



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM INTERDISCIPLINAR EM CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

GABRIEL SENA DE HOLANDA REIS

**ALTERNATIVAS DA ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO
SUSTENTÁVEIS**

MOSSORÓ

2020

GABRIEL SENA DE HOLANDA REIS

ALTERNATIVAS DA ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEIS

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientador: Prof.^a Dra. Marineide Jussara Diniz.

MOSSORÓ

2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Biblioteca Central Orlando Teixeira (BCOT)

Setor de Informação e Referência

R375a Reis, Gabriel Sena de Holanda.

Alternativas da arquitetura e construção
sustentáveis / Gabriel Sena de Holanda Reis. -
2020.

46 f. : il.

Orientadora: Marineide Jussara Diniz.

Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2020.

1. Histórico da arquitetura. 2. Arquitetura
sustentável. 3. Edifícios Verdes. 4. Materiais
renováveis. I. Diniz, Marineide Jussara, orient.
II. Título.

GABRIEL SENA DE HOLANDA REIS

ALTERNATIVAS DA ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEIS

Monografia apresentada a Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 09/ 12 / 2020 .

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. MARINEIDE JUSSARA DINIZ – UFERSA
Presidente e orientador



Dra. DANNIELLY DE OLIVEIRA COSTA – PMM
Primeiro Membro



Dr. HUDSON SALATIEL MARQUES VALE
Segundo Membro

Ao meu avô (*In Memoriam*).

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha mãe e ao meu pai por serem exemplos de dedicação, disciplina, integridade e trabalho duro, à minha irmã pelo exemplo de otimismo, criatividade e determinação, e aos demais familiares que sempre me apoiaram e acreditaram em mim.

Agradeço ao meu namorado, pelo incentivo, pela companhia, e o apoio por toda a minha caminhada, e aos meus amigos Ítalo e Humberto, que me acompanharam e ajudaram em muitos desafios desde o início da jornada acadêmica.

E um agradecimento especial à minha orientadora, cujos conhecimentos e conselhos foram essenciais para o desenvolvimento da pesquisa, e que se fez disponível sempre que necessário para auxiliar e guiar em seu desenvolvimento.

“Decidir comprometer-se com resultados de longo prazo ao invés de reparos a curto prazo é tão importante quanto qualquer decisão que você fará em toda a sua vida”.

(Anthony Robbins)

RESUMO

A arquitetura surgiu há milhares de anos e ao longo dos séculos apresentou diversas características e peculiaridades, e uma peculiaridade da arquitetura contemporânea é a arquitetura e construção sustentáveis, que surgiram nas últimas décadas em vista da crescente preocupação com o meio ambiente, e possui muitos aspectos a serem destrinchados, como: sua definição, elementos dessa arquitetura, e a sua importância para a sociedade. Então, visto a importância do tema, essa pesquisa foi desenvolvida a partir de revisões bibliográficas apresentando métodos de como a arquitetura atua ou pode atuar na construção de edifícios sustentáveis, destacando recursos e técnicas construtivas alternativas que diminuem a pegada ecológica e que podem ser empregados praticamente pelo mundo todo, e concluiu-se então que a arquitetura se desenvolve em vista às necessidades da população e que, com base nas técnicas observadas é possível construir sustentavelmente de forma financeiramente viável.

Palavras-chave: Arquitetura. Sustentabilidade. Meio ambiente. Técnicas construtivas.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	– As pirâmides de Gizé, grandes obras da antiguidade	15
Figura 2	– San Pietro in Motorio, obra característica renascentista	16
Figura 3	– Sobrados do Período Colonial brasileiro	18
Figura 4	– Edifício contemporâneo Os Bandeirantes	20
Figura 5	– Primeiro supermercado ver da américa latina	23
Figura 6	– Restaurante sustentável	24
Figura 7	– Edifício construído de painéis de terra	26
Figura 8	– Telhado verde do edifício La Maison-vague	26
Figura 9	– Residencial de Ubatuba, São Paulo, construído com bambu	28
Figura 10	– Obra inteiramente construída com o material bambu	29
Figura 11	– Residências na neve construídas de madeira	31
Figura 12	– Igreja Norueguesa construída de Madeira	32
Figura 13	– Módulo sendo encaixado em um edifício	32
Figura 14	– Residência construída a partir da coordenação modular	33
Figura 15	– Sede da Apple na Califórnia, Apple Park	36
Figura 16	– Bosco Verticale visto de cima	37
Figura 17	– Edifício The Crystal aberto para visitas	38
Figura 18	– Edifício sustentável Eldorado Business Tower	39
Figura 19	– Edifício Eurobusiness primeiro a ganhar certificado LEED Zero Water	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	12
2.1 Objetivos gerais.....	12
2.2 Objetivos específicos	12
3 METODOLOGIA.....	13
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	14
4.1 Histórico da arquitetura.....	14
4.1.1 Histórico da arquitetura Mundial	14
4.1.1.1 Civilizações antigas	14
4.1.1.2 Antiguidade Clássica	15
4.1.1.3 Idade Média	15
4.1.1.4 Idade Moderna.....	16
4.1.1.5 Idade Contemporânea	17
4.1.2 Histórico da arquitetura no Brasil	17
4.1.2.1 Período colonial.....	17
4.1.2.2 Pós-Abolição da escravatura	18
4.1.2.3 Modernismo e Pós-Modernismo	19
4.1.2.4 Arquitetura contemporânea	19
4.2 Sustentabilidade na arquitetura	20
4.2.1 Conceito de Sustentabilidade e arquitetura Sustentável.....	21
4.2.2 Certificação	22
4.3 Diferentes alternativas para arquitetura e construção sustentáveis	24
4.3.1 Arquitetura Ecológica	25
4.3.2 Arquitetura com Bambu	27
4.3.3 Arquitetura de madeira.....	29

4.3.3.1 Sustentabilidade na arquitetura de madeira	30
4.3.3.2 Características da madeira	31
4.3.4 Arquitetura Modular.....	32
4.3.4.1 Processo construtivo com coordenação modular.....	33
4.3.4.2 Características da arquitetura modular	34
4.3.4.3 Sustentabilidade na arquitetura modular	35
4.4 Aplicações de arquitetura sustentável no Brasil e no mundo	35
4.4.1 Edifício Apple Park.....	36
4.4.2 Edifício Bosco Verticale	37
4.4.3 Edifício The Crystal	38
4.4.4 Aplicações da arquitetura sustentável no Brasil.....	39
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
REFERÊNCIAS	42

1 INTRODUÇÃO

Hoje, mais do que nunca, é perceptível o quão requisitado e necessário as obras civis se tornaram para a sociedade, seja para a construção de residências, ou para a construção de demais infraestruturas, como estradas, indústrias, barragens e pontes. Esses são recursos indispensáveis para um bom desenvolvimento urbano, e devido a isso, estão em constante processo de produção e aperfeiçoamento, gerando empregos, assim como uma melhora na qualidade de vida da população.

Tendo isso em consideração, é evidente a importância da área da construção civil no âmbito social e econômico. Entretanto, apesar de tais benefícios, no âmbito ambiental a construção civil gera muitos prejuízos, e devido à alta demanda dessa área, são impactos significativos que resultam na geração de resíduos sólidos, poluição do ar, poluição sonora, desmatamento de grandes áreas e consumo de recursos naturais não renováveis.

Esses impactos são gerados durante todo o processo construtivo da estrutura, desde a aquisição dos materiais até a demolição do projeto. O primeiro procedimento, a aquisição dos materiais, diz respeito à retirada da matéria-prima da natureza. Esse processo varia de acordo com o material que será utilizado no projeto, mas que independentemente disso, se for retirado da natureza de forma irresponsável sempre causará prejuízos. No Brasil, o principal material utilizado na construção dos edifícios é o concreto, que necessita do calcário para a sua produção, e esse, por sua vez, é adquirido através da mineração do calcário. A mineração, apesar de poder constar com técnicas modernas e tecnologias avançadas, ainda é um processo muito agressivo à área de exploração, gerando impactos como: perda da biodiversidade da região devido a remoção da cobertura vegetal; poluição do ar, da água e sonora; contaminação do lençol freático; além de um alto gasto energético (LARUCCIA, 2014). Outro material muito utilizado é a madeira, que se explorada sem o manejo adequado causa prejuízos desde a perda da biodiversidade até mudanças microclimáticas na região.

O consumo em massa de recursos também é uma das grandes preocupações quanto aos impactos da construção civil no meio ambiente, segundo Galceran (2013), cerca de 33% dos recursos naturais são destinados às obras civis, além de consumir 40% da energia e 12% da água potável do globo. Esses valores exorbitantes são explicados pelo constante número de obras ao redor do mundo, que necessitam dos recursos, mas que consomem mais que o necessário devido aos desperdícios gerados em campo.

Mesmo após a conclusão de uma obra, esta continua a gerar impactos ambientais, pois ela continuará a consumir energia e água, e contribuirá para fenômenos naturais como as ilhas

de calor por causa da remoção da cobertura vegetal. Também, quando a obra sofre demolição, são gerados resíduos sólidos, denominados entulho, difíceis de reaproveitar, reciclar, e que ocupam muito espaço em sua disposição. Nos anos 80 a Europa sofreu com o excesso de entulho devido à ausência de espaço para dispô-lo, o que resultou na criação de políticas públicas que incentivassem a reciclagem e o melhor aproveitamento dos materiais. (ROTH; GACIAS, 2009).

Então, atuando na minimização dos impactos negativos gerados pela área da construção civil, a arquitetura e construção sustentáveis surgiram da necessidade de preservar o meio ambiente e poupar os recursos naturais do planeta.

