às questões do microclima, que são formados a partir da influência de variáveis como a topografia, vegetação, tipo de solo e presença de obstáculos naturais ou artificiais que irão alterar as condições locais de clima sabidas previamente. Frota e Schiffer (2001) quando analisam a questão do clima, afirmam que há necessidade de um estudo sobre as questões locais do entorno, a começar pela planta de relevo, para verificar as mudanças ocasionadas por topografia, cobertura vegetal, densidade urbana etc. Assim como a observação das montanhas, e construções vizinhas que podem esconder a radiação solar direta, refletir os raios de sol, intervir e modificar o sentido ou a velocidade dos ventos dominantes. A permacultura, mostra ensinamentos importantes sobre o bom planejamento do projeto para o local proposto, analisando o clima e o microclima buscando tirar proveito da forma com que o terreno se apresenta através de observação minuciosa do sítio Molison (1991) fala a respeito da permacultura

dizendo que, o planejamento do design é a coisa mais importante, e que deve ser feita criteriosamente, para economia de tempo, dinheiro e trabalho, identificando os dados de vento, chuva, enchente, fogo, e listagem de espécies da área. Coch (1998) define fatores que afetam o clima de uma região, em primários: latitude e continentalidade, e os secundários: altitude, relevo topográfico, vegetação e ação humana. Esses aspectos vão moldando a climatologia local, e para cada condição, há estratégias corretas que deverão ser tomadas no ato do projeto. Frota e Schiffer (2001) quando discorrem sobre a adequação da arquitetura ao clima, afirmam que os dados climáticos mais significativos são os relativos às variações diárias e anuais, da temperatura do ar, os índices médios de umidade relativa e precipitações atmosféricas, e quando for possível se obter dados referentes a quantidade de radiação solar também pode ser importante.

Um primeiro entendimento importante é sobre a trajetória do sol, já que em cada estação do ano, o trajeto pelo qual os raios solares percorrem a superfície terrestre, muda, criando diferentes angulações. Frota e Schiffer (2001) atentam sobre a importância do entendimento dessas noções básicas da geometria solar, e os ângulos de incidência solares, em função da latitude, hora e época do ano (Figura 13) A habitação, portanto, deve ter suas estratégias bem calculadas, para adequar-se a cada uma dessas situações climáticas. Lamberts, Pereira e Dutra (2014) assumem essa influência direta que o sol tem diante do comportamento da edificação, e defendem que o entendimento do conceito de solstícios e equinócios é fundamental, já que eles influenciam no posicionamento do sol na abóbada celeste. Estes conceitos são importantes porque as suas posições são decorrentes da aproximação ou afastamento da incidência solar na região do globo em relação a linha do equador, e, portanto, influenciam na angulação dos raios solares, e na duração dos dias. Os movimentos de rotação e translação são responsáveis por essa diferenciação posicional da terra em relação ao sol. A rotação é o movimento que o globo terrestre faz ao redor do seu eixo norte-sul, e que origina o dia e a noite, translação é o movimento elíptico que a terra realiza em torno do sol. (LAMBERTS, GHISI e PAPST, 2000).

Figura 13: Influência Solar no Glóbulo Terrestre.



Fonte: Nucleoats (2019)

A questão do vento também tem uma importância significativa como um agente capaz de gerar diferentes sensações térmicas ao usuário e condições distintas ao ambiente. Segundo Krause et al. (2005) a ventilação produz renovação do ar interno e é importante para a higienização do ambiente, no inverno e no verão, e para o conforto térmico no verão, pensando nas condições do hemisfério sul, propriamente do Brasil. Além disso é uma estratégia fundamental para a refrigeração passiva de edificações em regiões de clima quente, que passaram a adotar sistemas de climatização artificial devido a projetos mal elaborados. Frota e Schiffer (2001) explicam a ventilação natural dizendo que ela é fruto do deslocamento de ar através do edifício, de aberturas, umas funcionando como entrada e outras como saída. Nesse sentido é importante dimensionar as aberturas de forma correta para proporcionar um fluxo de ar adequado ao recinto. Nesse sentido, existem uma série de fatores que influenciam o comportamento dos ventos. Frota e Schiffer (2001) dizem que o ar que entra ou sai do edifício depende da diferença de pressão do ar entre os ambientes internos e externos, da resistência ao fluxo de ar oferecida pelas

aberturas, pelas obstruções internas e de uma série de implicações relativas à incidência do vento e forma do edifício.

A força dos ventos promove a movimentação do ar através do ambiente, produzindo a ventilação denominada ação dos ventos. O efeito da diferença de densidade provoca o chamado efeito chaminé. (Figura 14) Assim, a ventilação natural de edifícios se faz através desses dois mecanismos: 1 ventilação por ação dos ventos; 2 ventilações por efeito chaminé (FROTA E SCHIFFER, 2001)

Figura 14: Efeito Chaminé - Vila Taguay



Fonte: Archidaily

A Vila Taguay, mostrada na Figura XX, foi pensada para trabalhar conforme os princípios do efeito chaminé, fazendo com que o ar quente seja colocado para fora a partir do fluxo de ar entre o primeiro pavimento para o segundo, culminando assim para a saída através das grandes aberturas. Outra estratégia comumente usada, a ventilação cruzada, Frota e Schiffer (2001) explicam que para ocorrência da ventilação cruzada na edificação, o partido arquitetônico deve prever construções alongadas no sentido perpendicular ao vento dominante. Na Figura 15, é possível compreender essa estratégia.

Figura XX: Ventilação Cruzada - Casa Cavalcanti



Fonte: Archidaily Bloco Arquitetos, Joana França

É possível que se adote outros partidos arquitetônicos como estratégias de se atingir o objetivo proposto para tal projeto, outros meios de se atingir o conforto ambiental por estratégias eficientes de ventilação pode ser a utilização de fontes de água, que contribuem para o resfriamento do ar, assim como árvores e áreas verdes, que também contribuem nesse sentido. Na Figura 16, os elementos vazados na parede da edificação, foram as alternativas adotadas para usar a ventilação natural, no interior do edifício.

Figura 16: Casa B + B/Studio MK27



Fonte: Archidaily, Fernando Guerra.

É relevante destacar que a renovação do ar é importante não só para criar um ambiente confortável, mas também para a diluição da concentração de gás carbônico, desconcentração de odores corporais, que podem causar náuseas, dores de cabeça e mal-estar (FROTA E SCHIFFER, 2001). Lamberts, Pereira e Dutra (2014) afirmam que o movimento do ar sofre influência dos meios em que atua, como a rugosidade na superfície terrestre, além disso acrescentam que o fato altitude influencia diretamente na velocidade dos ventos, quanto maior a altura maior a velocidade. Dá mesma forma, os obstáculos contribuem para a diminuição dessa velocidade.

