



**UNIFACVEST - CENTRO UNIVERSITÁRIO FACVEST
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

CARLA CRISTINA DE MORAES

**MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL ALTERNATIVOS VISANDO A
SUSTENTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES**

LAGES - SC
2020

CARLA CRISTINA DE MORAES

**MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL ALTERNATIVOS VISANDO A
SUSTENTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil como parte dos
requisitos necessários à obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Aldori Batista dos Anjos

LAGES - SC
2020

**MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL ALTERNATIVOS VISANDO A
SUSTENTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES**

Carla Cristina de Moraes

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIFACVEST- CENTRO UNIVERSITARIO UNIFACVEST
COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS À OBTENÇÃO DO GRAU DE
BAICHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

Aprovada por:

Moraes, Carla Cristina

Materiais de Construção Civil Alternativos Visando a Sustentabilidade em Edificações / Carla Cristina de Moraes – Lages- Sc: UNIFACVEST / Centro Universitário Unifacvest, 2020.

XX, 99 p.: il. ; 29,7cm.

Orientador: Aldori Batista dos Anjos

Trabalho de conclusão de curso – UNIFACVEST / Centro Universitário Unifacvest / Curso de Engenharia civil, 2020.

Referências Bibliográficas: p. 94–99.

1. Introdução. 2. Sustentabilidade. 3. Sustentabilidade em edificações 4. Materiais aplicados a construção civil. 5. Aspectos que incentivam a utilização de materiais sustentáveis na construção civil 6. Materiais de construção sustentáveis. 7. Conclusões. I. Anjos, A.B. II. UNIFACVEST - Centro Universitário Unifacvest, Curso de Engenharia civil III. Título.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, por me permitir vencer todos os obstáculos encontrados ao longo dela. Em segundo lugar aos meus pais, Jorge de Moraes e Eloina Meine de Moraes. Mesmo com todas as dificuldades vividas, nunca me deixaram faltar nada, sempre me incentivaram e fizeram o possível para que esse sonho se tornasse realidade. Meu caráter e educação são frutos de seus esforços incondicionais, sou extremamente grata. Saibam que eu amo muito vocês.

A minha irmã, Jorjane Aline de Moraes, que sempre me apoiou e fez-se presente nestes anos me dando força e impulso para não desistir. Saiba que os finais de semanas com você se tornaram inesquecíveis.

Ao meu melhor amigo e namorado, Ismael Kitaiski Knebel, por ter coragem de aceitar o desafio dessa mudança de ares, e sempre me apoiar e incentivar em todos os momentos, inclusive nos momentos de desânimo, esteve sempre ao meu lado, me passando tranquilidade, torcendo por mim, e acreditando que eu seria vitoriosa. Estes quase sete anos compartilhando a vida contigo foram os melhores, muito obrigado amor.

Obrigada aos meus amigos Lohana e Victor, a faculdade me deu o prazer de conhecer vocês. Os momentos que vivemos juntos tornaram meus dias mais felizes, onde compartilhamos alegrias, viagens e também decepções. A amizade de vocês vou levar para toda a vida, sucesso nesta nova fase.

Aos meus tios, Noeli Meine Passos e Gilberto Passos, por serem minha segunda família, por todo carinho e suporte ao longo desses 5 anos.

Aos meus professores que se dedicaram ao máximo para passarem da melhor forma possível os seus conhecimentos. Seus ensinamentos ficarão na memória. Cada momento vivido com vocês gerou efeitos muito positivos em minha vida. Obrigado por serem pacientes e me aturarem. Vou sentir falta de cada um de vocês, pois de alguma forma serão sempre parte de quem eu sou.

Agradeço muito aos colegas que a UNIFACVEST me deu, vocês tornaram tudo mais fácil e prazeroso. Em especial aos amigos Maicon, André, Wanderson, Natália e Magna, que dividiram muitas decepções, alegrias e confidências durante todo o curso. Tenho muito carinho por vocês.

Agradeço aos meus parceiros Branca e Xiru, meus cachorros, que tanto souberam me escutar, me dando carinho durante todos esses anos, obrigado por existirem.

Agradeço por fim ao Professor, Aldori Batista dos Anjos, que apesar de suas muitas tarefas e compromissos, orientou este trabalho. Muito obrigada por se mostrar sempre solícito e compreensivo, e principalmente, por se mostrar um exemplo de professor orientador.

*“A mente que se abre a uma nova ideia jamais
voltará a seu tamanho original”*

Albert Einstein

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO CIVIL ALTERNATIVOS VISANDO A SUSTENTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES

Carla Cristina de Moraes¹

RESUMO

O presente trabalho retrata através de revisão bibliográfica a respeito do uso de materiais de construção alternativos com o objetivo de tornar a realização de edificações mais sustentáveis. Hoje a questão ambiental está em grande ascensão no mundo e com isso a busca por práticas que causem menos impactos ambientais. Na construção civil isso não é diferente, sendo normal a apresentação de edifícios sustentáveis. O trabalho tem por finalidade fornecer dados e metodologias a respeito de materiais de construções corretos do ponto de vista ambiental, utilizando como parâmetros estudos de diversos autores, critérios avaliados por meio de certificações ambientais e consultas através de revisão bibliográfica. Por meio dos estudos e assuntos abordados neste trabalho pode-se concluir que os materiais sustentáveis são ainda timidamente aplicados no cotidiano da indústria da construção brasileira, e que ainda há poucos resultados científicos sobre a sustentabilidade, voltado para os materiais de construção no país. Porém se esta área aderir ao uso de materiais que causem menores danos poluidores em comparação com materiais convencionais, somado a adesões de soluções construtivas mais ecológicas, garantirão que essas construções sejam cada vez mais corretas do ponto de vista ambiental, garantindo assim uma qualidade de vida melhor para as futuras gerações.

Palavras-chave: Sustentabilidade; Edificações; Materiais.

¹ Graduando em Bacharel em Engenharia Civil – UNIFACVEST. E-mail: carlaa_moraes@hotmail.com

ALTERNATIVE CIVIL CONSTRUCTION MATERIALS AIMING AT SUSTAINABILITY IN BUILDINGS

Carla Cristina de Moraes¹

ABSTRACT

The present work portrays through a bibliographic review about the use of alternative construction materials in order to make buildings more sustainable. Today the environmental issue is on the rise in the world and with this the search for practices that cause less environmental impacts. In civil construction this is no different, and the presentation of sustainable buildings is normal. The aim of this work is to provide data and methodologies regarding environmentally correct construction materials, using as parameters the studies of several authors, criteria evaluated through environmental certifications and consultations through bibliographic review. Through the studies and subjects covered in this work, it can be concluded that sustainable materials are still timidly applied in the daily life of the Brazilian construction industry, and that there are still few scientific results on sustainability, focused on construction materials in the country. However, if this area adheres to the use of materials that cause less polluting damage compared to conventional materials, added to adhesions of more ecological construction solutions, they will ensure that these constructions are more and more correct from the environmental point of view, thus guaranteeing a quality of life better for future generations.

Keywords: Sustainability; Buildings; Materials.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Dimensões do desenvolvimento Sustentável.	25
Figura 2 - Propriedades dos materiais construtivos.	37
Figura 3 - Esquema geral do processo de britagem.	39
Figura 4 - Exemplo de granito.	41
Figura 5 - Exemplo de rocha Basalto.	42
Figura 6 - Rocha Diorito.	42
Figura 7 - Rocha Arenito.	43
Figura 8 - Rocha Calcária.	43
Figura 9 - Rocha Ardósia.	44
Figura 10 - Exemplo de Quartzito.	44
Figura 11 - Exemplo de Mármore.	45
Figura 12 - Exemplo de Rocha Gnaiss.	45
Figura 13 - Classificação dos aglomerantes.	47
Figura 14 - Processo de produção do cimento.	49
Figura 15 – Exemplo da aplicação dos metais na construção civil.	50
Figura 16 - Exemplos de aplicação da madeira na construção civil.	51
Figura 17 - Exemplos de materiais cerâmicos utilizados na construção civil.	52
Figura 18 - Perfil mínimo de desempenho para certificação AQUA- HQE.	54
Figura 19 - Níveis de Certificação LEED.	57
Figura 20 - Etapas para análise da energia incorporada dos materiais de construção.	69
Figura 21 - Avaliação das etapas da ACV.	71
Figura 22 - exemplo do bioconcreto em processo de “autocura”.	77
Figura 23 - Classificação das fibras vegetais.	78
Figura 24 - Exemplo de telha de tubo de pasta de dente.	80
Figura 25 - Vista parcial do encaixe das telhas de tubos de creme dental.	81
Figura 26 - Aplicação da telha de tubo de pasta de dentes na cobertura de uma escola.	82
Figura 27 - Exemplo de Ecotelha.	83
Figura 28 - Camadas que devem constar na construção de jardins na cobertura de uma edificação.	83
Figura 29 - Formatos do tijolo de solo-cimento.	90
Figura 30 - Exemplo de bloco de concreto ISOPET.	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Blocos da Agenda 21 destinados à construção civil Brasileira.....	30
Tabela 2- Impactos da construção civil.....	31
Tabela 3. Tripé da sustentabilidade no âmbito de construções.....	33
Tabela 4. Classificação dos materiais.....	36
Tabela 5 - Principais propriedades das rochas como material de construção.....	40
Tabela 6 - Principais aplicações de rochas em edificações.....	46
Tabela 7 - Categorias e famílias do AQUA.....	53
Tabela 8 - Níveis de gradação do Selo Casa Azul.....	58
Tabela 9 - Critérios de conservação de recursos materiais- Selo Casa Azul.....	59
Tabela 10 - Avaliação quanto a disponibilidade de materiais de construção.....	67
Tabela 11- Energia incorporada em materiais de construção.....	70
Tabela 12 - Ferramenta “Seleção em 6 passos”.....	76
Tabela 13 - Tipos e especificações de cimentos Portland no Brasil.....	86
Tabela 14 - Comparativo dos impactos ambientais entre cimentos da indústria brasileira.....	87