Devido à importância desse tema, a construção sustentável é uma área de grande enfoque de pesquisas, desenvolvimento técnico e tecnológico, o que resultou na expansão de técnicas e materiais “verdes” que além de mitigar os danos ambientais, trazem conforto, estética e segurança para os projetos civis. Diante disso, esse trabalho visa exemplificar elementos da construção e arquitetura sustentáveis, elementos esses que fazem parte da realidade de muitos países quanto à viabilidade econômica e disponibilidade material, de modo a advertir os leitores a respeito da utilização de tais matérias e de suas características, além de incentivar e conscientizar os leitores a construírem em prol do meio ambiente.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

Explicar o significado do que é uma construção sustentável, sua importância na arquitetura contemporânea, e seus benefícios ambientais, sociais e econômicos.

2.2 Objetivos específicos

- Descrever sobre a história da arquitetura do Brasil e do mundo;
- Explicar o que motivou a origem da arquitetura sustentável;
- Identificar os elementos que enquadram um edifício como uma arquitetura sustentável;
- Distinguir arquitetura sustentável da arquitetura ecológica;
- Explicar o uso da madeira como uma matéria-prima ecologicamente correta;
- Reconhecer o Bambu como alternativa sustentável e segura na construção civil;
- Conhecer o que é a arquitetura modular, seus benefícios ambientais e construtivos;
- Citar exemplos de edifícios certificados e os elementos sustentáveis que possibilitaram tal aquisição;
- Exemplificar elementos que são utilizados em edifícios “verdes”.

3 METODOLOGIA

Esse trabalho foi desenvolvido com propósito descritivo, executado a partir de um levantamento bibliográfico que trata de um tema de alta relevância, o que faz com que ele adote uma abordagem qualitativa.

A coleta de dados foi realizada a partir de fontes secundárias, como: revistas, jornais, artigos científicos, monografias, teses e sites técnicos relativos ao tema, todos obtidos de forma online. A fundamentação teórica deste trabalho foi desenvolvida exclusivamente pela técnica de revisão bibliográfica. A escolha por essas diferentes fontes foi incentivada pela abrangência do tema central da pesquisa, o trabalho engloba diferentes tópicos dentro de uma ideia central, necessitando de informações específicas e de grande importância para tornar o texto coeso, sendo então conveniente a utilização de pesquisas e artigos acadêmicos para o desenvolvimento teórico, complementada por informações precisas de sites da internet.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Histórico da arquitetura

Para melhor compreender as novas tendências da arquitetura contemporânea, é importante conhecer as características da arquitetura ao longo da história da humanidade, pois assim como a tecnologia, os valores, a organização social e as necessidades de cada sociedade influenciaram no desenvolvimento arquitetônico em seu respectivo tempo, esses mesmos aspectos contribuem para a formação do perfil arquitetônico atual.

4.1.1 Histórico da arquitetura Mundial

Segundo Glancey (2001), a história da arquitetura teve início cerca de 7000 a.C., aos redores do Rio Nilo, quando povos começaram a se reunir para a prática da agricultura criando assim as primeiras cidades, nelas contendo residências, templos e palácios. Nessas cidades, se deram início às primeiras civilizações, com culturas e costumes próprios, e muitas delas ficaram conhecidas ao longo da história.

4.1.1.1 Civilizações antigas

Nas civilizações antigas, percebe-se que as obras arquitetônicas mais características dessas civilizações eram seus templos e palácios, esbanjando grandes dimensões e meticulosas decorações, o que demonstra a forte adoração ao divino e ao sobrenatural naquela época, e a equiparação dos grandes líderes à deuses, como foi, por exemplo, no antigo Egito. Construções, como a “Torre de Babel”, na Babilônia, o palácio de Persépolis, construída no antigo império Persa, e as pirâmides de Gize (Figura 1) são grandes e importantes representantes desse período (GLANCEY, 2001).

Figura 1 – As Pirâmides de Gizé, grandes obras da antiguidade



Fonte: lifestyleaominuto. Disponível em: <https://www.noticiasaominuto.com/lifestyle/967668/piramides-de-gize-todas-as-curiosidades>.

4.1.1.2 Antiguidade Clássica

A arquitetura da antiguidade Clássica se iniciou centenas de anos antes de cristo e persistiu até o século V depois de cristo, e se refere a arquitetura e urbanismo desenvolvidos pelos gregos e romanos após a civilização persa. Diferentemente das antigas civilizações, citadas anteriormente, a arquitetura grega não se limitou na construção de templos e palácios, na antiguidade clássica houve uma maior valorização na construção de espaços de afazeres cotidianos e manifestações políticas (CEARÁ, 2020).

4.1.1.3 Idade Média

Surgiu logo após a antiguidade clássica. Durante a idade média, houve um grande domínio da Cristandade, e tal momento político e religioso refletiu na arquitetura da época, que possuiu como principais obras a construção de catedrais. Durante esse período, desenvolveram-se técnicas para a construção das catedrais, o que em um primeiro momento o espaço arquitetônico se voltava ao centro da obra, e mais tarde, com o desenvolvimento da arquitetura gótica, mudou-se a perspectiva para o alto, como uma tentativa de alcançar os céus (CEARÁ, 2020).

Ao longo da idade média, diferentes estilos medievais surgiram, entre eles a visigótica, a Bizantina, devido ao seu desenvolvimento pelo império Bizantino, caracteriza-se pelas pinturas sacras sobre a madeira e uso de mosaicos vitrificados. A arquitetura Mourisca. O estilo românico, caracterizado pelo uso de pedra em suas construções e de abóbodas. Por fim,

o estilo Gótico, o estilo arquitetônico que precede o renascentista. Ele possui como característica abóbadas elevadíssimas, vitrais e rosáceas para iluminação interna (CEARÁ, 2020).

4.1.1.4 Idade Moderna

Foi no renascimento, que persistiu do século XV ao início do XVII, que as bases e os princípios do modernismo começaram a emergir, resgatando algumas características da antiguidade clássica, sem desligar-se do divino. A habitação voltou a ter importância para a arquitetura, assim como a ornamentação de fachadas e estruturas com geometria circular, que ganharam muito destaque com um grande realce para cúpulas. Um exemplo de obra renascentista é a “San Pietro in Montorio” (Figura 2). (GYMPEL, 2000)

Figura 2 – San Pietro in Montorio, obra característica renascentista



Fonte: Lacultor. Disponível em: <<https://lacultor.altervista.org/analisi-e-descrizione-tempietto-di-san-pietro-in-montorio>>.

O barroco surgiu no início do século XVII, logo após o renascimento, e apresentou características bem singulares em sua arquitetura. As obras barrocas, segundo Gypmel (2000), eram caracterizadas pelo excesso decorativo, pela extravagância, por conjuntos de elementos que unidos davam um efeito monumental ao edifício. Eram comuns em sua arquitetura: a simetria, elementos de suportes realçados e avolumados, paredes subdivididas tanto quanto o possível, decoradas e desenhadas, as janelas ou portas coroadas com frontões triangulares ou curvos, muito detalhadas, entre outras (GYMPEL, 2000).

A segunda metade do século XVIII e início do século XIX foi compreendida pelo período da arquitetura neoclássica, que retomou alguns princípios do classicismo como: clareza e depuração das fachadas exteriores, dominância das linhas e dos ângulos retos, tranquilidade, nobreza e simetria rigorosa. Também foi característico do neoclassicismo o enaltecimento de Jardins. Esse foi o período em que a democracia começou a tomar lugar do absolutismo pela Europa, e que a liberdade individual ganhou mais relevância. Como consequência, a arquitetura de igrejas e palácios se tornou menos excepcional, abrindo espaço para museus, bibliotecas e teatros ganharem mais destaque, inclusive, sendo fundadas cada vez mais universidades, escolas e edifícios governamentais (GYMPEL, 2000).

4.1.1.5 Idade Contemporânea

A arquitetura moderna surgiu primeiramente na Europa, no início do século XX, como fruto do movimento modernista. Esse movimento artístico tinha como objetivo rever conceitos “ultrapassados” e impor uma visão mais progressista em vários aspectos da sociedade, inclusive na arquitetura. As obras modernas dispõem de um visual mais “simples”, pois diferentemente do que era comum nos séculos anteriores, ela não possui muitas ornamentações e é projetada priorizando formatos geométricos simples, mas que podem ser amplamente predispostos em projetos, devido ao alto nível tecnológico e técnico já desenvolvido no século XX (CEARÁ, 2020).

No final do século XX e início do século XXI, se inicia no Mundo, o período da arquitetura contemporânea, que é caracterizada pela alta tecnologia, ousadia formal, e individualismo nos projetos. Em muitas das obras contemporâneas se vê a utilização de geometrias complexas, variedades de materiais, e formas inusitadas. E, apesar de existirem tais aspectos em comum nessas obras, não há uma padronização global, elas são adaptadas de acordo com a regionalidade ou o local onde serão construídas (CEARÁ, 2020).

4.1.2 Histórico da arquitetura no Brasil

4.1.2.1 Período colonial

A arquitetura brasileira do período colonial tem origem do urbanismo medieval-renascentista português. Um ponto característico de tal arquitetura é o forte baseamento na mão de obra

escrava da época o que resulta em um nível tecnológico precário. As vilas e cidades brasileiras do período eram compostas por casas térreas e sobrados (estes para os mais afortunados) (Figura 3), e as residências eram internamente e externamente padronizadas o que garantia uma aparência mais portuguesa para os centros urbanos. Algumas características dessas residências são os telhados de duas-águas, e que as casas eram construídas sobre o alinhamento das vias públicas e sobre os limites laterais do terreno, sendo comum então a união entre conjuntos de prédios e a ausência de jardins (FILHO, 2000).

Figura 3 – Sobrados do período colonial Brasileiro



Fonte: Moritz Lamberg, 1880.

Mesmo com a independência do Brasil, não houveram grandes modificações na arquitetura de imediato, afinal, o país continuava extremamente escravista e ligado a Portugal, entretanto, ocorreram pequenas transformações nas fachadas de algumas casas e outras obras de maior prestígio. Escadarias, frontões de pedra e colunas surgiram como forma de refinar tais edifícios, adquirindo um aspecto neoclássico, o que foi possível com o advento de algumas técnicas mais avançadas de construção importadas do continente europeu, além disso, até 1850 começaram a surgir mais projetos que incluíam jardins (FILHO, 2000).