Além dos conceitos apresentados acerca dos meios que condicionam a sensação de conforto ao ser humano, assim como as estratégias de projeto, também são incorporadas as estratégias bioclimáticas alternativas sobre os materiais construtivos locais, e de baixo impacto aplicados ao ambiente construído. Nesse sentido, alguns arquitetos brasileiros, realizaram trabalhos importantes, para valorização das características climáticas locais, pensando em adequar a arquitetura a este meio. Estabelecendo uma conduta coerente não só do ponto de vista da sustentabilidade nos ambientes construídos, mas também

como uma tentativa de fuga ao processo expansivo da arquitetura moderna, que apesar das suas contribuições inquestionáveis, separou as estratégias bioclimáticas aos ofícios do arquiteto. O arquiteto Severiano Mário Porto foi um dos arquitetos brasileiros crítico ao movimento moderno, e que teve uma série de projetos que se adequaram ao local, na cidade de Manaus – AM, (Figura 17) ao pensar a arquitetura sob a ótica das características locais, alternativa conhecida também como, regionalismo crítico. (NEVES, 2006)

Figura 17: Centro de Proteção Ambiental de Balbina, 1988.



Fonte: Proarq FAU-UFRJ (2016)

O regionalismo crítico por sua vez, é uma corrente de pensamento que resiste a arquitetura plástica do modernismo e a ornamentação gratuita do pós-modernismo. Frampton, autor idealizador deste conceito, fala sobre o regionalismo crítico, o seguinte: “[...] tende a florescer naqueles interstícios culturais que, de um modo ou de outro, são capazes de fugir ao cerco da

investida otimizadora da civilização universal.” (FRAMPTON, 1997, p. 397) No entanto Frampton, afirma que o pensamento do regionalismo crítico, não pretende ser como o vernáculo, que será retratado mais adiante.

[...] O termo regionalismo crítico não pretende denotar o vernáculo do modo este foi, outrora, produzindo espontaneamente pela interação combinada de clima, cultura, mito e artesanato, mas antes pretende identificar as "escolas" regionais recentes, cujo objetivo principal tem sido refletir os limitados elementos construtivos nos quais se basearam a servir a eles. (FRAMPTON, 1997, p. 381)

O objetivo de abordar este conceito é meramente consequência do baixo impacto que costuma produzir ao seu meio, onde podem ser revistas uma série de obras de arquitetos, onde enumera-se métodos construtivos e materiais naturais, capazes de proporcionar uma arquitetura de qualidade com baixo impacto ambiental. (Figuras 18 e 19).

Figura 18: Säynätsalo Town Hall



Fonte: Archidaily (2021), por Fernanda Castro.

Figura 19: Pré-Escola Bioclimática.



Fonte: Archidaly (2021)

Através das Figuras listadas acima, pode-se perceber técnicas que adequem a arquitetura as características locais em que se inserem. Assim como pode-se identificar similaridades com o baixo impacto causado pela arquitetura vernacular, também conhecida como arquitetura popular.

3.3. SUSTENTABILIDADE NA ARQUITETURA POPULAR

A arquitetura vernacular, segundo Fernandes (2015), refere-se as construções que se aproximam as condições dos locais onde se encontram inseridas, tendo como base os fatores climáticos, materiais, econômicos, culturais e etc. Essa denominação é comumente usada no contexto arquitetônico brasileiro, no entanto, Weimer (2012) diz que apesar do termo ser utilizado para designar línguas ou costumes de país ou região, o termo “vernáculo” significa:

no seu sentido figurado significa uma linguagem correta, sem estrangeirismos, de sintaxe perfeita; em resumo, uma linguagem castiça, em outro sentido, o etimológico, significa escravo, bobo, patife e velhaco.

Portanto, o qualitativo está sempre mal-empregado quando aplicado à arquitetura. (WEIMER, 2012, p. XL)

O autor, portanto, defende o uso do termo “popular” dizendo que é aquilo que se é próprio das camadas intermediárias da população, e exclui a arquitetura realizada pelas elites, designada como arquitetura erudita. As características da arquitetura brasileira, antes da influência europeia, baseavam-se em técnicas simples, com a utilização de materiais naturais, e de baixo impacto. Muitas dessas características se deram a partir dos modos de vida genuínos das culturas indígenas e africanas, (Figura 20 e 21) que constituíram junto com cultura europeia portuguesa as bases da formação étnica brasileira.

Figura 20: Tipologia da Arquitetura dos Africanos: O Povo dos Bantos



Fonte: Istockphoto (2021)

Figura 21: Modelo de Habitação Indígena, Índios Kaxinawás do Purus



Fonte: LIMA (2010, p. 191)

Nesse sentido, por possuir dimensões continentais, o Brasil apresenta características climáticas diversas, e desde as primeiras ocupações do território, exigiu aos povos que criassem meios e técnicas construtivas para se adaptarem as condições climáticas.

Figura 22: Arquitetura popular brasileira: Adequação das casas Palafitas.



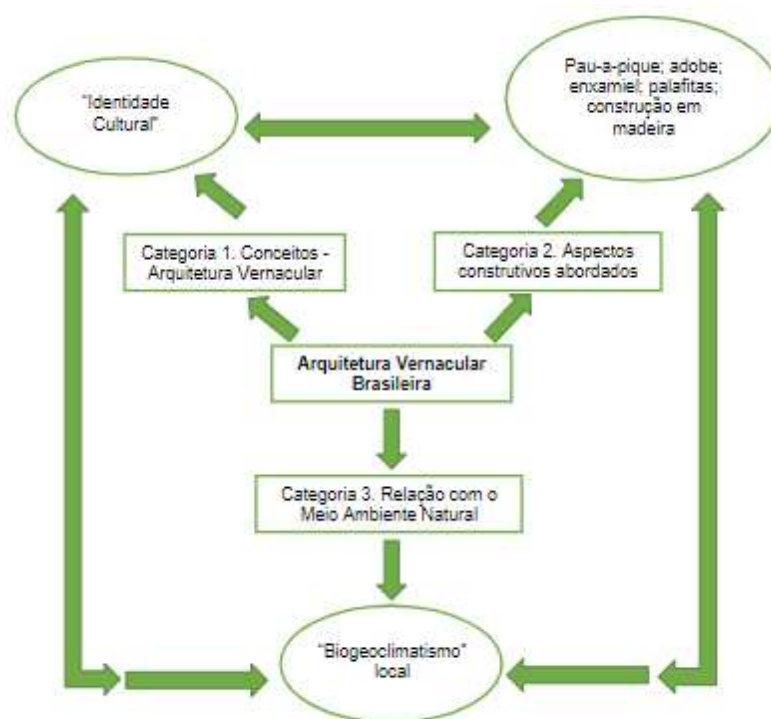
Fonte: Santos e Costas (2017, p. 247)