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Relação Clínquer/Cimento dos cimentos avaliados.	88
Gráfico 2 - Impactos por contribuição à mudanças climáticas.	88
Gráfico 3 - Impactos por acidificação dos cimentos avaliados.	88
Gráfico 4 - Impactos por eutrofização dos cimentos avaliados.	89
Gráfico 5 - Depleção de recursos não renováveis.	89
Gráfico 6 - Demanda de energia acumulada.	89

LISTA DE SIGLAS

A3P3	Agenda Ambiental na Administração Pública
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACV	Análise do Ciclo de Vida
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
BRE	Building Research Establishment
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assessment Methodology
CBCS	Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CDMAALC	Comissão de Desenvolvimento e Meio Ambiente da América Latina e Caribe
CIB	Conselho Internacional da Construção
CICA	Confederação Internacional das Associações de Construção
CII	Comissão da Indústria Imobiliária
CMA	Comissão do Meio Ambiente
CMMAD	Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
COIC	Comissão de Obras Industriais e Corporativas
COINFRA	Comissão de Infraestrutura
COMAT	Comissão de Materiais, Tecnologia, Qualidade e Produtividade
CONJUR	Conselho Jurídico
CPRT	Comissão de Política de Relações Trabalhistas
CRS	Comissão de Responsabilidade Social
EPA	Environmental Protection Agency
EPS	Poliestireno expandido
FEBRABAN	Federação Brasileira de Bancos
FIIC	Federação Interamericana da Indústria da Construção
GBC	Green Building Council

GBC-Brasil	Conselho de Construção Sustentável do Brasil
GBCI	Green Business Certification Inc.
HQE	Haute Qualité Enviromentale
ICV	Inventário do Ciclo de Vida
IPCC	Intergovernmental Panel for Climate Change
ISSO	International Organization for Standardization
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério de Minas e Energia
MPOG	Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão
MPOG	Ministério do Planejamento Orçamento e Gestão
NBR	Norma Técnica Brasileira
ONU	Organização das Nações Unidas
OSCIP	Organização da Sociedade Civil de Interesse Público
PIB	Produto Interno Bruto
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PVC	Policloreto de Vinila
RCD	Resíduo da Construção e Demolição
SAIC	Secretaria de Articulação Institucional e Cidadania Ambiental
SECEX	Secretaria de Comércio Exterior
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura
UKAS	United Kingdom Accreditation Service
USGBC	Green Building Council

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	17
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA E SUA RELEVÂNCIA	17
1.2 PROBLEMATIZAÇÃO.....	18
1.3 JUSTIFICATIVA.....	18
1.4 OBJETIVO GERAL	18
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
1.6 METODOLOGIA	19
1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2.0 SUSTENTABILIDADE	20
2.1 CONCEPTUALIZAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL	20
2.2 HISTÓRIA DA SUSTENTABILIDADE	21
2.2.1 FASES DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	22
3.0 SUSTENTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES	28
3.1 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	28
3.2 EDIFÍCIOS SUSTENTÁVEIS.....	32
4.0 MATERIAIS APLICADOS A CONSTRUÇÃO CIVIL	35
4.1 PRINCIPAIS MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	35
4.1.1 AGREGADOS	38
4.1.2 ROCHAS NATURAIS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	40
4.1.3 AGLOMERANTES	46
4.1.4 METAIS	49
4.1.5 MADEIRAS.....	50
4.1.6 MATERIAIS CERÂMICOS	52
5.0 ASPECTOS QUE INCENTIVAM A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	53

5.1 CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS	53
5.1.1 AQUA-HQE	53
5.1.2 LEED.....	56
5.1.3 SELO CASA AZUL.....	57
5.1.4 BREEAM.....	59
5.2 POLITICAS PÚBLICAS	61
5.2.1 CBCS - CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL	61
5.2.2 CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO.....	62
6.0 MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEIS	64
6.1 CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS.....	64
6.1.1 CRITÉRIOS ECONÔMICOS	64
6.1.2 CRITÉRIOS AMBIENTAIS	65
6.1.3 CRITÉRIOS SOCIAIS.....	75
6.2 EXEMPLOS DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO COM PRINCÍPIOS SUSTENTÁVEIS	76
6.2.1 CONCRETO ECOLÓGICO.....	77
6.2.1.1 CONCRETO AUTO CURÁVEL	77
6.2.1.2 CONCRETO COM UTILIZAÇÃO DE FIBRAS VEGETAIS.....	77
6.2.1.3 CONCRETO COM UTILIZAÇÃO DE REJEITOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL - RCD	79
6.2.2 TIJOLOS CERÂMICOS COM JUNÇÃO DE RESÍDUOS	79
6.2.3 TELHAS ECOLOGICAS.....	80
6.2.3.1 TELHA DE TUBOS DE CREME DENTAL.....	80
6.2.3.2 ECOTELHA	82
6.2.4 ISOLANTES TÉRMICOS E ACÚSTICOS.....	85
6.2.4.1 CÂNHAMO	85
6.2.4.2 LÃ DE OVELHA.....	85
6.2.5 CIMENTOS PORTLAND CPIII E CPIV	86

6.2.6 TIJOLOS ECOLÓGICOS	89
6.2.7 BLOCOS DE ISOPET	91
7.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS	92
REFERÊNCIAS.....	94

1.0 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TEMA E SUA RELEVÂNCIA

De acordo com o Conselho Internacional da Construção (CIB) a construção civil é considerada como o setor humano que mais sucumbe recursos naturais, gerando grandes impactos ambientais. Mas não somente isso, como também gera muitos resíduos seja ele sólidos, líquidos ou gasosos poluindo o meio em que está inserido.

A crescente preocupação ambiental por parte da sociedade, tem conduzido a mesma a procura por práticas mais cautelosas com o meio ambiente, conforme a pesquisa da revista Business Week, realizada em 2006, aponta que existirá um aumento de demanda por itens ligado a sustentabilidade, das pessoas entrevistadas, 89% afirmaram já escolherem marcas associadas a esse conceito (FEBRABAN, 2010).

O Brasil precisa a cada dia mais se destacar no mercado da construção civil, que é uma das atividades mais antigas e importantes para o desenvolvimento social e econômico de uma região. Uma das formas que se faz necessário, e que outros países já estão a frente é no debate da sustentabilidade e no uso de novos materiais alternativos.

Considerando o atual cenário ambiental, a sustentabilidade se tornou manifestação recorrente no ramo da construção civil. Alternativas que objetivam a redução dos impactos causados pela ação do homem são cada vez mais utilizadas. Em todas as obras devem ser empregadas soluções que sejam economicamente viáveis e que resultem em materiais e modelos construtivos que sejam integrados com o meio em que estão inseridos, afim de que promovam o bem-estar, a justiça social e sejam aceitos culturalmente, ou seja, que se comprometam com os pilares do desenvolvimento sustentável (CBIC, 2008).

De acordo com Abreu, 2009 as construções ecológicas encontram-se cada vez mais frequentes nas cidades atualmente, as edificações sustentáveis são uma solução da engenharia, da arquitetura e da engenhosidade humana para o problema que tanto preocupa o mundo hoje em dia que é a utilização mais racional de recursos naturais.

Investir em edificações sustentáveis é imensuravelmente mais do que garantir lucratividade e economia de recursos. É pensar sobre o próprio futuro da raça humana, já que assegurar o futuro das gerações que virão é obrigação de todos nós.

1.2 PROBLEMATIZAÇÃO

O trabalho em questão teve por finalidade auxiliar a resposta para seguinte questão: Por que devemos tornar as construções civis mais sustentáveis?

A importância do tema pode ser entendida se considerarmos um edifício como um grande conjunto de diversos materiais, cujos impactos são gerados em todas as suas etapas, a começar desde a extração de suas matérias primas, posteriormente a fabricação de materiais até as fases seguintes de construção, uso e demolição. Em função disso é necessária uma maior divulgação a respeito de materiais baseados em princípios sustentáveis de forma a contribuir com a construção civil ambientalmente correta.

1.3 JUSTIFICATIVA

A construção civil é um dos segmentos humanos que mais consomem recursos naturais gerando vários danos ambientais e é uma área que está em pleno crescimento e não pode cessar, pois, suas atividades fazem parte das necessidades de qualquer sociedade. Sendo para atender o crescimento urbano, o desenvolvimento econômico, ampliações e reformas dentre outros.

Por estes motivos é essencial buscar novas formas de contribuir com o desenvolvimento sustentável desse setor, principalmente garantindo a escolha e uso consciente dos materiais de construção, pois os mesmos fazem parte dos principais elementos da edificação que causam impactos ao meio ambiente durante todo seu ciclo de vida.