4.1.2.2 Pós-Abolição da escravatura

Após a libertação dos escravos houve uma imigração em massa de europeus para o Brasil, o que expandiu a mão-de-obra remunerada, e consequentemente o crescimento de bairros e de cidades. Novas tendências arquitetônicas surgiram, a mais característica era a implementação de um recuo na lateral dos terrenos, permitindo pátios, jardins e entradas

laterais, cujos benefícios eram a iluminação e arejamento dos cômodos internos (FILHO, 2000).

4.1.2.3 Modernismo e Pós-Modernismo

Houveram mudanças mais substanciais depois da primeira guerra mundial. Nesse período se iniciou o movimento Modernista, tendo o seu marco na semana de arte moderna em 1922, e o início do desenvolvimento industrial no Brasil, o que trouxe mudanças significativas para a arquitetura da época. Os sobrados que antes serviam como comércio e residência, passaram a ser substituídos por prédio comerciais, e mais tarde, surgiram os arranha-céus, que abrigavam os primeiros apartamentos (STASCHOWER; CALDEIRA, 2017).

Característica que surgiram, principalmente em residências das classes mais abastadas, foi o afastamento da residência de todos os limites do lote, espaços do lote destinados ao estacionamento dos automóveis, valorização do jardim frontal, desaparecimento dos jardins laterais e áreas do fundo destinadas a serviços (FILHO, 2000).

Durante 1940 e 1960, ocorreu um grande desenvolvimento industrial no Brasil, resultando em um grande avanço técnico e econômico, junto de transformações sociais. Um importante fator da época se deve ao uso em massa de estruturas de concreto, que possibilitaram uma maior flexibilidade para os projetos. As modificações no aspecto residencial se davam pela maior exploração das áreas livres dos lotes, um exemplo são os velhos quintais que aos poucos se tornariam pátios ou corredores murados para usos sociais. Junto disso, aumentava-se a preocupação com a disposição funcional dos cômodos residenciais, aumentando a valorização de todos os espaços, reduzindo tendências exibicionistas tão presentes até então. Um marco importantíssimo para a história da arquitetura brasileira foi a construção de Brasília, que em seu planejamento possibilitou evitar problemas arquitetônicos e urbanísticos, e possibilitou, em seus projetos, um melhor aproveitamento de recursos como água, luz solar e vento (FILHO, 2000).

4.1.2.4 Arquitetura contemporânea

A arquitetura contemporânea no Brasil surgiu por volta de 1980 e 1990, posterior à pós-moderna e presente até os dias atuais. Mas apesar de ser um novo estilo arquitetônico, ela

ainda apresenta alguns aspectos do modernismo, porém, com projetos que visam adaptar as estruturas de forma a atingir o melhor conforto ambiental na região em que será realizada, além de focar na utilidade do edifício, facilidade de acesso e locomoção. Como exemplo da arquitetura contemporânea brasileira, temos o edifício Os Bandeirantes (1994) e o Museu Oscar Niemayer (2002) (Figura 4). (STASCHOWER; CALDEIRA, 2017; FLORENCIO et al., 2020)

Figura 4 – Edifício contemporâneo os bandeirantes



Fonte: Projeto. Disponível em: <<https://revistaprojeto.com.br/acervo/aflalo-gasperini-edificio-os-bandeirantes-sao-paulo/>>.

4.2 Sustentabilidade na arquitetura

O desenvolvimento industrial ocorrido nos últimos séculos resultou em um crescimento urbano e populacional em larga escala ao redor do mundo, o que consequentemente aumentou o consumo material e a necessidade de construções de edifícios, sejam residenciais ou públicos. Considerando que a construção civil é pouquíssima sustentável, sendo uma atividade que consome cerca de 15% a 50% dos recursos naturais, é inegável a importância do debate sobre o tema sustentabilidade nesse meio (SJÖSTRÖM, 1992). Tendo isso em vista, junto com a constante preocupação de uma crise energética e dos impactos ocasionados pela utilização dos combustíveis fósseis, a partir da década de 80 conferências mundiais como a Rio'92 e Rio+10 foram realizadas visando elaborar mecanismos para o desenvolvimento sustentável, diminuindo a pegada ecológica e o impacto ambiental humano no planeta (MEADOWS, D. H.; RANDERS, J.; MEADOWS, D. L., 2004).

O interesse nesse tema intensificou-se em 1997, quando o Earth Council anunciou que a humanidade já consumia mais de 20% do que o planeta conseguia recompor, e que ele deixara de ser sustentável durante a década de 80 (MEADOWS, D. H.; RANDERS, J.; MEADOS, D. L., 2004). Então, por mais que os impactos ainda não sejam muito sentidos, previu-se que eles se intensificarão nos próximos 20 ou 30 anos, isso porque as áreas urbanas continuam se expandindo, velhos edifícios são substituídos por novos, além de que, com o desenvolvimento tecnológico, as pessoas se acomodaram ao uso de luzes artificiais, ar condicionado, entre outros recursos que “descartam” o natural, que induz um estado de poder aquisitivo, mas que consomem recursos que poderiam ser evitados com uma arquitetura sustentável, por exemplo. Assim sendo, é importante a conscientização individual para a adição de práticas mais sustentáveis no cotidiano e para a vida (KLINTOWITZ, 2006; CASTELNOU, 2003).

4.2.1 Conceito de Sustentabilidade e arquitetura Sustentável

Sustentabilidade é um conceito “novo”, que surgiu e obteve destaque nas últimas décadas devido a uma crescente preocupação com a qualidade de vida da população e com a escassez de recursos num futuro próximo. Uma das primeiras definições criadas para esse termo foi feita por Brundtland, através do relatório Brundtland Report em 1987, ela diz que sustentabilidade é:

“Desenvolvimento que procura satisfazer as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas próprias necessidades, significa possibilitar que as pessoas, agora e no futuro, atinjam um nível satisfatório de desenvolvimento social e econômico e de realização humana e cultural, fazendo, ao mesmo tempo, um uso razoável dos recursos da terra e preservando as espécies e os habitats naturais”.

Novaes e Mourão (2008) complementa essa definição afirmando que a sustentabilidade foca no aproveitamento máximo dos recursos, eficiência na produção e no uso elétrico, na conservação da água, biodiversidade e recursos naturais, todos com prioridade no bem-estar social. Então, a sustentabilidade traz benefícios diretos para o planeta e para a própria população humana. Existem legislações pró-sustentabilidade, mas a sua prática vai muito além do que é regido por lei.

Conhecendo o significado de sustentabilidade, fica mais fácil entender o que é a arquitetura sustentável, ela pode ser vista como a execução de projetos que minimizam os impactos ambientais e que garantem o bem-estar social, ao mesmo tempo que sejam viáveis

economicamente. Nesse contexto, alguns aspectos devem ser analisados e priorizados na produção de projetos. Segundo Gonçalves e Duarte (2006), esses aspectos são: a orientação solar e dos ventos; forma arquitetônica, com dimensionamento interno prático e eficaz; tratamento do entorno do lote; condicionantes ambientais; materiais de construção dos edifícios; tratamento das fachadas e coberturas; áreas que permitam a passagem do sol e do vento; e proteções solares.

Esses elementos são importantes para minimizar o desmatamento do lote, diminuir os impactos ambientais com a utilização de materiais reciclados ou alternativos, garantir um bom conforto térmico natural e um bom controle da entrada de luz para o edifício, o que se for bem executado, assegura uma redução na necessidade de equipamentos de regulação da temperatura e da utilização de luzes artificiais durante o dia. Porém, esse é apenas o começo para uma construção sustentável, o desenvolvimento tecnológico já possibilita novas soluções tecnológicas que vão além disso.

4.2.2 Certificação

Hoje em dia, edifícios podem receber certificados que servem para indicar ou quantificar o seu grau de sustentabilidade. Estes certificados são distribuídos por organizações, como a Green Building Council, por exemplo, que avaliam as obras seguindo alguns critérios de desempenho que são adaptados às necessidades do edifício e à região onde foi construída (GONÇALVES; DUARTE, 2006).

A LEED é uma ferramenta de certificação concebida pela Green Building Council. Ela já faz parte da realidade de mais de 160 países, dentre eles o Brasil, avaliando critérios como a eficiência hídrica; eficiência energética; materiais e recursos utilizados na obra; qualidade do ambiente interno; sustentabilidade do terreno; localização e transporte; e a inovação em projetos. Esses são aspectos que se bem executados tornam uma construção de fato sustentável, trazendo diversos benefícios ambientais. Esses benefícios podem ser observados com os dados disponibilizados pelo site GbcBrasil (2017), que afirma que os edifícios que atendem os critérios e adquirem a certificação LEED possuem uma média de redução de 30% a 65% no consumo de água, de energia, de resíduos e de CO₂. Além disso, existem os ganhos sociais e econômicos dessas estruturas, como, por exemplo, a diminuição dos custos operacionais, valorização do imóvel, conscientização dos envolvidos com o edifício, além do aumento da satisfação e bem-estar destes.

Um exemplo de obra que recebeu o certificado LEED foi o supermercado pão de açúcar, da cidade de Indaiatuba, no estado de São Paulo (Figura 5).

Figura 5 – Primeiro Supermercado Verde da América Latina



Fonte: Blog Espaço Virtual Elo-21 Graham Bell. Disponível em: <<http://elo21gbell.blogspot.com/2010/01/supermercado-pao-de-acucar.html>>.