Durante algum tempo, tentou-se criar a imagem de que a arquitetura colonial seria a principal corrente arquitetônica brasileira, buscando-se criar uma identidade para a arquitetura nacional, neste caso a de origem erudita, que conhecemos hoje pela influência europeia portuguesa. A arquitetura erudita, foi dominada pelas recentes conquistas tecnológicas de sua época, e conseqüentemente implicaram o emprego de materiais sofisticados. Essa influência, muito tem a ver com o afastamento da arquitetura a uma forma construtiva mais ecológica que existiu em outros momentos, com a adoção de novas soluções arquitetônicas que nem sempre eram as mais apropriadas ao lugar e a comunidade local. Com o surgimento do estilo internacional no início do século XX, que revolucionou mundialmente os conceitos da arquitetura através do movimento modernista, as habitações eram vistas como máquinas de morar, termo que denota um lado funcionalista e refém de novas tecnologias construtivas surgidas na época. A forma de se produzir arquitetura no Brasil e no mundo, até o século XX, levava em consideração atributos básicos do arquiteto que passaram a ser deixados de lado, dando lugar a estratégias incorporadas pelo modernismo, capazes de fornecer estratégias artificiais para lidar com as questões do clima. Segundo Silva e Sirgado (2015) essa reprodução acrítica de modelos importados de outras regiões gerava situações em que o edifício poderia se comportar pior que o próprio clima, já que as condições ambientais em seu interior poderiam ser mais adversas do que as verificadas no exterior.

A arquitetura moderna, inegavelmente foi inovadora, um exemplo são as contribuições dadas pelo arquiteto francês Le Corbusier e seus cinco pontos da arquitetura, revolucionando a maneira de se pensa e produzir arquitetura. O grande problema do modernismo foi predominância a questões muito práticas como a funcionalidade, e em muitos casos esquecendo as necessidades do usuário no que se refere ao conforto e bem-estar. Para que a arquitetura moderna pudesse existir, novas tecnologias foram incorporadas ao edifício para melhor climatização como o ar-condicionado, tornando as edificações menos sustentáveis. Lamberts, Dutra e Pereira (2014) argumentam que os projetistas nesse momento passaram a ter maior comodidade no ato de projetar, já que muitas vezes ignoravam a adequação do edifício ao clima, utilizando de sistemas de iluminação e de climatização artificial.

Silva e Sirgado (2015) referem-se à arquitetura vernacular, como um saber resultante da experiência acumulada ao longo de séculos e transmitido ao longo de gerações, que representa o bom aproveitamento dos recursos locais para satisfação das necessidades comuns a uma comunidade, e que está adequadamente adaptada ao clima do lugar. Por esse motivo, a arquitetura popular possui uma relação com materiais fornecidos pelo ambiente natural local. Weimer (2012) diz que a arquitetura popular possui essa ligação estreita com a natureza, em virtude das limitações econômicas às quais está sujeita. Na Figura 23, apresentam a relação existente entre a arquitetura vernacular brasileira com os aspectos de identidade cultural, técnicas construtivas e relação com o meio ambiente.

Figura 23: Contexto da arquitetura vernacular no Brasil



Fonte: Santos e Costas (2017, p. 235)

Nesse sentido, Silva e Sirgado (2015) destacam que é importante entender que nem todas as estratégias vernaculares devem, ou podem ser empregadas atualmente, já que em determinados casos não conseguiriam alcançar os níveis atuais de exigência em termos funcionais e de salubridade.

Por este motivo, é pertinente esclarecer que não se pretende afirmar que os métodos construtivos e as tipologias vernaculares existentes seriam suficientes para resolver os desafios que envolvem o projeto de uma habitação, mas sim, apontar que existe uma possibilidade de se construir a partir de princípios herdados dessa arquitetura. Isso se dá, com o emprego de técnicas construtivas menos agressivas e estratégias bioclimáticas, mas principalmente entendendo que se pode construir e habitar, de maneira cômoda e adequada sem causar grandes impactos ao meio ambiente natural. A arquitetura popular brasileira traz em sua essência a complexidade de construir em climas diversos e por vezes extremos, tendo além da adaptabilidade características relativas à criatividade (Figura 24). Assim como a simplicidade, através da utilização de materiais fornecidos pelo meio ambiente.

Figura 24: Técnica de parede de adobe, com cascos de ardósia



Fonte: Santos e Costas (2017, p. 249)

Há ainda, uma característica marcante na arquitetura vernacular que é a identidade cultural, Santos e Costa (2017) dizem que essa identidade é expressa por meio de tipologias construtivas desenvolvidas em função do que meio

ambiente natural proporciona, em relação a condições geográficas, climáticas, da biodiversidade, disponibilidade e abundância de materiais. Ou seja, o contexto climático possui uma influência direta na estrutura cultural de determinado povo.

4. ALTERNATIVAS CONSTRUTIVAS E ENERGIAS

As técnicas construtivas passíveis de serem adotadas na preposição de um projeto para habitação sustentável, quando analisando o contexto brasileiro, e as características herdadas pela arquitetura popular, naturalmente são as naturais, devido ao seu baixo impacto. Diante disso, alguns dos elementos naturais

Os sistemas operacionais da casa, são aqueles necessários para que os usuários possam desenvolver as suas necessidades básicas cotidianas, assim como o processo construtivo, que consiste na fabricação e transporte dos materiais, a etapa de operação, busca adotar estratégias inteligentes, e que satisfaçam as necessidades com excelência quando comparadas a sistemas comumente utilizados nas habitações convencionais. Através de um estudo teórico aprofundado, é possível verificar uma série de alternativas passivas propostas para as habitações sustentáveis, os dois principais elementos naturais que fornecem insumos para a realização das atividades humanas, e que podem ser mais facilmente explorados são águas pluviais e energia solar.

Um projeto com princípios sustentáveis, no entanto, busca reduzir em todas as suas esferas os gastos energéticos e geração de resíduos, levando à risca um ciclo de vida da edificação responsável em todas as esferas possíveis. Nesse sentido é necessário levar em consideração, aspectos como gestão de águas negras, também chamadas de esgoto residencial. Alternativas para tratamento de esgoto residencial são totalmente plausíveis, porém não se pretende aqui, investigar o conceito de habitação sustentável, nesse nível de abordagem, até porque a adoção destas estratégias depende de fatores como área necessária para instalação do sistema. Os elementos construtivos, e estratégias operacionais focadas no ambiente construído são a ênfase principal proposta pela pesquisa.

4.1. USO DE MATERIAIS NATURAIS

Segundo Weimer (2012) a arquitetura popular brasileira possui um gama de soluções construtivas, com uso de diversos materiais naturais para o seu

desenvolvimento. O autor destaca como primeiro elemento presente no contexto das habitações brasileira, o uso da terra.