Em consequência disso, são necessárias mais informações referentes a materiais sustentáveis que podem ser utilizados nessa área, visando colaborar com a construção civil e com o meio ambiente.

1.4 OBJETIVO GERAL

Apresentar dados e informações para que os leitores se familiarizem com novos métodos e materiais de construção e que os mesmos sejam utilizados na construção civil tornando posteriormente essa área mais sustentável.

1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Contextualizar o histórico da sustentabilidade e suas fases ao longo da história, levantando dados através de revisão bibliográfica, com intuito de demonstrar o quão importante se faz a aplicação da sustentabilidade na construção civil.

- Relacionar os principais materiais convencionais utilizados na construção civil com o seu papel sobre o meio ambiente.
- Qualificar quais são os fatores que existem atualmente com o objetivo de incentivar a sustentabilidade na construção civil.
- Descrever quais os principais materiais alternativos utilizados hoje no mercado da construção civil.
- Demonstrar como o uso desses materiais alternativos podem contribuir com a sociedade de forma que causem menos danos ambientais.

1.6 METODOLOGIA

A metodologia escolhida para o desenvolvimento desta pesquisa foi através de revisões de literatura, consultando diversos autores em estudos científicos como: artigos, livros e dissertações, além de utilizar também recursos como revistas e materiais disponíveis na internet.

1.7 ESTRUTURA DO TRABALHO

O Capítulo 1 é dedicado à introdução do tema e sua contextualização, ressaltando sua relevância, problematização, justificativa, objetivo geral, objetivo específico e metodologia utilizada.

O Capítulo 2 é destinado a apresentar a conceptualização de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, mostrando o contexto histórico sobre o pensamento sustentável de diferentes fases ao longo da história.

O Capítulo 3 tem como ponto principal a construção civil, abordando a sustentabilidade em edificações.

O Capítulo 4 apresenta os principais materiais utilizados em construções convencionais, bem como sua relação com o meio ambiente.

O Capítulo 5 aborda fatores que incentivam a sustentabilidade na utilização de materiais de construção, utilizando de assuntos como certificações ambientais e políticas públicas brasileiras.

O Capítulo 6 é voltado para explicação dos materiais sustentáveis, comentando sobre alguns parâmetros de seleção e citando alguns exemplos.

Por fim, o Capítulo 7 apresenta às considerações finais sobre o tema, como também sugestões para futuros trabalhos.

2.0 SUSTENTABILIDADE

2.1 CONCEPTUALIZAÇÃO DE SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

De acordo com Nascimento (2012), o que entendemos por sustentabilidade tem duas origens, sendo elas a primeira na biologia através da ecologia, a qual se baseia na habilidade de regeneração dos ecossistemas, também entendido como “resiliência”, em consideração aos danos causados tanto pelo homem, como por exemplo, o uso desenfreado dos recursos naturais, desmatamento dentre outros. Como também dos danos que acometem a natureza sem a intervenção antrópica, como é o caso de tsunamis, terremotos etc. Já a segunda por causa da economia como consequência do desenvolvimento, devido a consciência crescente de que o padrão de produção e expansão no mundo, principalmente no último quarto deste século, mostrou-se inviável e sem condições de se perdurar. Surge então com isso a noção de sustentabilidade sobre a percepção de que os recursos naturais podem chegar ao esgotamento.

Sustentabilidade é definida como sendo um regime de sustentação ou conservação de um processo ou sistema. A palavra sustentável deriva do latim *sustentare* e significa sustentar, apoiar, conservar e cuidar. O conceito de sustentabilidade aborda a maneira como se deve agir em relação à natureza para garantir o futuro das próximas gerações. (SUA PESQUISA.COM).

Uma das primeiras definições de desenvolvimento sustentável e que ainda está em aplicação nos dias de hoje foi criada pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD, 1988), define “desenvolvimento sustentável aquele que atende as necessidades da geração presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades”.

Muitas outras definições surgiram posteriormente, mas todas tiveram como base a elaborada pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. De acordo com Godoy (2009), não existe apenas um único conceito de desenvolvimento sustentável. Pois o desenvolvimento sustentável não está relacionado apenas com o crescimento, mas sim com o conteúdo desse crescimento, com o objetivo de transformar esse desenvolvimento menoridade em energia e matérias primas e diminuir os impactos por ele causados.

O desenvolvimento sustentável atinge proporções muito maiores que as causas ambientais. Os âmbitos econômicos e sociopolíticos se juntam com os aspectos biofísicos como

base para tentar interferir no modelo de consumo de recursos vigentes. Jacobi (2003) argumenta como sendo uma tática que leve em consideração seja a viabilidade econômica como a ecológica, convertendo sempre em medidas que migrem do conceito para ação.

Percebe-se então que, um dos mais importantes questionamentos da sustentabilidade são voltados ao objetivo de alcançar o desenvolvimento econômico e social mundialmente, respeitando os ecossistemas do planeta. O término desse conceito pode ser também entendido como a competência de criar condições básicas para o bem-estar de uma sociedade e garantir para mesma uma boa vida de qualidade.

2.2 HISTÓRIA DA SUSTENTABILIDADE

O conceito de sustentabilidade é antecessor aos períodos da idade média. Vosgueritchian (2005) afirma que condutas sustentáveis existiram já no período medieval, como nos mosteiros europeus, onde era produzido o próprio alimento, a água era coletada e reutilizada além de utilizar também materiais locais para construção de edifícios.

Com o passar do tempo, novos paradigmas foram elaborados e teorias foram otimizadas. Com os avanços das civilizações e o surgimento de grandes urbanizações, principalmente com a revolução industrial e mais tarde a revolução tecnológica conduziram o mundo a fortalecer grandemente a escala de produção e exploração de recursos naturais. As questões sociais não eram consideradas como são hoje, pois naquele momento o mundo vivenciava um momento cujo objetivo principal era o desenvolvimento.

Apenas a partir da década de 1960 que se começou a questionar o pensamento vigente. Alguns catalizadores que determinaram a mudança do pensamento mundial foram os movimentos sociais, guerras decorrentes a Guerra Fria e posteriormente a crise do petróleo em 1972. Meideiros (2013) enfatiza que muitos dos conceitos que hoje fazem parte do conceito geral de sustentabilidade, como o regionalismo, bioclimatismo e ecologia foram usados naquele momento para expor a fragilidade do planeta.

De acordo com Barbosa (2013), foi nesse momento histórico que começou a se explorar, as relações do homem, do clima e da arquitetura, que ficou conhecido posteriormente como a “arquitetura bioclimática”. Entendido também como a busca por soluções aplicadas a arquitetura que visam através de análises de dados climáticos regionais, e avaliações de sensações humanas, amenizar os efeitos do clima.

Segundo Elkington (2012), o período de 1960 e início de 1973 foi caracterizado como o momento mais importante da primeira fase da evolução do pensamento sustentável no mundo. As transformações desses períodos colaboraram para formar e consolidar o nomeado pensamento sustentável.

2.2.1 FASES DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A consciência de sustentabilidade começa a ganhar relevância política na ideia de desenvolvimento, decorrente da crise ambiental global que estava se instalando no mundo. Mas só foi conhecida como é hoje a partir da década de 1960, momento em que devido a poluição nuclear percebeu-se que existia um risco ambiental global. Os seus sinais demonstraram que os problemas ambientais não estão restritos a determinados territórios, pois conforme enfatiza Machado (2005) “houve ocorrência de chuvas radiativas a milhares de quilômetros dos locais de realização dos testes e isso acendeu um caloroso debate no seio da comunidade científica”.

Outro momento desse percurso, onde houve uma percepção da crise ambiental foi a respeito dos inseticidas e pesticidas químicos, denunciado pelo livro *Silent Spring*, onde a bióloga Rachel Carson vendeu mais de meio milhão de exemplares e em 1963 já estava distribuído em mais de 15 países. (McCormick, 1992).

Foram esses acontecimentos que despertaram os governos e as mídias, mas o maior beneficiário foi o movimento ambientalista. Houve um aumento na época de 17 % ao ano nas cinco maiores organizações conservacionistas nos Estados Unidos. (MCCORMICK, 1992).

As chuvas ácidas ocorridas nos países nórdicos contribuíram para que em 1968 a Suécia propusesse ao Conselho Nacional das Nações Unidas (Ecosoc) da realização de uma conferência mundial, com intuito de elaborar um acordo internacional que tivesse como objetivo fazer com que os países reduzissem a emissão de gases causadores das chuvas ácidas. Resultando assim, na sua aprovação, posto em prática na conferência de Estocolmo em 1972. Durante a preparação dessa conferência, que decorreram mais de 3 anos foram colocados face a face países de primeiro mundo, também entendidos como desenvolvidos e países de terceiro mundo chamados, não desenvolvidos. Uns com objetivo em diminuir a degradação ambiental, que causava risco a qualidade de vida. Outros, a não serem impedidos de se desenvolver, bem como sofrerem alguma restrição a respeito das exportações de seus produtos primários. Essa objeção era ainda mais complicada considerando que países do Terceiro Mundo culpavam o seu pouco crescimento econômico como motivo dos problemas ambientais. Sendo assim, para

eles a solução dos problemas ambientais se dava pela erradicação da pobreza (NASCIMENTO, 2012).

Se, por um dos lados era defendido a defesa do meio ambiente que era o caso dos países desenvolvidos, do outro lado, os países em desenvolvimento tinham como objetivo o combate à pobreza. Essa separação não atravessava apenas os países, mas também os atores político-sociais, gerando confronto entre ambientalistas e desenvolvimentistas.