Diversas medidas foram tomadas, desde a escolha do terreno do projeto até a conclusão da obra, para atender as medidas estabelecidos pela LEED. De início, para atender o critério do terreno sustentável, foi escolhido um lote que possibilitava um fácil acesso aos consumidores e que minimizava o desmatamento, houve reaproveitamento dos resíduos demolidos da edificação anterior e a preservação da flora local no exterior da loja, que junto com o plantio de plantas nativas adaptadas ao clima da região, eliminou os gastos de água com irrigação, poupando uma média de 100 mil litros mensais. Ainda no requisito de eficiência hídrica, o estabelecimento conseguiu reduzir o consumo de água em 30% com a utilização de torneiras temporizadoras e válvulas nos vasos sanitários que reduzem o gasto d'água. Quanto à qualidade ambiental interna, o estabelecimento possui iluminação e ventilação natural graças ao dimensionamento do projeto, resultando em um bom conforto térmico, além disso, foram utilizados materiais com baixa emissão de poluentes, como tintas sem compostos orgânicos voláteis. Contudo, muitas outras medidas foram tomadas para garantir sua certificação, desde a criação de vagas específicas para veículos de baixa emissão de gases e a construção de um bicicletário até a utilização de energia verde fornecida pela central hidrelétrica da região (STEFANUTO; HENKES, 2013).

Outro exemplo de construção sustentável aqui no Brasil é o restaurante McDonald's, de Bertioga, do estado de São Paulo (Figura 6).

Figura 6 – Restaurante sustentável



Fonte: Pequenas Empresas E Grandes Negócios. Disponível em: <<http://revistapegn.globo.com/Revista/Common/0,,ERT111526-17180,00.html>>.

Assim como o supermercado Pão de açúcar, O McDonald's de Bertioga atua com base no preceito de reduzir, reutilizar e reciclar. Esse estabelecimento, que também conquistou o certificado LEED, foi construído com material sustentável industrializado, seus tijolos são de demolições e a madeira utilizada no estabelecimento é toda certificada. Como forma de aumentar sua eficiência hídrica, ele consta com um sistema de captura de água pluvial que é utilizada para descargas em privadas, lavagem de piso e irrigação do jardim, reduzindo o consumo de água em 50%. Quanto à eficiência energética, o restaurante possui dispositivos que monitoram a temperatura externa e interna, controlando o resfriamento artificial e abrindo as janelas quando a temperatura ambiente natural for agradável, ele também possui grandes janelas de vidro que permitem a entrada de luz solar e utiliza energia proveniente de placas solares para o aquecimento da água da cozinha e dos vestiários (LIMA, 2013).

4.3 Diferentes alternativas para arquitetura e construção sustentáveis

A crescente preocupação com o meio ambiente nas últimas décadas deu espaço para o surgimento de novas pesquisas de técnicas construtivas, reciclagem, reaproveitamento de materiais e a utilização de materiais alternativos benéficos ao meio ambiente. Com isso, arquitetos e engenheiros que buscam trabalhar sustentavelmente dispõem de uma grande variedade de possibilidades na produção e execução de projetos, o que além de incentivar sua prática, faz com que a arquitetura e construção sustentável seja possível de ser executada em qualquer região do mundo, independente das condições climáticas, vegetação e

disponibilidade de materiais locais. Técnicas como captação e reutilização da água pluvial, utilização de madeira certificada, telhados verdes, produção da própria energia com placas solares e utilização de tijolos ecológicos no levantamento de alvenarias são poucos exemplos do que o avanço tecnológico dispõe para a construção sustentável, possibilitando seu uso para qualquer edifício, independentemente de suas necessidades e utilidades. Então, é possível atuar sustentavelmente com a utilização de materiais desde madeiras até o uso de bambu, e também em diferentes regiões, desde os centros urbanos até o âmbito rural.

4.3.1 Arquitetura Ecológica

A arquitetura ecológica foi muito beneficiada com o desenvolvimento técnico e tecnológico, ela, que tem como objetivo minimizar os impactos ambientais com a produção de projetos que visam a integração dos edifícios com o meio ambiente. Com essa definição, é fácil confundir arquitetura sustentável com a ecológica, mas elas possuem algumas distinções, diferentemente da sustentável, que prioriza o bem-estar social e projetos economicamente viáveis, a arquitetura ecológica pode fugir desses critérios quando, por exemplo, a construção apresenta um curto ciclo de vida ou uma constante e cara manutenção que torna o edifício economicamente desfavorável. Porém, isso não é uma regra, um projeto pode ser tanto ecológico quanto sustentável, o que é o ideal (RANGEL, 2015).

Há várias maneiras de integrar um edifício com o natural, inclusive, a técnica de priorizar a iluminação e a ventilação natural é uma dessas maneiras e faz parte da arquitetura ecológica, entretanto existem outros meios, como por exemplo a utilização de materiais locais, como o bambu, tijolos ecológicos e a própria construção de terra (RANGEL, 2015).

A construção de terra é muito antiga e abrangente, ela foi bastante utilizada no Brasil durante o período colonial, por ter sido trazida pelos portugueses e escravos africanos. Ela acabou por entrar em desuso, mas devido às recentes preocupações ecológicas e econômicas, ela ressurgiu como alternativa sustentável por apresentar alta durabilidade e baixa condutividade térmica, reduzindo a demanda de cimento e o transporte de material. As novas tecnologias potenciaram o surgimento de tijolos, painéis e diversos aditivos de terra. Um exemplo de obra construída com painéis de terra foi o Ricola's herb Center, na Suíça (Figura 7). (NEVES, 2005 apud PORTELLA et al., 2015; PISANI, 2004; MILANEZ, 1958 apud CARVALHO; LOPES, 2012)

Figura 7 – Edifício construído de painéis de terra



Fonte: Iwan Baan, 2014.

Outras práticas, como a utilização de jardins verticais e telhados verdes, surgiram como uma opção e alternativa da arquitetura ecológica, trazendo benefícios para o meio ambiente. Segundo Alberto et al. (2012), se referindo aos telhados verdes, esses benefícios podem ser: Proteção contra inundações, armazenando a água pluvial; redução do fenômeno da ilha de calor; e melhora da qualidade do ar. Além disso, os telhados verdes também trazem benefícios ao próprio edifício, como: Redução dos custos com energia, uma vez que os telhados verdes provêm conforto térmico e reduz a necessidade de refrigeradores artificiais; conforto e isolamento acústico; possibilita a plantação de frutas e legumes; valorização do imóvel; e, não menos importante, benefício estético. Um exemplo é o edifício La Maison-vague, construído na cidade de Sillery, na França (Figura 8).

Figura 8 – Telhado verde do edifício La Maison-vague



Fonte: Hometeka. Disponível em: <<https://www.hometeka.com.br/inspire-se/la-maison-vague/#jp-carousel-26649>>.

Entretanto, também há desvantagens em seu uso, os custos de implementação são bem elevados, assim como os custos de manutenção, dependendo do tipo de telhado verde escolhido; também há o risco de infiltração, caso o telhado não tenha uma boa impermeabilização; e a necessidade de estruturas mais resistentes para suportar o peso do telhado (FERREIRA; COSTA, 2010).

4.3.2 Arquitetura com Bambu

Há milhares de anos o bambu é reconhecido e utilizado como material de construção, sendo predominante em países orientais que há cerca de 3000 anos fazem uso desse recurso para o levantamento de obras, o que contribuiu para que sua presença se tornasse parte da cultura dessa região. Entretanto, o desenvolvimento tecnológico possibilitou o desdobramento de pesquisas sobre as propriedades dessa planta, e foi comprovado seus altos valores de resistência mecânica principalmente nos requisitos de tração e compressão, tornando o bambu uma opção e alternativa segura e ecologicamente correta na construção civil ao redor do mundo (MEIRELLES; OSSE, 2020; JUNIOR; KENUPP; CAMPOS, 2009).

A sua utilização diminui a pegada de carbono, assim como pode reduzir os custos da obra em cerca de 30% caso o bambu seja um recurso local, com isso, atingindo critérios de benefícios econômicos e ambientais, enquadrando a construção com o bambu como uma arquitetura e construção sustentável. Ademais, outro fator que incentiva a utilização desse recurso são as mais de 1200 espécies identificadas encontradas em países com climas temperados, tropicais e subtropicais, sendo possível seu cultivo e manejo por quase todo o globo, inclusive no Brasil, que consta com o crescimento de algumas espécies como o Bambu verde e o Bambu imperial pelos quais são conhecidos no país, o que possibilita a construção de edifícios, como o residencial bambu atmosfera, por exemplo, residencial da cidade de Ubatuba, São Paulo (Figura 9). (MEIRELLES; OSSE, 2020; JUNIOR; KENUPP; CAMPOS, 2009)

Figura 9 – Residencial de Ubatuba, São Paulo, construído com Bambu



Fonte: Atmosfera. Disponível em: <<https://atmosfera.com/portfolio/bambu-ubatuba-praia-grande-apartamentos-a-venda-de-2-e-3-quartos-alto-padrao-frente-mar/>>.

Entretanto, muitos aspectos implicam na utilização do bambu na construção civil, requer muito conhecimento, profissionais capacitados e recursos para o uso do material, pois apesar da sua alta resistência, ele precisa passar por uma série de tratamentos antes de suas aplicações. Segundo Targa e Ballarin (1990), se o bambu não for tratado ele pode chegar a ter apenas alguns meses de durabilidade dependendo de qual seja sua função na obra, o que torna sua utilização insustentável. Isso ocorre principalmente por problemas com fungos, por ataques de insetos ou por rachaduras (OHKE, 1989). Porém, esses problemas são minimizados ou até evitados por processos padrões do tratamento do bambu, como a cura e secagem. Na cura é quando ocorre a expulsão da seiva, tornando ele menos susceptível a insetos, já na secagem é onde se reduz a umidade das peças, o que além de remover os organismos responsáveis pelos fungos e podridão, reduz a variação de dimensões ocasionada pela umidade, o que se não for tratado pode ocasionar rachaduras futuramente nas peças (JUNIOR, 2000; TARGA, L. A.; BALLARIN, A. W., 1990 apud JUNIOR, 2000).