As casas brasileiras construídas com terra, já possuem a vantagem de serem compostas por um material construtivo natural, além de possuírem alta eficiência térmica. Minke (2006) afirma que a terra tem a capacidade de absorver e liberar umidade rapidamente, e em maior quantidade comparada a outros materiais de construção, dessa forma permite um ambiente interno da edificação mais controlado. São os casos existentes na arquitetura popular, como a taipa de mão, taipa de pilão, tijolo de adobe, e diversas técnicas de vedação, com base de terra crua, misturada com outros componentes naturais, e que não passam por qualquer processo químico com potencial de geração de resíduos ou qualquer poluente. O tijolo cerâmico, que é um material construtivo convencional, embora tenha a terra como matéria prima para sua constituição apresenta-se no setor construtivo como um material muito utilizado, porém não sustentável, essa tecnologia possui a terra como uma matéria prima, porém, em seu processo de fabricação passa pela fase de queima nas olarias, além de as industriais possuírem métodos mecanizados e de grande escala, tornando esse material ainda mais agressivo. Nesse contexto o tijolo ecológico apresenta-se como uma alternativa de baixo impacto e que satisfaz as necessidade do usuário por conforto.

A terra é, portanto, um elemento natural que merece destaque, já que além de ser um símbolo da arquitetura popular brasileira, em termos energéticos, ela se comporta bem a características climáticas distintas. É usada para construir não só no Brasil, mas no mundo durante os primeiros registros de quem se tem sobre assentamentos humanos. (LAMBERTS, PEREIRA E DUTRA, 2014)

Figura:



Fonte:

A proposta de usar algumas das técnicas construtivas comumente empregadas na arquitetura popular brasileira, torna-se inviável, pensando do ponto de vista da mão de obra, apesar de não haver grau de complexidade no método construtivo, não é comum encontrar construtores especializados nas técnicas de bioconstrução com terra. Weimer (2012) diz que a terra dispensa pouca energia para elaboração das técnicas construtivas. Minke (2006) apresenta algumas destas complexidades, dentre elas, o autor fala das diferentes composições em relação aos tipos de argila, silte, areia e agregados, e, portanto, pode haver diferenciação uma da outra. Isso vai depender do lugar de onde o material é extraído, e neste caso exigindo uma expertise do construtor.

Lamberts, Pereira e Dutra (2014) dizem que noutras sociedades, sujeitas a climas muito severos como no norte da China, as edificações foram construídas no subterrâneo em consequência de a temperatura abaixo da superfície do solo ser mais amena. Continuam dizendo, que algo similar acontece na Tunísia, com as habitações enterradas para evitar os extremos da temperatura do clima quente e seco, estratégia que satisfaz as necessidades de conforto em consequência de princípios de inércia térmica.

Diante dos desafios de se empregar uma técnica construtiva ambientalmente correta, e de fácil aplicação, encontra-se como alternativa o

tijolo ecológico, também chamado de tijolo de solo cimento. O emprego desse material consiste em uma alternativa de alvenaria de vedação, que segundo Thomaz et al. (2009) “alvenarias de vedação são aquelas destinadas a compartimentar espaços, preenchendo os vãos de estruturas de concreto armado, aço ou outras estruturas”. Portanto deve suportar o peso próprio, e as demais cargas adicionais do edifício. (2019) explica a composição do tijolo solo-cimento, que além do material do solo, recebe na sua mistura cimento e água, em quantidades específicas. Além disso, o tijolo solo-cimento possui resistência mecânica, o que o torna um material com função estrutural, ou seja, a parede absorve toda a carga da edificação, sem que haja necessidade de um esqueleto estrutural, a não ser em casos específicos em que o projeto possua maiores complexidades arquitetônicas, mas no estudo proposto, por se tratar de uma habitação residencial unifamiliar básica, o tijolo solo-cimento atende a todas as necessidades.

Figura:



Fonte:

A utilização de madeira também é comumente encontrada, como um material abundantemente explorado, e principalmente quando combinando com outras técnicas, no caso da taipa de mão, a madeira é fundamental para a

estruturção das paredes, para posteriormente receber a camada de vedação a base de terra. Na região do sul por exemplo, conforme diz Weimer (2016) a estrutura de enxaimel da Figura XX é uma alternativa construtiva herdada dos portugueses, baseada em técnica estrutural de madeira posicionada de forma diagonal, e vedação feita com tijolos ou pedra. Essa técnica se adaptou as condições do clima no Brasil, no entanto devido a umidade, pode acontecer o apodrecimento a madeira e comprometimento da sua estrutura. Nesse sentido, as edificações construídas com essa técnica, passaram a adotar uma base em pedra no terreno onde seriam construídas, onde se apoiam as escoras de madeira para isolar a habitação do solo. Essa é uma das particularidades da madeira, que assim como a terra, quando em contato com água, tendem a se degradar. PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle (2003) a partir de uma análise detalhada das propriedades deste material, afirma que a madeira representa quando comparada a outros materiais uma excelente relação resistência/peso, dando estabilidade para a edificação.

Figura:



Fonte:

É possível citar uma série de exemplos, da aplicação deste material como alternativa construtiva, que além de servir como parte estrutural da edificação, também funciona como vedação, é o caso das construções com tábuas.

A utilização de bambu na construção foi extremamente utilizada por indígenas

4.2. UTILIZAÇÃO RACIONAL DA ÁGUA

A água é um recurso natural infinito, quando analisamos o seu ciclo, mas a água potável, que é a própria para o consumo, não. DADOS. O Brasil é um país privilegiado ao que diz respeito a recursos hidrográficos, de qualquer maneira, os dados relativos a consumo de água residencial, apresentam índices elevados, além da falta de conscientização e não racionalização deste recurso, existe um mal aproveitamento, no sentido de um número ainda pequeno de habitações e cidades que exploram sistemas capazes de coletar as águas pluviais e reaproveitarem parte da água residencial consumida.

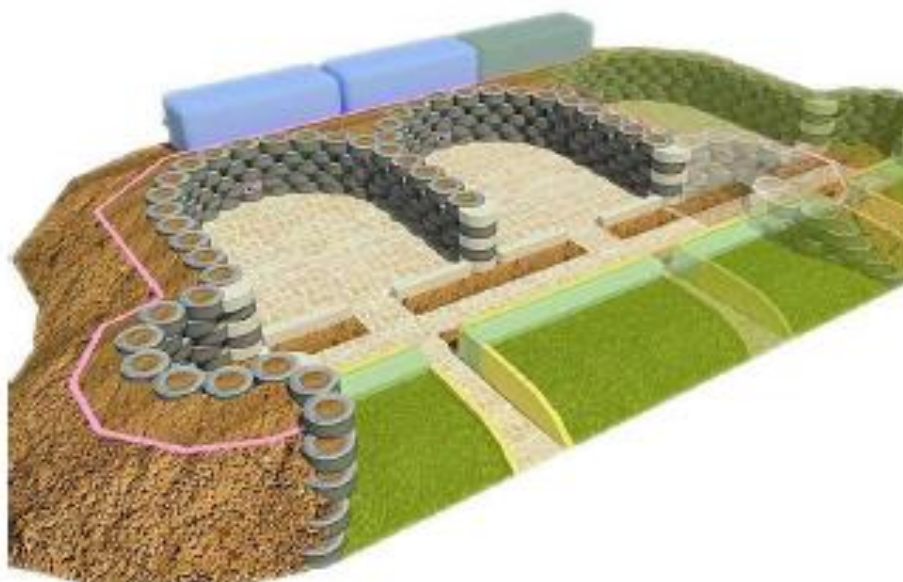
4.3. PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

A energia do sol pode ser um aliado importante no que diz respeito a uma arquitetura que se apropria das condições climáticas para potencializar as eficiências energéticas do ambiente construído, no entanto, quando o projeto é mal elaborado, o sol que tende ser um aliado, pode tornar-se um inconveniente para os usuários da casa, através de elevação da temperatura no ambiente, ou ainda insolação direta. Nesse sentido, a energia solar com o auxílio de ferramentas já abordadas, o caso da carta solar, pode ter assim, seu trajeto e consequente impacto na edificação mensurados pelo projetista.