Em razão da complexidade das discussões, a Organização das Nações Unidas (ONU) transferiu o debate para uma comissão técnica que concebeu o Only one earth (Ward & Dubos, 1973). O documento entendia que se de um lado, o problema ambiental era causado por causa do excesso de desenvolvimento, ou seja, consumo excessivo e tecnologia agressiva. De outro, a questão ambiental estava muito ligada ao meio social. Gerando assim, uma mudança onde antes o binômio desenvolvimento (economia) e meio ambiente (biologia) é substituído por uma tríade, introduzindo-se a dimensão social.

De acordo com Meadows et al. (1972), a reunião de Estocolmo acontece devido ao impacto provocado pelo relatório do Clube de Roma – Limits to Growth, que tinha como proposta a desaceleração do desenvolvimento nos países desenvolvidos, e nos subdesenvolvidos o crescimento populacional.

Também previa uma ajuda dos mais ricos para que os mais pobres pudessem se desenvolver. Um evento e dois outros trabalhos, na mesma época, impactaram o ramo da sustentabilidade. O primeiro, em 1971, o qual não teve influência com a reunião de Estocolmo, mas no desenvolvimento posterior da reflexão sobre a economia. Foi o trabalho de Nicholas Georgescu-Roegen (1999), que trata a economia como um subsistema da ecologia, fundamentado na segunda lei da termodinâmica (entropia), interage com a natureza em seu processo de transformação. O segundo trabalho, de Arne Naess (1973), publicado na revista *Inquiry*, tornou-se apressadamente o símbolo dos ambientalistas mais radicais, com a diferença entre ecologia superficial (que se preocupa com a poluição nos países desenvolvidos) e ecologia profunda (voltado para os problemas ecológicos existentes nas estruturas das sociedades em todo o mundo). Já o evento, nesse mesmo ano, foi a crise do petróleo, que impulsionaria os países desenvolvidos a reduzirem a emissão de gases de efeito estufa, hoje chamada descarbonização da economia.

Houve uma movimentação dos governos para criação de agências e departamentos que se destinassem as premissas das questões ambientais pois em função da preparação da reunião

de Estocolmo, percebeu-se a falta de informações e dados fiáveis que se existia sobre esse assunto. Uma resposta disso foi a criação nos Estados Unidos em 1970, da Environmental Protection Agency (EPA), e no Brasil em 1973, a Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA).

Dez anos após a reunião de Estocolmo a avaliação dos resultados feita pela ONU, demonstrou que não foram alcançados os resultados esperados, ficando bem aquém do necessário (LE PRESTRE, 2000). Ocasionalmente assim a formação da Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), dirigida pela ex-primeira-ministra norueguesa Gro Harlem Brundtland, cujo relatório de 1987 (Our common future) tinha como missão propor uma agenda global para a mudança. Para Lenzi (2006), a definição de Desenvolvimento Sustentável, foi o maior esforço até então conhecido para conciliar desenvolvimento econômico com a preservação do meio ambiente. Essa definição tornou-se clássica e responsável por um grande debate mundial. Sendo conhecida como: “Desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras em satisfazer suas próprias necessidades”. (NASCIMENTO, 2012, p. 54.)
Afirma que:

A força e a fraqueza dessa definição encontram-se justamente nessa fórmula vaga, pois deixam-se em aberto quais seriam as necessidades humanas atuais, e mais ainda as das gerações futuras. Introduce-se a noção da intergeracionalidade no conceito de sustentabilidade, associando-a à noção de justiça social (redução das desigualdades sociais e direito de acesso aos bens necessários a uma vida digna) e aos valores éticos (compromisso com as gerações futuras).

Devido aos efeitos do liberalismo, que naquela época foi um dos principais responsáveis pelo aumento das desigualdades sociais entre os países, Our Common Future se posiciona contra o mesmo. E torna-se a favor da dimensão social como parte fundamental da questão ambiental. “A pobreza é uma das principais causas e um dos principais efeitos dos problemas ambientais do mundo. Portanto, é inútil tentar abordar esses problemas sem uma perspectiva mais ampla, que englobe os fatores subjacentes à pobreza mundial e à desigualdade internacional” (Brundtland, 1987, p.4).

A então hoje conhecida como Rio-92, foi convocada pela Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Cnumad) em 1992. “O mérito de seus resultados é até hoje discutido, ora valorizado, ora denegrido” (Bursztyn & Bursztyn, 2006, p.62). Como resultados mais visíveis foram a criação da Convenção da Biodiversidade e das Mudanças Climáticas que resultou no Protocolo de Kyoto, na Declaração do Rio e na Agenda 21.

A Declaração do Rio acompanha a mesma linha das decisões da reunião de Estocolmo, relacionando desenvolvimento e meio ambiente, mediante de uma consciente gestão dos recursos naturais, sem comprometimento do modelo econômico vigente. O documento segue o pensamento já antigo que é o da expansão econômica que o mundo começa a conhecer, indo totalmente em contrapartida ao que anunciava a literatura mais crítica da época, como o relatório preparatório da reunião da Comissão de Desenvolvimento e Meio Ambiente da América Latina e Caribe (CDMAALC, 1991, p.2):

Os modelos de desenvolvimento que prevalecem no mundo e que produziram ganhos importantes para o desenvolvimento humano por várias décadas demonstram sinais irrefutáveis de crise. [...] a configuração dos problemas ambientais ameaça a capacidade de manter este processo de desenvolvimento humano em médio e longo prazos.

Com o protocolo de Kyoto, o pensamento contrário entre os países desenvolvidos e os restantes ficaram ainda mais visíveis, pois os Estados Unidos não o assinaram. Isso mesmo em 2007, após o Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC) lançar um comovente alerta sobre os riscos decorrentes do aquecimento global e a contribuição nesse processo da ação antrópica. O mundo ficou tocado, o governo americano, nem tanto. Em meio ao debate na mídia, um consenso se estabeleceu o desenvolvimento sustentável compondo-se essencialmente de três dimensões, conforme mostra a figura 1, embora muitos autores, como Colaço (2008), considerem a relevância de várias outras dimensões.

Figura 1 - Dimensões do desenvolvimento Sustentável.



Fonte: MOTTA; AGUILAR, 2009.

A primeira dimensão do desenvolvimento sustentável, comumente utilizada é a ambiental. Ela propõe que a forma de consumo e produção seja harmônica com a quantidade de material disponível no meio natural. Ou seja, refere-se ao ponto de produzir e consumir garantindo a condição para que os ecossistemas possam se auto recuperar.

A segunda dimensão é a econômica, ela sugere o desenvolvimento econômico seja na produção ou no consumo, ocorram de forma que agridam menos ao meio ambiente. Trata-se, portanto, de buscar alternativas que poupem ou substituam a utilização de recursos como fontes fósseis de energia, e recursos essenciais como a água e minerais. Também chamada de ecoeficiência, onde busca-se produzir mais e melhor com menos recursos naturais, a qual tem por objetivo sair do ciclo de energia fóssil (petróleo, carvão e gás) ampliando assim a desmaterialização da economia.

A terceira e a última dimensão é a social, onde propõe que todos os cidadãos tenham uma vida digna, que exista uma maior equidade na distribuição de bens e de renda. Tem por objetivo erradicar a pobreza e definir um padrão de desigualdade menores que a que existem hoje. Diminuir a diferença de padrões de vida entre classes sociais. Em outras palavras, é a implantação da velha e desejável justiça social.

Existem várias outras formas de definir as dimensões da sustentabilidade, nesse trabalho cito apenas as que são mais essenciais e com frequência utilizadas.

Estudiosos denominam que o mundo experimenta hoje o início de uma quarta onda ambiental, onde o foco se dá bastante na sustentabilidade. Inúmeros acontecimentos ocorreram desde 2010, uma delas é a Rio + 20 e cinco conferências do clima organizadas pela ONU - Organização das Nações Unidas (Elkington, 2012).

Simultaneamente no Brasil, houve um categórico acompanhamento das questões sustentáveis, um exemplo disso é a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), criada em 2010 e instituída pela Lei nº 12.305/2010. A lei discute as formas de prevenção, redução e manejo de resíduos sólidos, tendo como fundamento a prática de hábitos de consumo de forma sustentável (CASA CIVIL, 2010).