O bambu possui várias vantagens com relação a seus concorrentes estruturais. Dependendo da espécie, ele possui resistência à compressão equivalente ao concreto, enquanto sua resistência à tração é equivalente ao do próprio aço, além de constar com uma velocidade de crescimento surpreendente. Comparativamente, enquanto o crescimento ideal de uma árvore para o aproveitamento da madeira dura pode ultrapassar os 30 anos, o crescimento ideal do bambu para utilização varia apenas de 3 a 5 anos, facilitando o cultivo e obtenção do material (SOUZA, 2017). Esses fatores, junto com sua alta flexibilidade, permitem que ele seja utilizado desde grandes elementos estruturais, como pilares, vigas,

ripas, forros, coberturas, pisos, revestimentos, paredes e divisões de edifícios através de painéis, até como elementos decorativos que ajudam na integração do edifício com o meio natural. Essas características possibilitam a construção de obras completamente estruturadas com o material, como é caso do edifício Green Village, na Indonésia (Figura 10). (JUNIOR; KENUPP; CAMPOS, 2009)

Figura 10 – Obra inteiramente construída com o material bambu



Fonte: Tatler Philippines. Disponível em: <<https://ph.asiatatler.com/life/design-report-elora-hardys-green-village-in-bali-indonesia>>.

Vale também ressaltar os valores do bambu para além de sua utilização como material de construção. Por ser uma espécie vegetal que ocupa pequenos espaços e que possui um volumoso crescimento vertical, em sua forma natural ele pode servir como filtro solar externo, divisória natural, sombreamento, barramento ou redirecionamento de vento, decoração vegetal entre outras, trazendo benefícios ambientais devido ao seu alto potencial de absorção de CO₂ (MEIRELLES; OSSE, 2020).

4.3.3 Arquitetura de madeira

Assim como o bambu, a madeira é utilizada na construção de moradias há milhares de anos. Têm-se conhecimento que no período neolítico já se fazia uso dessa matéria prima para pequenos abrigos por ser um material abundante e de fácil manuseio. Porém, diferente do bambu, o seu uso é mais tradicional e presente ao redor do mundo, sendo muito utilizado como elemento estrutural e para a fabricação de móveis de alta qualidade. Entretanto, devido ao desenvolvimento tecnológico e técnico, novas matérias primas foram criadas e novos materiais surgiram como alternativas construtivas, fazendo com que a madeira perdesse parte do seu espaço no âmbito civil, no Brasil, por exemplo, o concreto é muito mais presente no

levantamento de edifícios. Mesmo assim ela ainda é utilizada como suporte para estruturas na construção civil e na criação de ambiente rústicos, ademais, ainda é o material mais tradicional em outros países, como os Estados Unidos e Japão (CASAGRANDE; PIENIAK; BOMBONATO, 2014).

4.3.3.1 Sustentabilidade na arquitetura de madeira

Não é garantido que obras construídas a partir da madeira são sustentáveis e assim reduzem os impactos ambientais, pois se a madeira utilizada em seu levantamento for proveniente de exploração e desmatamento ilegal, seus impactos são ainda maiores do que com a utilização de materiais não ecológicos, uma vez que o desmatamento irresponsável causa prejuízos como: alterações no microclima da região, perda da biodiversidade, erosão do solo, desertificação e arenização, entre outros danos de difícil reversibilidade ou que são irreversíveis. Devido a isso, o ideal é que a construtora e o cliente priorizem a compra de madeira certificada, proveniente de reflorestamento, o que também gera uma maior valorização do edifício. Um importante selo verde no segmento da madeira é o Cerflor, emitido pela Forest Stewardship Council (FSC), que é responsável pela regulamentação do uso e manejo sustentável (NASCIMENTO, 2018; VENÂNCIO, 2010 apud PEREIRA, 2017; PEREIRA, 2017).

Segundo Berriel (2009), para a madeira reflorestada, ela não é apenas um material ecologicamente correto, como sua característica renovável pode trazer muitos benefícios ao meio ambiente, pois no processo de reflorestamento, onde a madeira é “produzida”, as florestas favorecem vários outros aspectos, como a fauna, o ar, os rios, e a própria vida humana. Além disso, há outros benefícios no processo construtivo, como: custos de tratamento e processamento de baixo gasto energético, havendo uma poupança energética de 30% se comparado à alvenaria; a madeira também é um material que praticamente não gera resíduos nas obras por geralmente ser pré-fabricado; e é biodegradável e reciclável, o que possibilita um fácil reaproveitamento da madeira de demolições (MARQUES, 2008).

4.3.3.2 Características da madeira

A madeira possui muitas características que foram e são responsáveis por mantê-la como um material de grande importância na estruturação de edifícios por todo o mundo, uma delas é a sua grande atuação como um isolante térmico natural. Diferente do concreto, da cerâmica ou do aço, que suas variações na temperatura podem atingir valores extremos e são facilmente notadas com um simples toque com a mão, a madeira dificilmente sofre uma variação na temperatura que possa ser notada ao toque, isso ocorre devido à sua baixa absorção de calor e frio, o que a torna uma ótima alternativa para edifícios que precisam manter a temperatura interna (MARQUES, 2008). Devido a isso, a madeira surge como componente essencial para países que atingem temperaturas extremamente baixas, e é importante manter o calor dentro dos imóveis (Figura 11).

Figura 11 – Residências na neve construídas de madeira



Fonte: Nic Lehoux, 2016.

Além de apresentar beleza estética e uma forte integração com a natureza, a madeira também não fica para trás no requisito de durabilidade, devido à diversidade de madeiras e diferentes utilizações nas estruturas é difícil determinar uma média geral de tempo. Chuvas, insolação e temperaturas são fatores que também interferem na sua longevidade, entretanto, é fato que uma madeira bem tratada e preservada pode durar numerosos anos, por isso algumas medidas como: aplicar impermeabilizantes em áreas de possível absorção de água, realizar um tratamento químico do solo contra cupins e usar a madeira ideal para cada caso ajudam no prolongamento do edifício. Exemplo de obra construída da madeira que ainda existe de séculos atrás, é a igreja Hopperstad, na Noruega (Figura 12), construída no século XII (MARQUES, 2008; CASAGRANDE; PIENIAK; BOMBONATO, 2014).

Figura 12 – Igreja Norueguesa construída de madeira

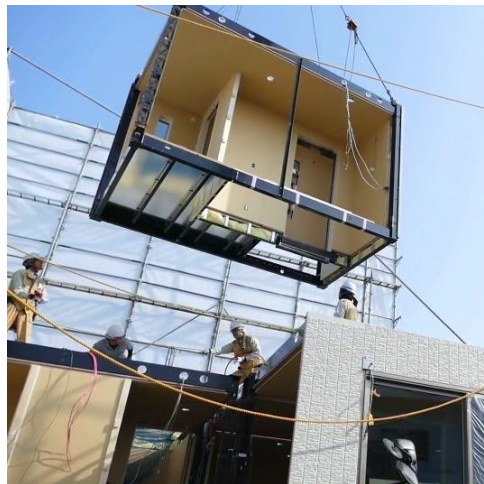


Fonte: Flickr. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/peterallen/213151724/>>.

4.3.4 Arquitetura Modular

A construção Modular, também conhecida como coordenação Modular, pode ser entendida como um método construtivo que utiliza de elementos pré-fabricados, chamados módulos (Figura 13), para levantar edifícios.

Figura 13 – Módulo sendo encaixado em um edifício



Fonte: Tecnoframe. Disponível em: <<https://tecnoframe.com.br/7-vantagens-da-construcao-modular/>>.

Esses elementos são transportados para o lugar onde se deseja construir e lá eles são “montados”. Outros autores criaram seus próprios conceitos da coordenação modular, Castelo (2008, p. 149-150) a define como:

“(…) Uma metodologia, que visa criar uma dimensão padrão, que racionalize a concepção e a construção de edifícios, o que permite elevar o grau de industrialização da construção, mantendo, no entanto, a liberdade de concepção arquitetônica dentro de valores aceitáveis.”

Então, entende-se que apesar de edifícios serem montado a partir de “dimensões padrões”, devido aos elementos pré-fabricados, a construção modular não é um projeto sem arquitetura. A tecnologia desse método construtivo tem apenas crescido nos últimos anos, permitindo a utilização de diversos materiais no acabamento dos módulos, como o concreto, madeira, vidro e até AVC. E a utilização de elementos confeccionado com o aço, que possui leveza e alta resistência, permitem uma maior flexibilidade e liberdade arquitetônica das obras que a aderem (Figura 14). (DEGANI, 2019)

Figura 14 – Residência construída a partir da coordenação modular



Fonte: Campo Grande News. Disponível em: <https://www.campograndenews.com.br/conteudo-patrocinado/leroy-merlin/casa-modular-pode-ficar-pronta-em-3-meses-gasta-menos-e-e-sustentavel>.

4.3.4.1 Processo construtivo com coordenação modular

Segundo a Visia (2020), que é uma empresa que trabalha com construção modular, o processo construtivo a partir desse método se dá em quatro etapas: A primeira etapa é a fase do projeto, que é onde se trabalha as questões arquitetônicas, o dimensionamento dos módulos, acabamento dos blocos e a viabilidade dos projetos. A segunda etapa é a produção e construção dos blocos, nessa fase é quando é realizado o nivelamento do lote, a construção das fundações e dos suportes da estrutura, ao mesmo tempo em que os módulos são fabricados pelas fábricas especializadas. A terceira etapa é o transporte, que como o nome sugere, é a fase em que os módulos são levados ao terreno já preparado. Devido ao dimensionamento limitado eles são facilmente transportados, sendo o método de transporte

mais comum no Brasil o a partir de caminhões, o que viabiliza sua utilização tanto nos centros urbanos quanto nas áreas rurais. A quarta e última etapa é a montagem e instalação, é quando os blocos são levantados e dispostos na fundação, geralmente com a utilização de um guindaste, montados conforme o projeto, e por fim são anexados.