5. ESTUDO DE CASO: A EARTHSHIP

As possibilidades construtivas de baixo impacto que se apresentam no contexto das cidades brasileiras são diversificados, e possuem características da arquitetura bioclimática que busca potencializar o comportamento das edificações explorando as alternativas climáticas a que estão sujeitas. No entanto é possível que se agregue a essa realidade alternativa de baixo impacto para as construções que foram desenvolvidos em outros lugares. As earthship, são um modelo de habitação para áreas sujeitas a climas extremos. O conceito foi desenvolvido pelo arquiteto americano Michal Reynolds, e hoje são exploradas comercialmente por ele. Segundo Miranda (2017) este conceito, direcionado apenas a edificios de habitação, valoriza o conforto e qualidade de vida dos habitantes, abdicando de grande parte da matéria-prima tradicionalmente utilizada na construção, afastando-se ainda dos típicos projetos e métodos construtivos convencionais.

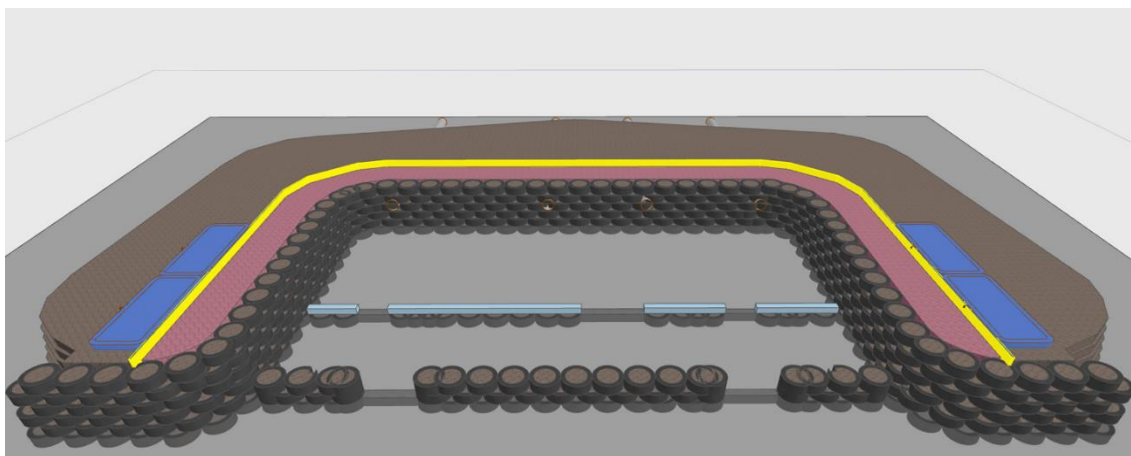
Figura:



Fonte:

A utilização de materiais reutilizados é uma das estratégias principais que propõem as earthship, além da utilização de recursos naturais locais, que não sejam malélicas ao ambiente. A terra nesse caso, é o recurso natural mais presente nesses sistemas construtivos, e, portanto, oferece maior qualidade para o desempenho térmico da edificação. Dentre os materiais recicláveis, o primeiro deles que pode ser citado são os pneus de automóveis, que conforme mostra a Figura XX, são responsáveis pela estruturação das paredes internas funcionando como um muro de contenção, escoradas a terra.

Figura: Contenção de Pneus Estruturam as Paredes Internas



Fonte: Earthship Bioteecture

Os pneus, no entanto, para ganharem massa, e funcionarem como uma contenção são preenchidos com terra local, e posteriormente assentados, o que garante sustentação a construção, e possibilita ao usuário sensação de conforto no interior da casa, devido as características de inércia térmica que possui a terra. Isso possibilita as earthship o aquecimento e resfriamento sem calor elétrico, queima de combustíveis fósseis ou madeira. Trinta por cento de toda a energia produzida no mundo é usada para aquecer e resfriar edifícios. (EARTHSHIP BIOTEECTURE, ano)

Figura XX: Materiais Reutilizados Empregados nas Earthships



Fonte: BOOKLET, p.2

Usando massa térmica e ganho solar, as Earthship são capazes de manter uma temperatura confortável sem combustíveis adicionais em qualquer clima do mundo. As paredes estruturais do edifício são formadas por pneus de automóveis usados compactados com terra. (EARTHSHIP BIOTECHTURE).

Figura: Princípios do Aquecimento Passivo



Fonte: Booklet, p. 2

A radiação solar, entra diretamente pela fachada principal da earthship, onde em planta encontra-se um pequeno corredor verde de cortas e vegetais, que servem para o consumo dos seus residentes. Possuem uma segunda função, que é a renovação do ar no ambiente interno, contribuindo para equilibrar a sensação térmica interior. Quando é inverno no hemisfério norte a insolação é incidente nas fachadas sul, que por sua vez são translucidas por serem de garrafas, e assim permitirem o aquecimento interior da casa. Um earthship deve conectar-se com a Terra de modo a proporcionar espaços para cultivar. As dietas poderão tender para o que mais facilmente se produz no ambiente que um earthship possibilita, enquanto as capacidades de produção de alimentos lentamente evoluem ao encontro dos desejos dos ocupantes. (FILIPE,)

Figura:



Fonte:

O modelo apresentado na Figura XX, é o desenvolvido para se adequar aos climas adversos, funcionando de forma eficiente independente do clima a que esteja submetida.

Figura: Modelo Global



Fonte: BOOKLET, p. 12

A utilização de energia fotovoltaico para o aquecimento da água é umas das alternativas deste modelo, que como já vistas na seção anterior, quando se trata do Brasil, ainda é uma tecnologia não muito acessível, em termos econômicos. Sobre isso, é importante dizer, que a earthship

Figura:



Fonte:

DIRETRIZES PARA O TCC 2

O presente estudo, discorre sobre as diversas possibilidades construtivas encontradas no contexto brasileiro, e avalia as técnicas passíveis de serem empregadas numa proposta para habitação unifamiliar, de pequeno porte e baixo impacto, nesse sentido, torna-se um desafio para a continuidade da pesquisa, entender os meios para que se proponha essa habitação.