Além da PNRS, temos várias outras formulações que vão na mesma vertente como é o caso da Lei nº 6.938/1999, a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e a agenda ambiental. De acordo com o MMA, destacam-se seguintes:

- a) Decreto nº 5.940/2006 – instituiu que as entidades e órgãos públicos devem fazer de forma direta ou indireta a separação dos resíduos recicláveis e destina-lo as associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis;
- b) Lei 12.187/2009 – Política Nacional de Mudanças Climáticas;
- c) Lei no 12.349/2010 – que altera o Art. 3º Lei no 8.666/1993 incluindo como objetivo das licitações a Promoção do Desenvolvimento Nacional Sustentável.
- d) Instrução Normativa no 1/2010 do MPOG – a qual determina critérios de sustentabilidade ambiental na contratação de serviços, aquisição de bens, ou obras na Administração Pública Federal;
- e) ISO 2600 – Estabelece diretrizes a respeito de responsabilidade social.
- f) Recomendação do CONAMA Nº 12/2011 – prescreve as entidades e órgãos do Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) a adoção de padrões e normas de sustentabilidade;
- g) Lei 12.462/2011– Regime Diferenciado de Contratações Públicas, em seus artigos 3º, 10º e 14º propõe o ato de se promover a sustentabilidade;
- h) Projeto Esplanada Sustentável de 2012 – composto pela A3P do MMA, PEG/MPOG, do PROCEL/MME e da Coleta Seletiva Solidária da Secretaria Geral da Presidência da República, com objetivo de fazer com que a administração pública federal reduza gastos e consumos.
- i) Decreto nº 7.746/2012 – decreta a adoção de iniciativas, incluindo a A3P, referentes ao tema da sustentabilidade pelos órgãos e entidades federais bem como suas vinculadas;
- j) Instrução Normativa No 10/2012: MPOG – estabelece as regras para elaboração dos Planos de Gestão de Logística Sustentável pela administração pública federal bem como suas vinculadas.
- k) Portaria SECEX/MMA Nº 28/2018 – institui o programa A3P na estrutura do MMA.
- l) Portaria SAIC/MMA Nº 03/2018 – institui as diretrizes do Programa A3P.

Nota-se com isso que, cada vez mais há uma crescente preocupação em escala global com a busca de padrões sustentáveis. Podendo-se perceber através dos inúmeros congressos, fóruns e seminários que estão ocorrendo ao redor do mundo, além dos países e suas legislações se adequarem ao ponto socioambiental. Bem como a repercussão que esse tema tem tomado, principalmente na área científica com inúmeras cartilhas, teses e artigos publicados.

3.0 SUSTENTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES

3.1 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A construção Civil é uma das práticas mais antigas e essenciais para o desenvolvimento social e econômico de uma região. Mas também traz com ela uma grande carga de impactos ambientais, seja pela exploração e consumo de matérias primas, como também na geração de resíduos e na modificação de paisagens.

A expressão construção sustentável, foi apresentado pelo professor Kilbert (1994) apud Colaço (2008) com intenção de representar a responsabilidade que a construção civil tem com os objetivos da sustentabilidade. De acordo com Kilbert, a compreensão existente e as consequências ambientais causadas pela indústria da construção apontam que há uma imprescindibilidade de transformação para alcançarmos esses objetivos. Inicialmente analisando as características tradicionais de construção e comparara-las com o novo critério sustentável aplicados aos produtos, aos processos construtivos e aos materiais de construção. Esse modelo de pensamento modificou alguns fatores tidos como competitivo na indústria da construção como o custo, o tempo e a qualidade.

De acordo com Araújo (2006) p. 1:

A Construção Sustentável é um sistema que promove intervenções sobre o meio ambiente, sem esgotar os recursos naturais, preservando-os para as gerações futuras. Tal modelo de construção utiliza ecomateriais e soluções tecnológicas inteligentes, que promovem a redução da poluição, o bom uso e a economia de água e de energia e o conforto de seus usuários.

Conforme Araújo (2006), as linhas-mestras que da construção sustentável são:

- *Gestão da obra:* Estudo de impacto ambiental; Análise de Ciclo de Vida dos materiais e da obra; Aplicação de Critérios de Sustentabilidade e Planejamento Sustentável; Estudos de consumo de materiais e energia para reforma e manutenção; Logística dos materiais e Gestão dos resíduos na obra.
- *Aproveitamento passivo dos recursos naturais:* conforto térmico e acústico, iluminação natural, formação e interferências no clima e microclima.
- *Eficiência energética:* Uso de dispositivos para conservação de energia. Fazer o uso consciente de energia pública fornecida e, quando possível, aproveitamento de fontes de energia renováveis, como a solar e a eólica (vento).
- *Gestão e economia da água:* uso de tecnologias e sistemas que possibilitem um consumo menor de água; utilização de tecnologias que permitam a recirculação e o

reuso da água utilizada na habitação para fins não potáveis; aproveitamento de parte da água de chuva para fins potáveis ou não dependendo do tratamento aplicado e da região onde ela precipitou.

- *Gestão dos resíduos gerados pelos usuários:* implementação de lugares para coleta seletiva do lixo, destinação e reciclagem.
- *Qualidade do ar e do ambiente interior:* elaboração de um ambiente saudável, com uso de materiais biocompatíveis, naturais e/ou que não liberem substâncias voláteis. Onde o ar seja respirante, não-selado/plastificado, isento de poluentes (tais como partículas em suspensão, COVs/ compostos orgânicos voláteis).
- *Conforto termo-acústico:* utilização de tecnologias eco-inteligentes com o objetivo de regular o som, a temperatura e a humidade relativa do ar para melhorar o conforto do ser humano.
- *Uso de ecoprodutos e tecnologias sustentáveis para todas as instâncias da obra.*
- *Evitar o uso ou promover uma redução da utilização de materiais não sustentáveis:* como amianto, PVC, alumínio e chumbo, dentre outros.

Os anos de 1990 por consequência da Rio 92 foram um marco a respeito de discussões sobre os impactos ambientais gerados pela construção civil ao meio ambiente. A partir da Rio 92, a criação da Agenda 21 propiciou novas interpretações sobre o tema, como: a CIB2 “Agenda 21 on Sustainable Construction”, publicada em 1999, foi uma agenda destinada ao setor da construção civil; a “Agenda Habitat II”, realizada em Istambul em 1996, assinada na Conferência das Nações Unidas; e a CIB/UNEP3 “Agenda 21 for 15 Sustainable Construction in Developing Countries” (SILVA, 2013). Conforme a Agenda 21 do CIB (International Council for Research and Innovation in Building and Construction), indústria da construção e o ambiente construído é de extrema importância para o desenvolvimento sustentável de uma sociedade.

Os principais aspectos da Agenda 21 que se refere a construção no Brasil estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1- Blocos da Agenda 21 destinados à construção civil Brasileira.

Bloco	Aspectos
Gerenciamento e organizações de processos	Definição de padrões e melhoria da qualidade ambiental das construções: projeto (de forma multidisciplinar e integrada), processo (melhorando a gestão, aumentando a segurança no ambiente de trabalho, integrando disciplinas, incluindo novas tecnologias, qualificando a mão de obra, reciclando e reutilizando Resíduos de Construção Civil – RCC, normalização e conscientização pública), produto.
Qualidade ambiental de edifícios	Processos e produtos de construção segundo aspectos de qualidade do ar interior; Avaliação ambiental dos edifícios, e de produtos para a construção com base em seu ciclo de vida; Seleção de materiais ambientalmente saudáveis; Poluição em canteiros e indústrias.
Redução de consumo de recursos naturais	Redução de desperdício e gestão de resíduos; Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição - RCD e aumento do uso de reciclados como materiais de construção; Uso racional de água; Uso racional de energia e aumento da eficiência energética do setor; Aumento da durabilidade e planejamento da manutenção; Melhoria da qualidade da construção.

Fonte: Condeixa, 2013.

Surgiu a partir da Rio-92 os primeiros incentivos ao desenvolvimento de metodologias de avaliação ambiental de edifícios, de forma que viessem no auxílio ao cumprimento das metas ambientais locais estabelecidas pela conferência. Segundo Arantes (2008), com a disseminação dos conceitos de construções verdes e projeto ecológico as avaliações ambientais se tornaram necessárias para qualificar e quantificar os investimentos e benefícios de construções sustentáveis.

Ainda assim, de acordo com Martins et al. (2015), pesquisas realizadas entre os anos de 2009 e 2012 constataram que mesmo após a Agenda 21 ter sido concluída e institucionalizada como política pública, os resultados obtidos de 2012 tiveram uma redução de 38,9% se comparados aos de 2002 nos números das Agendas 21 locais. Isso demonstra que as ações determinadas na agenda dependem grandemente do apoio público e tais ações por eles eram consideradas insustentáveis.

Posteriormente ocorreu marcando os vinte anos de realização da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio - 92) a Rio+20 que foi realizada

no Rio de Janeiro em 2012. Teve uma grande representatividade do setor da construção civil, apresentando um fórum próprio para construções sustentáveis.

Porém, mesmo sendo evidente um grande crescimento de práticas sustentáveis na construção civil no Brasil e no mundo, há ainda muito a ser otimizado. No Brasil, por exemplo, aproximadamente 40% da extração de recursos naturais têm por destino a indústria da construção Civil. Fora isso, 50% da energia gerada destina-se a abastecer as edificações e 50% dos resíduos sólidos urbanos são decorrentes das construções e de demolições (BUSSOLOTI, 2007 apud VALOTO et al., 2011). Estes dados aumentam ainda mais a importância da discussão dos problemas ambientais causados pela construção civil no Brasil com o objetivo de desenvolver esse setor de forma mais sustentável e menos poluidora.

Porém também é justificado por ser um país emergente, chamados os países que ainda não alcançaram seu completo desenvolvimento, como é o caso do Brasil, cujas necessidade por infraestrutura e habitação são ainda muito altas.

Alguns dos impactos causados por atividades relativas a construção, são listados por Beltrame (2013) conforme Tabela 2.

Tabela 2- Impactos da construção civil.