4.3.4.2 Características da arquitetura modular

As vantagens da construção modular se dão durante suas etapas de construção. Pois uma vez que o edifício é concluído, ele não possui muitas diferenças de uma obra realizada pelo método construtivo convencional de alvenaria, ambos podem sofrer expansões, alterações estéticas, valorização com o passar dos anos, entre outros. O aspecto que mais os diferenciam é o tempo de execução. A coordenação modular permite que um edifício seja construído em um período de 8 a 14 semanas, um tempo relativamente curto se comparado ao método convencional que pode demorar mais que o triplo. Essa diferença se dá devido aos elementos do imóvel serem pré-fabricados industrialmente, o que já reduz o tempo por si só, mas também contribui para que haja menos tempo de obra no próprio lote, que é propício a atrasos devido as condições climáticas ou vandalismos. Isso abre espaço para quem busca construir em um baixo prazo, e que, se junto a outra vantagem, que é o fato dos edifícios modulares poderem ser desanexados e realocados, beneficia quem necessita se locomover de cidade de tempos em tempos, pois os edifícios se tornam “móveis”. (ROSA et al., 2020)

Pelo fato da estrutura ser fabricada industrialmente, outras vantagens podem ser observadas, como: a facilidade no controle da produção, aumento na precisão de produção reduzindo falhas e perdas, canteiros são praticamente dispensados, também são evitados cortes, quebras de componentes durante a construção, assim como improvisação na execução da obra. No âmbito da arquitetura, a simplificação dos projetos pode ser considerada tanto como uma vantagem quanto desvantagem, pois apesar da produção arquitetônica se tornar mais fácil, os projetos são limitados e menos flexíveis que a arquitetura convencional (ROSSO, 1976 apud PATINHA, 2011; MACHADO, 1999 apud AMORIM, 2016).

4.3.4.3 Sustentabilidade na arquitetura modular

A sustentabilidade desse método construtivo se dá pela alta racionalização dos recursos nas obras, seja durante a fabricação ou mesmo após a finalização do imóvel. Um ponto a ser observado, e que já foi citado anteriormente, é a possibilidade de realocar o edifício, sem a necessidade de demoli-lo. O ato da demolição gera uma grande poluição sonora e de resíduos, há uma vasta liberação de poeira ao mesmo tempo que é dificultado o reaproveitamento da matéria-prima proveniente dos escombros. Ademais, o fato dos elementos da edificação serem produzidos industrialmente implica num desperdício de materiais menor que 5% em toda a obra, que é um desperdício 5 vezes menor do que em uma construção de alvenaria, reduzindo os impactos ambientais (DEGANI, 2019).

Os benefícios ambientais ainda podem ser ampliados se houver a opção pelo uso de materiais renováveis na produção dos módulos, como a madeira ou o bambu, por um sistema de captação de água da chuva, para aumentar a eficiência hídrica, ou por um sistema de produção energética limpa, com painéis solares por exemplo.

4.4 Aplicações de arquitetura sustentável no Brasil e no mundo

Em vista das preocupações com o futuro do planeta, a arquitetura sustentável adquiriu muita atenção e importância nos últimos 30 anos, o que resultou em um grande avanço tecnológico nessa área que continua a se desenvolver e inovar de forma a reduzir cada vez mais os impactos da construção civil ao meio ambiente. Entretanto, como a tecnologia sustentável é relativamente “recente”, desenvolvê-la e aplicá-la de forma eficiente geralmente requer muito recurso financeiro, um alto desenvolvimento tecnológico industrial, conhecimento técnico e conscientização da população, o que favorece sua utilização em países de primeiro mundo, que dispõe dos recursos e de educação de melhor qualidade. Porém, é possível encontrar construções sustentáveis ao redor de todo o mundo, utilizando de práticas criativas e diferentes como forma de reduzir os impactos da construção civil e de trazer benefícios ao planeta.

4.4.1 Edifício Apple Park

Um exemplo de edifício sustentável é o Apple Park, uma nova sede da empresa Apple localizada nos Estados Unidos, na Cidade de Cupertino, Califórnia. Essa sede, custeada em aproximadamente 5 bilhões de dólares, foi idealizada por Steve Jobs, e devido à sua larga extensão, possuindo uma circunferência de cerca de uma milha (aproximadamente 1609 metros), demorou 8 anos para ser concluída (Figura 15). Tal edifício, além de distribuir mais de 11 mil profissões, também consta de uma arquitetura inteligente e sustentável, minimizando os impactos ambientais da sua construção. O design do projeto contribui para uma boa iluminação natural a partir dos seus amplos painéis de vidros curvados que alcançam até 13,5 metros de altura, e com ventilação natural, minimizando a necessidade de climatização artificial. Ademais, 80% da área do terreno é composta de área verde, onde foram plantadas cerca de 9 mil árvores, muitas frutíferas (SOTT, 2019).

Figura 15 – Sede da Apple na Califórnia, Apple Park



Fonte: Carles Rabada, 2018.

Outro aspecto que torna esse edifício sustentável, e importante fator para garantir à Apple Park seu certificado LEED Platinum, é o fato de que a sua energia é 100% proveniente de fontes renováveis. A maior parte dessa energia vem de painéis solares que são integrados a cobertura do edifício por toda a sua extensão, produzindo uma média de 17 megawatts, e a demais energia é vinda a partir de células a combustível, que contribui com 4 megawatts. A produção energética limpa em larga escala supre as necessidades do edifício e ainda permite fornecer eletricidade para a rede local em dias de baixo consumo (APPLE, 2018).

4.4.2 Edifício Bosco Verticale

Bosco Verticale é um edifício residencial construído em Milão, na Itália, idealizado e projetado pelo arquiteto Stefano Boeri (Figura 16). O condomínio é um exemplo de projeto contemporânea que aborda ideais sustentáveis de forma inteligente e inovadora, e por isso é atualmente referência de muitos projetistas em novos trabalhos que buscam incluir tal pegada ecológica (GIACOMELLO; VALAGUSSA, 2015 apud MELOTTO et al., 2017).

Figura 16 – Bosco Verticale visto de cima



Fonte: Boeri Studio. Disponível em: <<https://archello.com/pt/story/37654/attachments/photos-videos>>.

O edifício conta com aproximadamente 20.000 espécies de plantas, de diferentes portes e folhagens, escolhidas cuidadosamente para sobreviverem às condições meteorológicas às quais estão submetidas. São irrigadas a partir da água cinza do próprio condomínio e estão inteligentemente localizadas de forma a serem acessíveis aos moradores. A vegetação garante aos residentes melhora na qualidade de vida uma vez que ela traz diversos benefícios como redução da temperatura nos apartamentos, redução dos ruídos, e atuam como um filtro natural, refinando a qualidade do ar ao filtrar micropartículas e absorver dióxido de carbono (GIACOMELLO; VALAGUSSA, 2015 apud MELOTTO et al., 2017; JONNES, 2014 apud MELOTTO et al., 2017; EVE, 2014).

4.4.3 Edifício The Crystal

The Crystal (Figura 17) é um projeto de arquitetura contemporâneo construído em Londres, na Inglaterra, cuja função é exibir as inovações tecnológicas na área da sustentabilidade da empresa Siemens. O edifício, inaugurado em 2012, além de contar com um design único e surpreendente, é um exemplo de imóvel sustentável que conquistou certificações prestigiadas como a LEED Platinum e BREEAM Outstanding (CRUICKSHANK, 2018).

Figura 17 – Edifício The Crystal aberto para visitas



Fonte: wilkinsoneyre. Disponível em: <<https://www.wilkinsoneyre.com/projects/the-crystal>>.

The Crystal possui um exterior de vidro que permite a passagem de luz natural, o que além de atribuir um visual moderno reduz a necessidade de luzes artificiais durante o dia. Isso, junto com sistemas inteligentes de gerenciamento de energia aumentam a eficiência energética do edifício, esses sistemas percebem a iluminação no interior e ajustam o brilho das luzes artificiais para atingir um nível adequado sem gerar excedentes. O sistema também percebe a temperatura interna e externa, controlando ajustando a abertura de entradas de ventos nas circunstâncias ideais, poupando a utilização de climatizadores artificiais. Além disso, o projeto possui aproximadamente 470 metros quadrados de painéis solares e contam com uma bomba de calor terrestre para gerar sua própria eletricidade (CRUICKSHANK, 2018).

4.4.4 Aplicações da arquitetura sustentável no Brasil

A construção sustentável não é exclusividade internacional, o Brasil também é palco de grandes obras arquitetônicas sustentáveis, como o Eldorado business Tower (Figura 18) por exemplo.

Figura 18 – Edifício sustentável Eldorado Business Tower



Fonte: Grupo Galtier. Disponível em: <<http://grupogaltier.com.br/news/2018/5/23/eldorado-business-tower-sp>>.

Este edifício foi concluído em 2007, está localizado na avenida Das Nações Unidas, na Cidade de São Paulo e foi o primeiro edifício a receber o certificado LEED C&S Platinum na América Latina. Para conquistar tal certificação, foram analisados os benefícios ambientais, econômicos e sociais do edifício desde a sua fase de projeção até após sua conclusão, e é notável a preocupação com o meio ambiente desde o seu processo construtivo, uma vez que 74% dos resíduos gerados pelas obras foram desviados de aterros, com destinação mais sustentável; 30% do material utilizado no levantamento do edifício é de origem reciclada; 95% da madeira utilizada é certificada pela FSC; e 50% do material adquirido é regional. Não obstante, o projeto também se preocupou em atingir uma economia de 33% no consumo de água potável; zero gastos de água com irrigação; e economia de 18% no consumo de energia (AGNOL, GATTERMANN, CASA, 2013).