A proposta por uma habitação que possa ser autoconstruída é interessante do ponto de vista de adequar-se mais aos conceitos sustentáveis, trazendo também o aspecto econômico. No entanto, é necessário que haja no mínimo o acompanhamento de um profissional da área, o que de novo torna-se um problema, diante da escassez de profissionais habituados a essas alternativas construtivas, chamadas também de bioconstrução. Sobre a alternativa da autoconstrução, Maricato (1972) chama a atenção para a ausência do poder público, como sendo um dos motivadores das pessoas procurarem virar-se como podem. A alternativa de autoconstruir quando analisada dentro do contexto brasileiro é compreensível, diante das mazelas sociais, que dizem respeito a um problema estrutural por moradia digna. Mas é importante um olhar especial para a questão da informalidade dos ambientes construídos através de conhecimentos empíricos, sem o acompanhamento de um profissional. Diante do quadro apresentado, é necessário buscar meios construtivos (técnicas e materiais) que possam compor a proposta por uma habitação sustentável, de maneira eficaz em relação à facilidade construtiva, e para tanto, deve cumprir com uma série de quesitos, que se adequem à fase construtiva levando em consideração o aspecto ambiental. Para não haver contradição, é imprescindível adotar alguma técnica de baixo impacto e que não exija o transporte de material por longas distâncias.

A Norma brasileira 15.220-3, discorre sobre o desempenho térmico de edificações, e estabelece o zoneamento bioclimático brasileiro, com uma subdivisão de oito zonas bioclimáticas, mostrando as diretrizes projetuais conforme a zona em que a cidade pertence. Basicamente essas zonas bioclimáticas são constituídas com o cruzamento de três dados: zonas de conforto térmico humano, dados climáticos de uma região e estratégias de projeto. (YURIKO, 2012)

A questão climática percorrida até aqui, mostra as possibilidades e a influência que a questão climatológica tem, diante da sua inter-relação com o edifício. As diretrizes que se pretende investigar sobre a cidade de Miguel Pereira, a priori, ficam numa escala mais macro, já que não há um terreno como objeto de estudo num primeiro momento da pesquisa. Para iniciar este diagnóstico, é importante ponderarmos o clima e a zona bioclimática a que pertence a cidade para entender as melhores estratégias projetuais, como bem esclarece a norma, sobre desempenho térmico de edificações, a NBR 15220-3. O clima da cidade é o tropical de altitude, com uma variação de temperatura de 16,5°C a 24°C, conforme dados do Plano Municipal de Saneamento Básico (2014). A cidade possui temperaturas elevadas e que podem gerar maior consumo de água. A respeito do regime de chuvas, identifica-se uma concentração pluviométrica no verão, com intensidades elevadas, e em curto espaço de tempo, o que demanda uma estrutura de drenagem de grande porte. A cidade de Miguel Pereira não consta na relação de cidades do zoneamento bioclimático da normalização brasileira, no entanto, foram utilizados os dados referentes a cidade de Vassouras-RJ, que também possui clima tropical de altitude, e sensação térmica bastante parecida à cidade de Miguel Pereira. A zona bioclimática 3, portanto, é a zona em que Miguel Pereira se enquadra. As estratégias adotadas para esse tipo de clima segundo a NBR 15220-3 são dadas pelas tabelas a seguir, retiradas da norma.

Tabela 7 - Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a zona bioclimática 3

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Permitir sol durante o inverno

Fonte: autor, com base na NBR 15220-3

Tabela 8 - Tipos de vedações externas para a zona bioclimática 3

Vedações externas

Parede: Leve refletora
Cobertura: Leve isolada

Fonte: autor, com base na NBR 15220-3

Tabela 9 - Estratégias de condicionamento térmico passivo para a zona bioclimática 3

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	J) Ventilação cruzada
Inverno	B) Aquecimento solar da edificação C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)

Fonte: autor, com base na NBR 15220-3

A partir das diretrizes dadas pela zona climática que constam na tabela, tem-se algumas estratégias sugeridas por normas para adequação do ambiente construído ao seu contexto, no entanto, com estas diretrizes pretende-se apenas ilustrar de forma ainda genérica as particularidades da cidade de Miguel Pereira, e criar as primeiras diretrizes projetuais. Os métodos empregados para que se chegue nas melhores estratégias projetuais serão utilizados para uma abordagem mais precisa do terreno em questão, quando analisados in loco, na tentativa de levar os mais diversos aspectos locais em conta, na tentativa de relacioná-los com a edificação buscando atingir os melhores resultados, como conceitualmente foi abordado pela arquitetura bioclimática, nos capítulos anteriores. Ao final deste trabalho pretende-se investigar essa diversidade de possibilidades, entendendo as melhores formas de adequar uma edificação sustentável ao contexto da cidade, de forma que possa ser interessante para o poder público, e atraente as diversas camadas populares.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir das pesquisas realizadas sobre a arquitetura de baixo impacto no contexto das cidades brasileiras, foi possível visualizar de forma mais clara, as análises realizadas ao longo do desenvolvimento do referencial teórico. A proposta por uma habitação unifamiliar sustentável de qualidade é viável, se levarmos em consideração alguns aspectos importantes para o seu desenvolvimento. O primeiro deles, é partir de uma iniciativa pessoal, já que não se encontra muitos incentivos, e ainda é uma alternativa distante das possibilidades por moradia oferecidas pelo setor imobiliário e pelo poder público. Embora haja algumas normalizações referentes as melhores condutas referentes ao meio ambiente, a preposição por uma habitação ainda se encontra distante de tornar-se acessível. Apesar disto, quando se analisa as possibilidades do interessado percebe-se a viabilidade desta proposta, ao que tudo indica, as técnicas utilizadas para propor uma habitação de baixo impacto podem ser, muitas das herdadas das construções populares brasileiras principalmente as que usam terra como seu elemento principal, na composição das alvenarias. A grande dificuldade apresentada por essa proposta é a falta e conhecimento teórico e prático para concepção das técnicas, e despendimento de tempo para execução. A técnica de taipa de pilão, é um exemplo de uma arquitetura que possui um público alvo, de alto poder aquisitivo, devido a sua estética, no entanto, existe uma complexidade enorme para a sua realização, necessitando de fôrmas de madeiras, e mão de obra qualificada, é ainda mais complicado quando pensa-se na reprodução desta técnica, que embora propicie níveis de conforto excelentes e é atrativo para grande parte das pessoas, não é algo prático e que pode ser construído em larga escala, dentre outras limitações como a não resistência à umidade, e quantidade significativa de terra, devido à robustez das paredes.