PRINCIPAIS IMPACTOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL
A operação dos edifícios consome mais de 40% de toda energia produzida no mundo;
Consome 50% da energia elétrica e 20% do total de energia produzida no Brasil;
A construção civil gera de 35% a 40% de todo resíduo produzido na atividade humana;
Na construção e reforma dos edifícios se produzem anualmente perto de 400 kg de entulho por habitante;
A produção de cimento gera 8% a 9% de todo CO ₂ emitido no Brasil, sendo 6% somente na descarbonatação do calcário.
Assim como o cimento, a maioria dos insumos usados pela construção civil é produzida com alto consumo de energia e grande liberação de CO ₂ ;
Consumo de 66% de toda madeira extraída;
34% do consumo mundial de água.

Fonte: Beltrame, 2013.

Considerando o atual cenário de degradação ambiental, a consumação da sustentabilidade na área da construção civil se tornou algo recorrente. Medidas alternativas que tem por intuito reduzir impactos ambientais estão sendo cada vez mais utilizadas. Deve ser

adotado em cada obra soluções que se integrem tanto na viabilidade econômica como também com o meio ambiente, de forma que sejam aceitos culturalmente e promovam o bem-estar e a justiça social (CBIC, 2008), ou seja, que estejam de acordo com os pilares do desenvolvimento sustentável.

3.2 EDIFÍCIOS SUSTENTÁVEIS

Podemos considerar um edifício sustentável aquele que busca satisfazer o tripé da sustentabilidade, como visto no capítulo 2. Em outras palavras, aqueles que reduzam seus impactos sobre o meio ambiente, e que sejam bem inseridos no contexto urbano ao qual fazem parte, promovendo a sustentabilidade sociocultural e sendo economicamente viável.

Pensar em um edifício isolado não faz sentido quando se trata as questões ambientais como a sustentabilidade dos espaços construídos pelo homem. Por ser sistêmica, a construção, para ser sustentável, deve ser elaborada integrada ao seu contexto. O ambiente externo é tão importante quanto o que ocorre nas dependências internas. Por isso, a comparação é a melhor forma de avaliar uma construção sustentável, a obra nunca está sozinha. Quando um edifício cumpre todos os pré-requisitos técnicos, respeita todas as normas éticas ambientais, apenas usa materiais adequados e mesmo assim se fecha para dentro, não condizendo com as necessidades do entorno, não se relacionando com o lugar na qual está inserido, abstraindo as outras construções e pessoas que convivem próximo, não estará sendo plenamente sustentável (MOTTA; AGUILAR, 2009 p.10).

Um edifício sustentável, é aquele que preza pela eficiência dos recursos ao qual utiliza (materiais, energia, água) de forma que utilize procedimentos e medidas construtivas que não afete negativamente o meio ambiente e a saúde das pessoas, gerando o máximo de economia.

Se considerarmos que uma edificação gera resíduos e impactos em diferentes setores durante todo seu ciclo de vida, seja pelo consumo de energia, produtos e materiais. Emitindo na atmosfera gás carbônico, ou pela geração de renda e arrecadações de impostos. Percebemos que construção sustentável significa garantir a qualidade do produto final, diminuindo os impactos causados ao meio ambiente e o desperdício e o retrabalho, reduzindo, reciclando e reutilizando os diversos tipos de materiais envolvidos, respeitando o meio social e gerando emprego e renda. (LOTTI, 2015).

Aplicando o conceito do tripé da sustentabilidade para edifícios, seus principais objetivos são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Tripé da sustentabilidade no âmbito de construções.

LUCRO
Reduzir custos de operação;
Elevar o valor do ativo imobiliário e os lucros;
Aumentar a produtividade e a satisfação dos empregados;
Otimizar o desempenho econômico no ciclo de vida.
PESSOAS
Melhorar as condições do ar, térmicas e acústicas dos ambientes;
Elevar os níveis de salubridade e de conforto para os ocupantes;
Contribuir com a saúde, vitalidade e estética para a comunidade local.
PLANETA
Desenvolver e proteger habitat naturais;
Melhorar a qualidade do ar e água;
Reduzir a produção de resíduos sólidos;
Preservar recursos naturais;
Diminuir a emissão de gases poluentes.

Fonte: MOTTA; AGUILAR, 2009.

Sendo assim, podemos perceber que para se alcançar o conceito de Edificação sustentável, há necessidade de colocar em prática uma série de práticas, e medidas que se destinem, dê de reduzir até a eliminar os impactos sobre a saúde humana e o ambiente em que estamos inseridos.

Uma construção sustentável requer conhecimento e tecnologia, algo que buscam os estudos e as pesquisas. Um desses estudos apresentado por Yudelson (2007), define seis passos para implementação de um edifício sustentável.

1º “Planejamento do Espaço Sustentável” - onde busca-se conhecer e estudar o local no qual o edifício será instalado, com objetivo de uma melhor integração da construção com o ambiente. Observa-se nesta diretriz condições climáticas e ambientais da região, bem como as características do relevo, solo e ocupação, com o intuito de buscar uma otimização no fornecimento e distribuição dos materiais que serão utilizados.

2º “Qualidade Ambiental Interna” - tem por finalidade melhorar os ambientes internos de forma que consumam menos energia, tenham uma boa iluminação natural e sejam bem ventilados.

3º “Energia e Eficiência Energética” - Consiste em utilizar de forma otimizada a energia disponível, bem como a geração da própria energia utilizando fontes renováveis, incluindo também o controle de emissões eletromagnéticas.

4º “Uso Racional da Água”- utilizar de meios estratégicos que facilitem o controle do consumo de água, seja ela obtida a partir de concessionárias ou de fontes naturais como poços nascentes etc. reutilização da água e aproveitamento de águas pluviais.

5º “Conservação dos Materiais e Recursos” - Deve-se preferir o uso de materiais que causem menos danos ao meio ambiente, seja através de materiais reciclados, como também optando por materiais considerados “ecologicamente corretos” evitando ou diminuindo o uso dos que não são renováveis.

6º “Gestão dos Resíduos na Edificação” - Deve-se reduzir, reutilizar e reciclar os resíduos, criar áreas para seu armazenamento e colocar em prática ações para que esses planos sejam cumpridos.

Atualmente existem diversas opções de materiais sustentáveis para construção civil. Tem-se para utilização em pisos, telhados, paredes acabamento e até decoração. E cada vez mais a indústria vem trazendo esses tipos de materiais, o que ocorre principalmente pelo atual cenário de incentivo ao desenvolvimento sustentável.

A escolha dos materiais empregados e utilizados na implementação de uma edificação tem grande impacto sobre o meio ambiente, por isso a busca por componentes e materiais renováveis e que estejam mais perto de seus estados naturais e precisem de menos beneficiamento e acabamento, assim como necessitem de uma menor energia para sua produção serão sempre o melhor investimento (ROAF, 2006).

4.0 MATERIAIS APLICADOS A CONSTRUÇÃO CIVIL

4.1 PRINCIPAIS MATERIAIS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A humanidade foi sempre marcada pela descoberta de novos materiais que foram sendo utilizados, e ainda hoje é fortemente influenciada pela grande quantidade de matérias primas e materiais que existem ao seu redor. Podemos perceber o tamanho da sua influência principalmente se falarmos das eras da ascensão do homem como a Idade da Pedra, Idade do Ferro e Idade do Bronze.

Podemos definir como materiais substâncias que possuem propriedades que podem ser utilizados para diversos fins de forma direta ou indireta. Alguns exemplos de materiais são: polímeros, cerâmicas, semicondutores, vidros, metais, madeira, areia, pedra dentre inúmeros outros. A produção desses materiais e seu processamento para obtenção do produto acabado geram um significativo impacto no setor de emprego e renda, sendo também responsável por boa parte do PIB – Produto Interno Bruto de um País (CAIADO, 2014).

A principal ligação que existe entre os materiais e a sociedade é ocasionado pela sua dependência a eles, especialmente com relação a sua disponibilidade e com o seu desenvolvimento. De acordo com Caiado, 2014 não há uma diferença entre a história da socialização e a história dos materiais, pois os mesmos se fundem durante o processo, pois para alcançar o desenvolvimento ao longo das eras foi necessário aperfeiçoar os materiais já conhecidos, buscar novos e desenvolver através de conhecimentos técnicos meios para se encontrar e produzi-los.

Diante disso perceberemos que os materiais são essenciais e fazem parte de tudo em uma sociedade. São grande responsável pelo desenvolvimento da mesma, seja pela geração de subsistência como também para o desenvolvimento natural da vida, contribuindo para o bem-estar e segurança das nações.

Há diferentes formas e critérios de se classificar os materiais de construção, um dos critérios utilizados por Silva (1985) está associado à sua origem e função.

Segundo Silva (1985), a classificação dos materiais se dá, basicamente, em sete grupos. São eles representados na Tabela 4.

Tabela 4. Classificação dos materiais.

CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS
Naturais:
São aqueles encontrados na natureza, prontos para serem utilizados. Em alguns casos precisam de tratamentos simplificados como uma lavagem ou uma redução de tamanho para serem utilizados. Como exemplo desse tipo de material, temos a areia, a pedra e a madeira.
Artificiais:
São os materiais obtidos por processos industriais. Como exemplo, pode-se citar os tijolos, as telhas e o aço.
Combinados:
São os materiais obtidos pela combinação entre materiais naturais e artificiais. Concretos e argamassas são exemplos desse tipo de material.
Materiais de vedação:
São aqueles que não têm função estrutural, servindo para isolar e fechar os ambientes nos quais são empregados, como os tijolos de vedação e os vidros.
Materiais de proteção:
São utilizados para proteger e aumentar a durabilidade e a vida útil da edificação. Nessa categoria podemos citar as tintas e os produtos de impermeabilização.
Materiais com função estrutural:
São aqueles que suportam as cargas e demais esforços atuantes na estrutura. A madeira, o aço e o concreto são exemplos de materiais utilizados para esse fim.