Outro exemplo de edifício sustentável brasileiro é o Eurobusiness (Figura 19), localizado no município de Curitiba, Paraná. Esse edifício conquistou a certificação LEED Platinum, além de também ganhar a primeira certificação LEED Zero Water no mundo por ser autossustentável quanto ao consumo de água. Para atingir tal feito, o imóvel consta com um poço artesanal que supre as necessidades de água potável; o prédio possui um sistema de

armazenamento de água pluvial; um telhado verde responsável por gerir e tratar naturalmente a água cinza de toda a estrutura; e um sistema de tratamento natural do esgoto a partir de vermifiltros, que trata 100% do esgoto do edifício, eliminando o descarte de rejeitos à rede pública, e redirecionando a água tratada para o uso em descargas (OLIVEIRA, 2019).

Figura 19 – Edifício Eurobusiness primeiro a ganhar Certificado LEED Zero Water



Fonte: Meu Novo Estilo de Vida. Disponível em: <http://meunovoestilodevida.com.br/Imoveis/salas-comerciais-eurobusiness/>.

Apesar da existência dessas obras, ainda há muito o que ser aprimorado e desenvolvido no país. O Brasil consta com diversos recursos naturais propícios à construção e arquitetura sustentáveis e que não são amplamente aproveitados, exemplos são: o clima para a “produção” de Bambu e madeira certificada, assim como uma extensa região litorânea adequada para a produção de energia eólica, e áreas de estiagem para a utilização de painéis fotovoltaicos. Entretanto, apesar dos profissionais da área da construção civil possuírem conhecimento e o interesse sobre a aplicação da arquitetura sustentável existe uma dificuldade em integrar tal conhecimento na hora de produzir um projeto sustentável, uma vez que enfrentam um desinteresse de clientes em adotar tais práticas, o que grande parte se deve por um aumento inicial dos custos, gerando uma falta de oportunidade aos profissionais (AGNOL, GATTERMANN, CASA, 2013).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A arquitetura surgiu com o desenvolvimento das civilizações, e ao longo do tempo sofreu inúmeras alterações com base nos valores das sociedades e no avanço técnico e tecnológico construtivo de cada época. Nos últimos séculos, com as revoluções industriais, áreas como a medicina, produção alimentícia e a própria construção civil evoluíram conforme as necessidades das sociedades, e como consequência a população humana se expandiu assim como o crescimento urbano, com isso, o consumo de recursos esgotáveis se tornou insustentável e a preocupação com o meio ambiente surgiu e ganhou notoriedade como algo essencial. Então, conciliar a construção civil e a arquitetura com o desenvolvimento sustentável se tornou uma solução para reduzir os impactos e preservar o meio ambiente, sendo possível aplicar a sustentabilidade desde a fase de produção do projeto, durante o processo construtivo até depois da conclusão da obra.

O conhecimento das novas práticas ecologicamente benéficas se difundiu rapidamente devido a globalização e virou um importante tópico em muitas instituições de ensino pelo mundo, agora, arquitetos e engenheiros que buscam trabalhar reduzindo a pegada ecológica tem como ter acesso ao conhecimento além de disporem de novas tecnologias que possibilitam projetarem sustentavelmente em qualquer parte do mundo.

Entretanto, apesar da alta flexibilidade da construção verde, é necessário que o interesse da população em aplica-la cresça, assim como o interesse dos profissionais em se atualizarem sobre as novas tecnologias sustentáveis, e tais obras e tecnologias se tornem cada vez mais presentes no futuro, pois apesar do número de edifícios certificados crescerem ano após ano, a construção civil está em constante processo de renovação e expansão, e é importante que todos consumam responsavelmente os recursos naturais para não comprometer a saúde do planeta e o progresso das gerações futuras. Devido a isso, a construção de grandes obras arquitetônicas sustentáveis possui muita importância, pois tais projetos servem de referência e auxiliam na disseminação da conscientização a respeito das questões ambientais, além de mostrarem práticas criativas e inovadoras de construir sustentavelmente que não necessariamente custe uma fortuna e que traz consigo benefícios sociais.

REFERÊNCIAS

7 VANTAGENS DA CONSTRUÇÃO MODULAR. **Tecnoframe**, 2020. Disponível em: <<https://tecnoframe.com.br/7-vantagens-da-construcao-modular/>>. Acesso em: 23 de nov. 2020.

A APPLE AGORA ATUA COM 100% DE ENERGIA DE FONTES RENOVÁVEIS NO MUNDO TODO. **Apple**, 2018. Disponível em: <<https://www.apple.com/br/newsroom/2018/04/apple-now-globally-powered-by-100-percent-renewable-energy/>>. Acesso em: 23 de nov. 2020.

AGNOL, L. D.; GATTERMANN, L. S. S.; CASA, M. G. S. Sustentabilidade na arquitetura brasileira. In: Seminário nacional de construções sustentáveis, n 2, 2013, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo, 2013, p. 6-9.

ALBERTO, Eduardo Zarzur et al. **Estudo do telhado verde nas construções sustentáveis**. Proceedings of Safety, Health and Environment World Congress. 2012.

AMORIM, F. R. **Estudo de processos construtivos modulares do ponto de vista da sustentabilidade**. Orientador: Prof. Eduardo Linhares Qualharini. 2016. 56 p. Projeto de Graduação (Graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, [S. l.], 2016.

ANALISI E DESCRIZIONE TEMPIETTO DI SAN PIETRO IN MONTORIO. **Lacultur**, 2017. Disponível em: <<https://lacultur.altervista.org/analisi-e-descrizione-tempietto-di-san-pietro-in-montorio/>>. Acesso em: 21 de nov. 2020.

RABADA, Carles. Apple park. **Unsplash**, 2020. Disponível em: <<https://unsplash.com/s/photos/apple-park>>. Acesso em: 23 de nov. 2020.

AS 4 ETAPAS DA CONSTRUÇÃO MODULAR. **Visia**, 2020. Disponível em: <<https://www.visia.eng.br/as-4-etapas-da-construcao-modular/>>. Acesso em: 23 de nov. 2020.

ATMOSFERA. **Atmosfera**, 2020. Bambu. Disponível em: <<https://atmosfera.com/portfolio/bambu-ubatuba-praia-grande-apartamentos-a-venda-de-2-e-3-quartos-alto-padrao-frente-mar/>>. Acesso em: 22 de nov. 2020.

BERRIEL, A. **Arquitetura de madeira**: Reflexões e diretrizes de projeto para concepção de sistemas e elementos construtivos. 363 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal), Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba, 2009.

BOSCO VERTICALE. **Archello**, 2020. Disponível em: <<https://archello.com/pt/story/37654/attachments/photos-videos>>. Acesso em: 23 de nov. 2020.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. **Our common future**: The World Commission on Environment and Development. Oxford: Oxford University, 1987.

CARVALHO, T. M. P.; LOPES, W. G. R. **A arquitetura de terra e o desenvolvimento sustentável na construção civil**. VII CONNEPI Palmas, TO. 2012.

CASAGRANDE, T. G.; PIENIAK, G. L.; BOMBONATO, L. A. Obras arquitetônicas em madeira. In: ENCONTRO CIENTÍFICO CULTURAL INTERINSTITUCIONAL, n. 12, 2014. **Anais...** 2014, p. 1-15.

CASTELNOU, A.M.N. 2003. Sentindo o espaço arquitetônico. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 7, p. 145-154, 2003.

CASTELO, J. L. C. **Desenvolvimento de modelo conceitual de sistema construtivo industrializado leve destinado à realização de edifícios metálicos**. Orientador: J. Amorim Faria. 2008. 278 p. Tese (Mestrado em construção de edifícios) - Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto - FEUP, [S. l.], 2008.

CEARÁ, secretaria da educação. **História da arquitetura e urbanismo**. Curso técnico em desenho de construção civil. 2020. Escola estadual de educação profissional.

CRUICKSHANK, Alice. Edifícios mais inteligentes do mundo: Siemens ‘The Crystal, Londres. **Placetech**, 2018. Disponível em: < <https://placetech.net/pt/analysis/worlds-smartest-buildings-siemens-the-crystal-london/>>. Acesso em: 23 de nov. 2020.

DEGANI, Jonathan. O que é construção Modular e como funciona. **Sienge**, 2019. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/construcao-modular/>>. Acesso em: 23 de nov. 2020.

ELDORADO BUSINESS TOWER – SP. **Grupogaltier**, 2018. Disponível em: <<http://grupogaltier.com.br/news/2018/5/23/eldorado-business-tower-sp>>. Acesso em: 23 de nov. 2020.

EVE, Liz. New Photos Show ‘Bosco Verticale’ Vertical Forest Nearing Completion in Milan. **Inhabitat**, 2014. Disponível em: <<https://inhabitat.com/newly-released-photos-show-the-bosco-verticale-vertical-forest-nearing-completion-in-milan/>>. Acesso em: 23 de nov. 2020.

FERREIRA, Bruno Zafalon Martins; COSTA, Camila Correia da. **Sustentabilidade nas edificações: telhado verde**. 2010. 112f. Trabalho de Conclusão (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Positivo, Curitiba 2010.

FILHO, N. Quadro da arquitetura no brasil. 9ª Edição. São Paulo: Editora Perspectiva S.A, 2000

FLORENCIO, E. F. L.; JUNIOR, J. C. B. S.; ALCERITO, F. B.; FERRUCI, T. P.; MURILHA, D. **Arquitetura Contemporânea**. Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Faculdade Integrada de Ourinhos-FIO/FEMM, São Paulo, 2020.

GALCERAN, Bruno. **Redução do Desperdício na Construção Civil através de Técnicas Construtivas Mais Eficazes**. Belo Horizonte, Monografia (Escola de Engenharia) - Universidade Federal de Minas Gerais, 2013.