Quando analisadas por estudos de caso, percebe-se que o desenvolvimento de técnicas construtivas a base de terra, geralmente são desenvolvidas por mutirões ou grupo de entusiastas, que geralmente, se familiarizam pelo assunto por uma questão ideológica, mas poucos, como agentes participativos, que buscam contribuir para tornar a arquitetura ecológica,

ou de terra representada pelos setores políticos e de mercado. Por falar em mercado, a maior contribuição desse seguimento, parece ser os selos ecológicos que surgiram para ajudar a estabelecer algumas metas da sustentabilidade, entretanto para que se atinja um nível satisfatório de conservação dos recursos e preservação da biodiversidade do planeta, é necessário tornar a arquitetura sustentável acessível aos mais desfavorecidos, principalmente por representarem parcela significativa da população, e que por muitas vezes não tem acesso a recursos básicos. Um exemplo bastante brasileiro, é o caso das favelas, que representam um percentual significativo da paisagem urbana das cidades, elas se situam em áreas de preservação ambiental em muitas das vezes, sem licença legal para ocupar o solo, e sem acesso a companhias de água ou energia elétrica, sem assistência do estado. De certa forma, quando analisado este contexto, consta-se o que afirmaram Keeler e Vaidya ao dizerem que os países em desenvolvimento, não puderam passar a encarar a sustentabilidade como uma prioridade, por conta dos problemas sociais, e da extrema pobreza. A sustentabilidade, que aborda o contexto social, através da inclusão de novos conceitos com os congressos internacionais, buscando expandir a palavra para os diversos campos da sociedade, deve propor principalmente alternativas as camadas que mais necessitam, a justiça social defendida por Boff (2017) só progredirá, quando a política for mais inclusiva. Apesar do cenário pouco positivo sobre a política brasileira, a possibilidade de desenvolver pesquisas, tanto estudos teóricos, quanto práticos é o melhor caminho para dar continuidade no assunto, e chamar atenção dos órgãos públicos, ou entusiastas, que tenha ferramentas capazes de alavancar essas discussões.

Em suma, a arquitetura sustentável é acessível, e pode ser reproduzida em parte. É importante que se diga, que os gastos de uma casa convencional, não serão menores do que uma casa que adote para o seu gerenciamento um ciclo de vida do edifício sustentável, a priori, pode-se ter uma despesa maior com os gastos envolvidos, principalmente com a instalação de sistemas de energia por painéis fotovoltaicos, mas a longo prazo, o investimento passa a ser rentável, devido a capacidade de geração de energia na própria habitação, além da qualidade proporcionada biofílica proporcionado pelos materiais, e métodos de arquitetura bioclimática que compõe dada edificação. O tijolo-ecológico,

conforme a pesquisa mostrou, é uma alternativa interessante, em diversos aspectos, primeiramente o ambiental, depois o econômico, seguido da praticidade e facilidade para implementação. O reaproveitamento de água, é algo inclusive, que poderia estar mais presente nas construções residenciais, e adotadas por projetos de arquitetos e engenheiros, não há grandes complexidades envolvidas neste processo, assim como não há maiores complexidades em armazenamento das águas pluviais para consumo nas áreas molhas da casa. Isso tudo depende é claro, da área disponível para a elaboração do projeto. Quando se pensa por exemplo na arquitetura sustentável como alternativa para habitações populares, as restrições são ainda maiores, isso, por se tratar de edifícios verticais, já que não há grandes áreas disponíveis para construção em larga escala, principalmente se tratando de cidades. Em áreas rurais o desenvolvimento da arquitetura de baixo impacto é uma realidade mais plausível, nas cidades a arquitetura bioclimática enfrenta uma série de obstáculos, como níveis de poluição altos, barreiras urbanas edificadas, concentração de pessoas, e poluição ocasionada pelas indústrias e carros, além dos ruídos. Entretanto, é importante que se estabeleçam normas e leis capazes de forçar as empresas, e as camadas sociais mais abastadas a tornarem as medidas sustentáveis parte obrigatória, tanto nas indústrias, comércios e residências. As camadas com maior poder aquisitivo, afinal, já são as que mais adotam tais medidas, é possível constatar esse fato, através de uma análise visual da paisagem urbana da cidade, que se alto explica, pelas tipologias construtivas e materiais empregados nas construções. E isso acontece não pelo poder aquisitivo mais alto, mas pela facilidade em que determinada família tem para incorporar a sua residência um conjunto de painéis fotovoltaicos, ou uma cisterna para recolhimento de águas pluviais, isso significa, ter área passível de ser construída, ou até mesmo maior grau de consciência ambiental, pelo acesso à informação.

REFERÊNCIAS

African Bantu Village House. **IStock By Getty Images**, 2021. Disponível em <www.istockphoto.com/br/vetor/african-bantu-village-house-história-e-cultura-da-áfrica-ilustração-vintage-antiga-gm1303489208-394926295>. Acesso em: 10 de jan. 2023.

AGENDA 21 Brasileira. Disponível em: <<https://antigo.mma.gov.br/responsabilidade-socioambiental/agenda-21/agenda-21-brasileira.html>>. **Ministério do Meio Ambiente**. Acesso em: 10 de jan. de 2023.

ALMEIDA, Fernando. **O Bom Negócio da Sustentabilidade**. Nova Fronteira, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, p. 38-39. 2013.

BOFF, Leonardo. **Sustentabilidade, O que é - O que não é**. Petrópolis: Editora Vozes, 2017.

BRASIL, **Lei nº 10.295**. 17 de out. de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e dá outras providências. Brasília, DF: 2001.

CAMARGO, Ana. **Desenvolvimento Sustentável, Dimensões e Desafios**. Papyrus, 2003.

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Construções Verdes: Os Desafios e Vantagens das Construções Sustentáveis**. 2022.

CBIC – Câmara Brasileira da indústria da Construção. **Guia Selo Casa + Azul**. 2020.

CHEFE da ONU destaca energia renovável para evitar catástrofe climática. **Organização das Nações Unidas**, 2023. Disponível em: <<https://news.un.org/pt/story/2023/01/1808107>>. Acesso em: 15 de jan. de 2023.

CICLO de Vida dos Produtos: Características Gerais. **R7**. 2013. Disponível em: <<https://meioambiente.culturamix.com/gestao-ambiental/ciclo-de-vida-dos-produtos-caracteristicas-gerais>>. Acesso em: 15 de jan. de 2023.

COCH, Helena. **Bioclimatism in vernacular architecture**, Renewable and Sustainable Energy, 1998.

Conceitos de Energia Solar Fotovoltaica. **Núcleo ATS**, 2019. Disponível em :<<https://nucleoats.ind.br/energia-solar-fotovoltaica/>>. Acesso em: 15 de jan. de 2023

CORREA, Ronaldo. **Nosso Futuro Comum**. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora Fundação Getúlio Vargas: Rio de Janeiro, 1991.

Compreenda o LEED. **GBCbrasil**, 2023. Disponível em:<<https://www.gbcbrazil.org.br/wp-content/uploads/2017/09/Compreenda-o-LEED-1.pdf>>. Acesso em: 10 de jan. de 2023.

CUTIERU, Andreea; SBEGHEN, Camila. Reavaliando o regionalismo crítico: uma arquitetura do lugar. **Archdaily**, 2021. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/966570/reavaliando-o-regionalismo-critico-uma-arquitetura-do-lugar>>. Acesso em 18 de jan. de 2023.

Definições dos ODS. **Globo**. 2017. Disponível em: <<https://somos.globo.com/valor-social/eu-sou-geracao-do-amanha/noticia/definicao-dos-ods.ghtml>>. Acesso em: 07 de jan, de 2023.