Fonte: Silva, 1985.

As transformações das matérias primas dêis da extração até o produto final devem ser otimizadas, de forma que consumam o mínimo possível de energia e não causem muito impacto ao ambiente. Como toda tecnologia de processamento a fabricação de produtos precisam preocupar-se com a preservação do meio ambiente e com a finitude dos recursos naturais visando sempre a qualidade de vida de uma sociedade.

Na construção civil os materiais podem ser entendidos como todo material que seja utilizado na execução de todo tipo de produto da engenharia civil desde a infraestrutura ao acabamento. Muitos deles são utilizados da mesma forma que já eram utilizadas a muito tempo, como é caso do concreto por exemplo. Porém, outros sofrem evoluções constantes.

Este processo não é recente, pois deu-se o início nos primórdios da humanidade com os povos primitivos quando os mesmos utilizavam os materiais sem nenhuma transformação como o encontravam na natureza. E posteriormente com a evolução do homem surgiu a necessidade também de evolução desses materiais através de sua transformação, seja com o objetivo de facilitar seu uso como também da criação de novos a partir dos já existentes. Foi assim que o homem começou a cortar a madeira, a moldar a argila e a esculpir e facetar a pedra.

Mais tarde também, outro exemplo de evolução dos materiais foi a descoberta do concreto, ao qual surgiu a partir da necessidade que o homem tinha de utilizar um material que sua resistência se assemelhasse com a pedra, mas fosse mais maleável.

Os materiais de construção podem ser classificados como simples ou compostos. Simples aqueles que não sofreram nenhuma modificação industrial ao qual encontramos de forma direta na natureza e compostos, aqueles que resultam de um trabalho industrial. A sua aplicação correta depende principalmente de algumas de suas propriedades como durabilidade, solidez e acabamento. O conhecimento dessas propriedades se faz necessário para se construir de forma otimizada e econômica. Algumas dessas propriedades estão listadas na Figura 2.

Figura 2 - Propriedades dos materiais construtivos.



Fonte: Hagemann, 2011.

4.1.1 AGREGADOS

Os agregados são reconhecidos como o recurso natural mais utilizado no mundo, e faz parte de 85% da massa de produtos cimentícios. Seu consumo reflete em números aproximados 20.000 milhões de toneladas/ano (SOUZA, 2012).

De acordo com Bauer (2008), agregado pode ser definido como um material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas de tamanhos diferentes. Especificamente na construção civil a definição de agregado pode ser sintetizada como: material granuloso sem forma ou volume definidos e inertes, obtido por fabricação artificial ou natural, utilizado na composição das argamassas e concretos, auxiliando para melhorar a resistência mecânica e reduzir de custo da obra.

Grande parte dos agregados podem ser encontrados na natureza, como é o caso dos seixos e areias. Mas outros necessitam de algum beneficiamento como é o caso das britas, cuja rocha é extraída de uma jazida e passa por diversos processos de beneficiamento para obter os tamanhos adequados para serem utilizados em suas diversas funções (HAGEMANN, 2011).

As classificações dos agregados podem ser feitas de diferentes formas, seja pelo seu peso, podendo ser leve, normais ou pesadas como também de acordo com sua composição ou massa específica aparente (SOUZA, 2012).

Já a NBR 7211, classifica agregados de acordo com a sua granulometria.

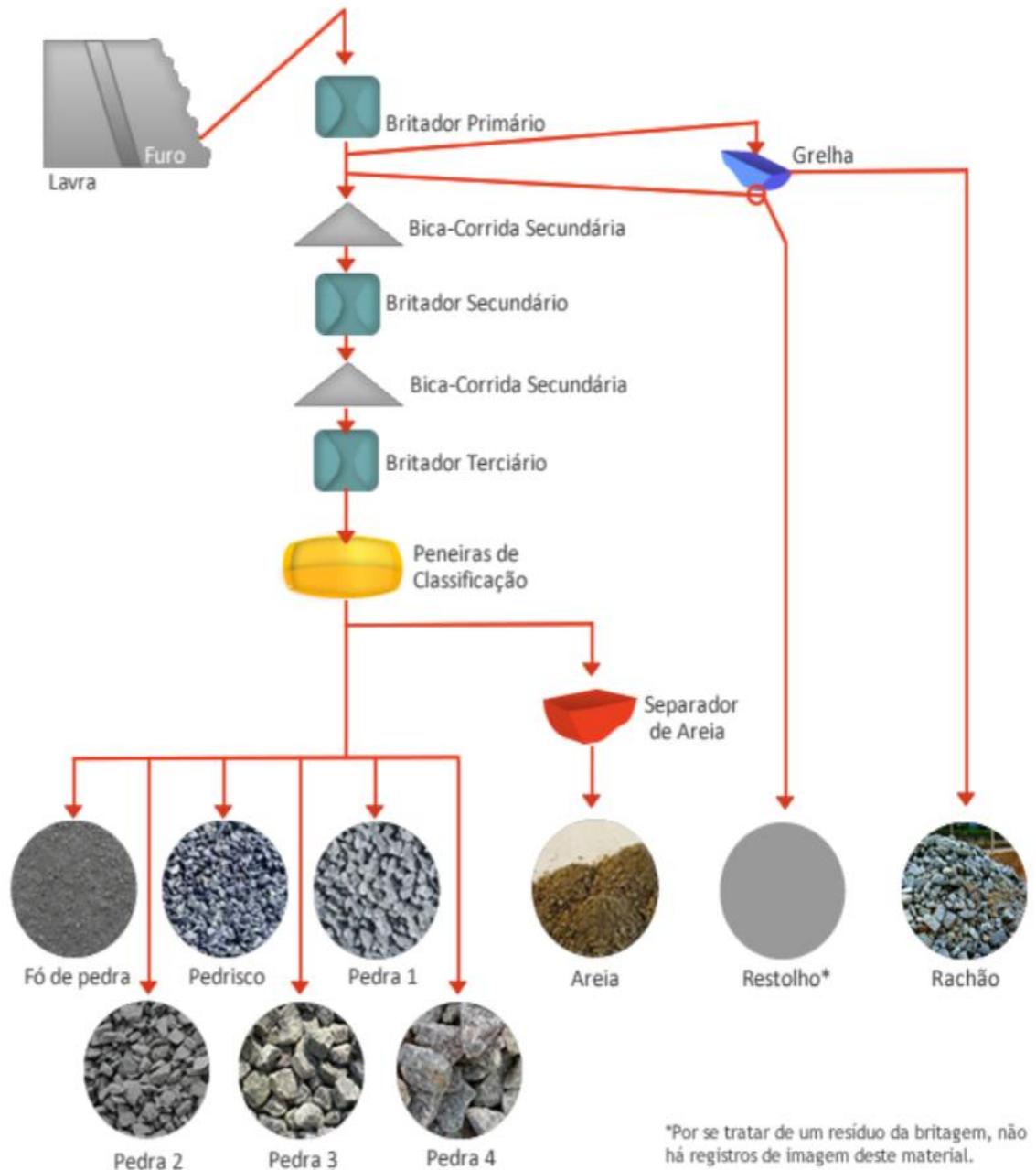
a) *Agregado Miúdo*: materiais cujos grãos, em sua maioria, passem pela peneira 4,75 mm e fiquem retidos na peneira 150 μ m. Exemplo: areias.

b) *Agregado Graúdo*: materiais cujos grãos passam pela peneira de malha 75 mm e ficam retidos na peneira 4,75 mm. Exemplo: Britas e Cascalhos.

Dentre os diversos tipos de agregados temos a pedra brita, resultado da britagem, ou melhor dizendo, fragmentação de uma rocha maior. Podendo ser de vários tipos como gnaise, basalto, granito dentre outras. Esse processo dá origem a rochas de diversos tamanhos que são utilizadas para diferentes fins. Os nomes que eles recebem se dá pelo tamanho que elas adquirem depois da britagem.

O início da sua fabricação ocorre com a fragmentação de rochas extraídas dos blocos que são retirados de jazidas. Temos na figura 3 o esquema geral do processo de britagem.

Figura 3 - Esquema geral do processo de britagem.



Fonte: Bauer, 2008.

Dentre os diversos usos e aplicabilidades dos produtos oriundos de processos de britagem Hagemman (2011) destaca o uso em concreto de cimento, concreto asfáltico, correção de solos, pavimentos rodoviários, lastro de estradas de ferros, entre outras.

Temos também a areia, um agregado miúdo, que pode ser proveniente tanto do processo de britagem como também pode ser ter origens naturais, como leitos de rios e mares. É classificada também pelo seu tamanho por Bauer (2008) como:

- a) *Areia fina*: de 0,15 a 0,6 mm;
- b) *Areia média*: de 0,6 a 2,4 mm;
- c) *Areia grossa*: de 2,4 a 4,8 mm.

Utilizadas na construção civil para o preparo de concreto betuminoso, argamassas, concreto de cimento, pavimentos rodoviários, entre muitos mais.