GBCBRASIL. **GbcBrasil**, 2020. Conheça a certificação LEED. Disponível em: <https://www.gbcbrazil.org.br/certificacao/certificacao-leed/?gclid=CjwKCAjw4_H6BRALEiwAvgfzq6tk4LjXLygwERj_5oS0on7Y66ttF6y4VfD0vTzLfa2ZQyQ5AVIFMRoCojcQAvD_BwE>. Acesso em: 21/11/2020.

GILES, Oliver. Design Report: Elora Hardy's Green Village in Bali, Indonesia. **ph.asiatatler**, 2019. Disponível em: <<https://ph.asiatatler.com/life/design-report-elora-hardys-green-village-in-bali-indonesia>>. Acesso em: 22 de nov. 2020.

GLANCEY, J. **A história da arquitetura**. São Paulo: Loyola, 2001.

GONÇALVES, J. C. S.; DUARTE, D. H. S. Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino. **Ambiente construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 4, p. 51-81, out./dez. 2006.

GYMPEL, J. História de arquitetura: Da antiguidade aos nossos dias. Alemanha: Konemann, 2000

HOPPERSTAD STAVE CHURCH. **Flickr**, 2006. Disponível em: <<https://www.flickr.com/photos/peterallen/213151724/>>. Acesso em: 22 de nov. 2020.

JUNIOR, A. B. T.; KENUPP, L. K.; CAMPOS, R. Q. Utilização de bambu na construção civil – uma alternativa ao uso de madeira. **Revista Ciências do Ambiente On-Line**, v. 5, n. 1, julho de 2009.

JUNIOR, R. C. **Arquitetura com Bambu**. 2000. Dissertação (Mestrado em arquitetura) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS. p. 109. 2000.

KLINTOWITZ, Jaime. **Apocalipse já**. Revista Veja, ano 39, nº 24, Edição 1961, Editora Abril, 2006.

LA MAISON-VAGUE. **Hometeka**, 2013. Disponível em: <<https://www.hometeka.com.br/inspire-se/la-maison-vague/#jp-carousel-26649>>. Acesso em: 22 de nov. 2020.

LAMBERG, MORITZ. **Vista de rua em recife**. Disponível em: <<http://brasilianafotografica.bn.br/?p=4622>>. Acesso em: 02 set. 2020.

LARUCCIA, M. M. Sustentabilidade e impactos ambientais da construção civil. **ENIAC Pesquisa**, Guarulhos, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 59-84, jan.-jun. 2014.

LIMA, L. V. P. Arquitetura sustentável. **Revista Especialize On-line IPOG**, Goiânia, n. 005, v. 01, junho de 2013.

MACIULEVICIUS, Paula. Casa modular pode ficar pronta em 3 meses, gasta menos e é sustentável. **Campograndenews**, 2020. Disponível em: <<https://www.campograndenews.com.br/conteudo-patrocinado/leroy-merlin/casa-modular-pode-ficar-pronta-em-3-meses-gasta-menos-e-e-sustentavel>>. Acesso em: 23 de nov. 2020.

MARQUES, L. E. M. M. **O papel da madeira na sustentabilidade da construção**. Orientador: José Manuel Marques Amorim de Araújo Faria. 2008. 76 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia da Universidade de Porto, [S. l.], 2008

MEADOWS, Donella H.; RANDERS, Jorgen; MEADOWS, Dennis L. **Limits to growth: The 30-Year Update**. White River Junction: Chelsea Green, 2004.

MEIRELLES, Célia Regina Moretti; OSSE, Vera Cristina. **A utilização do bambu na arquitetura: as questões de conforto ambiental e estrutura**. Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Presbiteriana Mackenzie, Recife, 2020.

MELOTTO, A. M. *et al.* A sustentabilidade na obra bosco verticale de stefano boeri como novo paradigma da arquitetura contemporânea. In: Simpósio de sustentabilidade e contemporaneidade nas ciências sociais, n. 5, 2017. **Anais...** Cascavel, 2017, p. 8-10.

NASCIMENTO, Henrique. Veja 5 consequências do desmatamento de florestas. **Unama**, 2018. Disponível em: <<http://www.unama.br/noticias/veja-5-consequencias-do-desmatamento-de-florestas#:~:text=O%20desmatamento%20provoca%20a%20morte,em%20diferentes%20tipos%20de%20vegeta%C3%A7%C3%A3o.&text=Pela%20falta%20de%20vegeta%C3%A7%C3%A3o%20ap%C3%B3s,das%20chuvas%20e%20dos%20rios>>. Acesso em: 22 de nov. 2020.

NOVAES, M. De V.; MOURÃO, C.A.M. **Manual de Gestão Ambiental de Resíduos Sólidos na Construção Civil**. COOPERCON. 1a Ed. Fortaleza, CE, 2008.

OHKE, M. Material bambu. **Arquitetura de bambu**, Tokyo. V. 6, n. 4, p. 49-65, 1989.

OLIVEIRA, Thaynara. Prédio de Curitiba é o primeiro do mundo a ganhar certificação de autossuficiência em água. **Gazetadopovo**, 2019. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/haus/arquitetura/predio-de-curitiba-e-o-primeiro-do-mundo-a-ganhar-certificacao-de-autossuficiencia-em-agua/>>. Acesso em: 23 de nov. 2020.

PATINHA, S. M. P. A. **Construção modular – desenvolvimento da ideia: casa numa caixa**. Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Aveiro, 2011.

PEREIRA, Lucas Kassiano. **Reciclagem de Madeiras em Arquitetura e Design**. Orientador: Antonio Manoel Nunes Castelnou Neto. 2017. 21 p. Relatório (Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

PIRÂMIDES DE GIZÉ: TODAS AS CURIOSIDADES. **Notíciasaominuto**, 2018. Disponível em: <<https://www.noticiasaominuto.com/lifestyle/967668/piramides-de-gize-todas-as-curiosidades>>. Acesso em: 21 de nov. 2020.

PISANI, M. A. J. **Taipas: a arquitetura de terra**. Sinergia, São Paulo, v.5. 2004.

PORTELLA, A. J. F. et al. Arquitetura de terra – Processo histórico. **Colloquium Humanarum**, vol. 12, n. Especial, p. 182-189, out. de 2015.

PRIMEIRA UNIDADE VERDE DO MCDONALD'S NA AMÉRICA LATINA É INAUGURADA NO BRASIL. **Revistapegn**, 2020. Disponível em: <<http://revistapegn.globo.com/Revista/Common/0,ERT111526-17180,00.html>>. Acesso em: 21 de novembro de 2020.

PROJETO. **Revistaprojeto**, 2020. Aflavo e Gasperini: Edifício Os bandeirantes, São Paulo. Disponível em: < <https://revistaprojeto.com.br/acervo/aflavo-gasperini-edificio-os-bandeirantes-sao-paulo/>>. Acesso em: 21 nov. 2020.

RANGEL, Juliana. Arquitetura ecológica x Arquitetura sustentável. **Sustentarqui**, 2015. Disponível em: <<https://sustentarqui.com.br/arquitetura-ecologica-x-arquitetura-sustentavel/>>. Acesso em: 22 de novembro de 2020.

LEHOUX, Nic. Residências e casas de montanha stellar / bohlin cywinski jackson. **ArchDaily Brasil**, 2017. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/873687/residencias-e-casas-de-montanha-stellar-bohlin-cywinski-jackson?ad_medium=office_landing&ad_name=article>. Acesso em: 22 de nov. 2020.

BAAN, Iwan. Ricola kräuterzentrum / herzog & de meuron. **ArchDaily Brasil**, 2014. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/767716/ricola-krauterzentrum-herzog-and-de-meuron>>. Acesso em: 22 Nov. 2020.

ROSA, D. J. A. et al. **Construindo em módulos, inovações na construção civil e sua aceitação**: casas modulares. Faculdade de engenharia de Sorocaba, Sorocaba, 2020.

ROTH, C. G.; GARCIAS, C. M. Construção civil e a degradação ambiental. **Desenvolvimento em questão**, n. 13, p. 111-128, jan.-jun. 2009.

SALAS COMERCIAIS EUROBUSINESS. **Meunovoestilodevida**, 2020. Disponível em: <<http://meunovoestilodevida.com.br/Imoveis/salas-comerciais-eurobusiness/>>. Acesso em: 23 de nov. 2020.

SJÖSTRÖM, Ch. **Durability and sustainable use of building materials**. In: Sustainable use of materials. J.W. Llewellyn & H. Davies editors. London BRE/RILEM, 1992.

SOTT, Júlia. Conheça o Apple Park: o campus de 5 bilhões de dólares. **Engenharia360**, 2019. Disponível em: <<https://engenharia360.com/conheca-apple-park-campus/>>. Acesso em: 23 de nov. 2020.

SOUZA, Eduardo. Se projetássemos um material de construção ideal, ele se pareceria com o bambu. **Archdaily Brasil**, 2017. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/885322/se-projetassemos-um-material-de-construcao-ideal-ele-se-pareceria-com-o-bambu>>. Acesso em: 22 de nov. 2020.

STASCHOWER, E.; CALDEIRA, J. Arquitetura brasileira. Londrina: Educacional S.A., 2017

STEFANUTO, A. P. O.; HENKES, J. A. Critérios para a obtenção da certificação LEED: Um estudo de caso no supermercado pão de açúcar em Indaiatuba/SP. **R. gest. sust. ambiente.**, Florianópolis, v. 1, n. 2, p. 282-332, out. 2012/mar. 2013.

SUPERMERCADO PÃO DE AÇUCAR, **Elo21gbell**, 2020. Disponível em: <<http://elo21gbell.blogspot.com/2010/01/supermercado-pao-de-acucar.html>>. Acesso em: 21 de novembro de 2020.

THE CRYSTAL. **WilkinsonEyre**, 2020. Disponível em: <<https://www.wilkinsoneyre.com/projects/the-crystal>>. Acesso em: 23 de nov. 2020.