DESENHOS de Construções Earthship. **Earthship Biotecture**. Disponível em: <<https://earthshipstore.com/collections/construction-drawings-offgrid>>. Acesso em: 15 de jan. de 2023.

Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético nacional I Relatório Final**. EPE, Rio de Janeiro, 2021.

Centro de Cultura Maxx Feffer em SP tem certificação LEED. **SustentArqui**. 2020. Disponível em <<https://sustentarqui.com.br/centro-de-cultura-max-feffer-certificacao-leed/%20FIGUEIREDO,%20Let%C3%ADcia.>>. Acesso em 18 de jan. de 2023.

FERNANDES, Jorge. et al. **A influência das estratégias vernáculas de adaptação ao clima no comportamento térmico dos edifícios** - Beira Alta e Alentejo. 2015. Seminário Rever, Contributos da Arquitetura Portuguesa Para a Sustentabilidade do Ambiente Construído. Março de 2015.

FERREIRA, Tiago. **Estudo de Implantação de uma Casa Sustentável na Cidade de Manhuaçu - MG**. Manhuaçu, 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Centro Universitário UNIFACIG, Manhuaçu, 2019.

FLORIAN, Maria. Cidades dos EUA e Europa proíbem uso de combustíveis fósseis em novos edifícios. **Archdaily**, 2022. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/987996/cidades-dos-eua-e-europa-proibem-uso-de-combustiveis-fosseis-em-novos-edificios>>. Acesso em: 15 de jan. de 2023.

FRAMPTON, Kenneth. **História Crítica da Arquitetura Moderna**. 1. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1997.

FROTA, Anésia; SCHIFFER, Sueli. **Manual de Conforto Térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GONÇALVES, Elisângela. **Conforto Ambiental**. Londrina: Editora Educacional S.A, 2018.

GRAÇAS, José. **Residências Sustentáveis e sua Contribuição ao Meio Ambiente**. 2010. Dissertação (Mestrado em Construção e Reabilitação Sustentáveis) Universidade do Minho, Braga, out. de 2010.

GRUNBERG, Paula; MEDEIROS, Marcelo; TAVARES, Sergio. **Certificação Ambiental de Habitações: Comparação entre Leed For Homes, Processo Aqua e Selo Azul**.

IPCC – PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Mudanças Climáticas e Terra: um relatório especial do IPCC sobre mudanças climáticas, desertificação, degradação da terra, manejo sustentável da terra, segurança alimentar e fluxos de gases de efeito estufa em ecossistemas terrestres**. 2019.

KEELER, Marian; VAIDYA, Prasad. **Fundamentos de Projetos de Edificações Sustentáveis**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.

KIBERT, Charles. **Edificações Sustentáveis, Projeto, Construção e Operação**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2020.

KRAUSE, Cláudia, et al. **Bioclimatismo no Projeto de Arquitetura: Dicas de Projeto**. Programa de Pós-graduação em Arquitetura da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL., 2014.

LAMBERTS, Roberto; GHISI, Eneide; PAPST, Ana. **Desempenho Térmico de Edificações**. Florianópolis, 2000.

LIMA, Caio. Clube de Roma debate futuro do planeta há quatro décadas. **PUC-Rio**, 2012. Disponível em: <<http://puc-riodigital.com.puc-rio.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=148&infoid=12080#.Y8WTYHbMK3A>>. Acesso em: 07 de nov. de 2022.

LIMA, Caio. Clube de Roma debate futuro do planeta há quatro décadas. **PUC-Rio**, 2012. Disponível em: <<http://puc-riodigital.com.puc-rio.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=148&infoid=12080#.Y8WTYHbMK3A>>. Acesso em: 07 de nov. de 2022.

MARICATO, Erminia. **A Produção Capitalista da Casa (e da Cidade) no Brasil Industrial**. 2. ed. São Paulo: Editora Alfa-Omega LTDA, 1982.

MEADOWS, Donella et al. **Limites do Crescimento**. 2. ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 1978.

MINKE, Gernot. **Manual de Construção em Terra**. Solisluna Editora, 2006.

MIRANDA, Célia. **Análise do Desempenho Termo-Energético e do impacto de Ciclo de Vida de um Edifício Earthship** - Comparação com o Sistema Construtivo Convencional. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Universidade do Minho, Braga, 2017.

MOLLISON, Bill. **Introdução a Permacultura**. Brasília: MA/SDR/PNFC, 1998.

MOREIRA, Susanna. Casas Brasileiras: 25 Residências que Empregam Técnicas de Ventilação Natural. **Archidaily**, 2022. Disponível em: <archdaily.com.br/br/949415/casas-brasileiras-25-residencias-que-empregam-estrategias-de-ventilacao-natural?ad_medium=gallery> Acesso em: 01 de jan. de 2023.

NEVES, Letícia. **Arquitetura Bioclimática e a Obra de Severiano Porto: Estratégias de Ventilação Natural**. Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo). USP, São Carlos, 2006.

NÚCLEO DE ESTUDOS EM PERMACULTURA DA UFSC. **O que é permacultura?** Disponível em: <<https://permacultura.ufsc.br/o-que-e-permacultura/>>. Acesso em: 20 de dez. de 2022.

OLIVEIRA, Leandro. Nosso Futuro Comum. **LAGEP UFRRJ**. Disponível em: <<https://profleandrodias.wordpress.com/developmento-sustentavel/nosso-futuro-comum-1987/>>. Acesso em 01 de jan. de 2023.

PRODANOV, Cleber; FREITAS, Ernani. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013.

ROAF, Sue. **A Adaptação de Edifício e Cidades às Mudanças Climáticas: Um Guia de Sobrevivência Para o Século XXI**. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

SANTOS, Soraia; COSTA, Sílvia. **Arquitetura Vernacular ou Popular Brasileira: Conceitos, Aspectos Construtivos e Identidade Cultural Local**. Bahia, v. 24, n. 35, p. 218-258, 2017.

SILVA, Júlio; SIGARDO, Jorge. **Arquitetura Vernácula, Arquitetura Bioclimática e Eficiência Energética**. 2015. Seminário Rever, Contributos da Arquitetura Portuguesa Para a Sustentabilidade do Ambiente Construído. Março de 2015.

SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE GESTÃO DE PROJETOS, INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 2015, São Paulo: Universidade Nove de Julho, 2015.

WEIMER, Gunter. **Arquitetura Popular Brasileira**. 2. ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2012.

SRESNEWSKY, Igor. Acústica do Teatro Grego. **Revista Projeto**, 2020.

Disponível em: <<https://revistaprojeto.com.br/acervo/acustica-do-teatro-grego/>>. Acesso em 07 de jan. de 2023.

ZAMBRANO, Letícia. **Integração dos Princípios da Sustentabilidade ao Projeto de Arquitetura**. Tese (Doutorado em Programa de Pós-graduação) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2008.