Outro agregado muito utilizado também na construção civil são os cascalhos, também conhecidos como pedregulho ou seixos, ao qual tem sua origem a partir de fragmentos de rochas já existentes. De acordo com Bauer, 2008 estão em uma faixa granulométrica em geral superior a 5 mm podendo alcançar 100 mm. Tem origem natural e possui uma boa resistência a desgastes devido as condições adversas a que é exposto em seu local de origem.

4.1.2 ROCHAS NATURAIS COMO MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

A preferência de utilizar rochas naturais como material de construção parte da obtenção de fatores técnicos e econômicos. Os técnicos partido do ponto de vista de que o material tem condições e propriedades físicas e químicas de atender a aplicação almejada e econômico, refere-se à disponibilidade desse material no local e o custo do mesmo.

Para classificarmos uma rocha como adequada ou não para determinado fim, é necessário entender suas propriedades, e conhecer suas particularidades. Petrucci (1975) define algumas das principais propriedades das rochas como material de construção conforme mostra a tabela 5.

Tabela 5 - Principais propriedades das rochas como material de construção.

PRINCIPAIS PROPRIEDADES DAS ROCHAS COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO
Resistência mecânica:
Definida como a resistência que a pedra oferece ao ser submetida aos diferentes tipos de esforços mecânicos, como compressão, tração, flexão e cisalhamento, além da resistência ao desgaste e ao choque (tenacidade). De maneira geral, as pedras naturais resistem melhor à compressão do que aos demais esforços.

Durabilidade:
A durabilidade é a capacidade que tem o material de manter suas propriedades e desempenhar sua função no decorrer do tempo, dependendo de várias características entre elas a porosidade, a compacidade e a permeabilidade.
Trabalhabilidade:
É a facilidade de moldar a pedra de acordo com o uso. Depende de fatores como a dureza e da homogeneidade da rocha.
Estética:
Depende da textura, da estrutura e coloração da pedra, características que estão relacionadas aos minerais que compõem a mesma.

Fonte: Petrucci, 1975.

Algumas das principais rochas utilizadas como material de construção de acordo com Hagemann, 2011 são:

- **Granito:** é uma rocha magmática classificada como uma rocha intrusiva, devido ao seu processo de formação. É composto principalmente de feldspato, quartzo e minerais ferro-magnesianos suas tonalidades variam de cinza a rosa/avermelhada. Suas principais características são: a homogeneidade, a isotropia, alta resistência à compressão e baixa porosidade. Na figura 4 é apresentado um exemplo de rocha granito.

Figura 4 - Exemplo de granito.



Fonte: Hagemann, 2011.

- **Basalto:** é classificado como uma rocha ígnea eruptiva. Considerada a rocha vulcânica mais abundante. Suas cores variam de cinza-escuro a preta, com tonalidades avermelhadas/amarronzadas, devido a óxidos/hidróxidos de ferro

gerados por alteração intempérica. Sua constituição possui principalmente feldspato e tem como principal características a elevada resistência e dureza. A figura 5 mostra um exemplar de basalto.

Figura 5 - Exemplo de rocha Basalto.



Fonte: Hagemann, 2011.

- Diorito: é uma rocha magmática ou ígnea com características e usos semelhantes aos granitos, também conhecidas como granitos pretos. Diferem dos granitos na composição mineralógica, mas são utilizados para os mesmos fins. A figura 6 Exibe um exemplar de rocha diorito.

Figura 6 - Rocha Diorito.



Fonte: Hagemann, 2011.

- Arenito: é uma rocha sedimentar constituída principalmente por grãos de sílica ou quartzo. Resulta da compactação e litificação de um material granular da dimensão das areias Dependendo da composição podem apresentar razoável resistência ao risco. A figura 7 apresenta uma amostra de arenito.

Figura 7 - Rocha Arenito.



Fonte: Hagemann, 2011.

- Cálcarios e dolomitos: são rochas sedimentares carbonáticas compostas por mais de 50% de materiais carbonáticos (calcita ou dolomita). A figura 8 apresenta um exemplo de rocha calcária.

Figura 8 - Rocha Calcária.



Fonte: Hagemann, 2011.

- Ardósia: é uma rocha metamórfica, sílico-argilosa formada pela transformação da argila sob pressão e temperatura, endurecida em finas lamelas. Como características principais apresenta uma boa resistência mecânica e fazem um bom isolamento térmico. A figura 9 exibe uma rocha ardósia.

Figura 9 - Rocha Ardósia.



Fonte: Hagemann, 2011.

- **Quartzitos:** são rochas metamórficas que resultam do metamorfismo dos arenitos. São rochas duras, com alta resistência à britagem e ao corte, resistentes a alterações intempéricas e hidrotermais, formadas por quartzo recristalizado. Apresentam-se nas cores branca, vermelha e com tons de amarelo. Um exemplo de quartzito é apresentado na figura 10.

Figura 10 - Exemplo de Quartzito.



Fonte: Hagemann, 2011.

- **Mármore:** é uma rocha metamórfica originada do calcário que contém mais de 50 % de minerais carbonáticos (calcita e dolomita), formados a partir do metamorfismo de rochas sedimentares calcíticas ou dolomíticas. Apresenta granulação variada e cores branca (conforme mostra a figura 11), rosada, cinzenta e esverdeada.

Figura 11 - Exemplo de Mármore.



Fonte: Hagemann, 2011.

- Gnaiss: é uma rocha metamórfica composta principalmente de quartzo e feldspato. Derivam de rochas graníticas e possuem granulometria média a grossa. São rochas de elevada resistência com fins viáveis para grande parte dos fins de engenharia. A figura 12 mostra um exemplo de gnaiss.

Figura 12 - Exemplo de Rocha Gnaiss.



Fonte: Hagemann, 2011.

Essas rochas são usadas para diversas aplicações na construção civil a tabela 6 exemplifica algumas delas.

Tabela 6 - Principais aplicações de rochas em edificações.

ROCHA	PRINCIPAIS APLICAÇÕES
Granito	Bloco de fundação, muros, calçamentos, agregado para concreto, pisos, paredes, tampos de pias, lavatórios, bancadas e mesas, acabamentos.
Basalto	Agregados asfálticos, agregado para concreto, lastros de ferrovias, calçamentos, alvenarias, pisos e calçadas.
Diorito	Mesmas aplicações do granito e arte mortuária.
Calcários E Dolomitos	Matéria-prima para a indústria cimenteira, de cal, vidreira, siderúrgica, corretor de solos, agregado.
Ardósia	Telhas, pisos, tampos e bancadas.
Quartzitos	Revestimentos, pisos e calçamentos.
Mármore	Revestimento de ambientes internos, pisos, paredes, lavatórios, lareiras, mesas, balcões, tampos e acabamentos.
Gnaisses	Rocha ornamental, agregado e pavimentação.
Arenitos	Revestimentos de pisos e paredes.

Fonte: Hagemann, 2011.

4.1.3 AGLOMERANTES

A definição de aglomerantes pode ser entendido como sendo todo produto utilizado na construção civil com o objetivo de aglomerar ou fixar outros materiais. Conhecidos como materiais pulverulentos que, adicionado com a água resultam em uma pasta que ao secar endurecem por causa das reações químicas que ocorrem. Normalmente encontrados em forma de pó.

Podem ser classificados em diferentes classes conforme seu mecanismo de endurecimento e sua composição. Petrucci, 1975 classifica os aglomerantes de maneira resumida conforme mostra o esquema abaixo na figura 13.

Figura 13- Classificação dos aglomerantes.

Fonte: PETRUCI, 1975.

De acordo com o mecanismo de endurecimento, os aglomerantes podem ser classificados em: Inertes, aqueles cujo endurecimento resulta da secagem dos materiais como é o caso da argila. Ou os quimicamente ativos, cujo endurecimento ocorre por causa de reações químicas, como é o caso do cal e do cimento.

Dentre os aglomerantes quimicamente ativos temos os aéreos, aqueles que conservam suas propriedades e processam seu endurecimento somente na presença de ar. Como exemplo deste tipo de aglomerante, temos o gesso e o cal. Os hidráulicos, caracterizados por conservarem suas propriedades em presença de ar e águas, seu endurecimento ocorre sob influência exclusiva da água. O cimento é o principal aglomerante hidráulico utilizado na construção civil.

Já quanto a composição os aglomerantes podem ser: simples, formados por apenas um produto com pequenas adições de outros componentes; com adição, são compostos por um aglomerante simples com adições em quantidades superiores, com o objetivo de conferir propriedades especiais ao aglomerante, como menor permeabilidade, menor calor de hidratação, menor retração, entre outras; ou compostos, formados pela mistura de subprodutos industriais ou produtos de baixo custo com aglomerante simples. Como exemplo, temos o cimento pozolânico, que é uma mistura do cimento Portland com uma adição chamada pozolana.

Dentre os vários tipos de aglomerantes os mais importantes para área da construção civil podemos considerar o gesso, o cal e o cimento.

O gesso é um aglomerante que resulta da eliminação da água de cristalização contida na rocha gipsita. É obtida através de três etapas: Extração, fragmentação de tamanho por processo de trituração e calcinação. Suas aplicações em construções são feitas principalmente para acabamentos de interiores, podendo ser substituta da massa fina e da massa corrida.

Hoje em dia, o gesso é utilizado em grande quantidade no formato de placas, chamadas também de drywall, empregadas em divisórias, forros, acabamentos em paredes de alvenaria, em retrofits, usado para otimizar vedações acústicas e térmicas dentre muitas outras.

O cal tem sua origem através da calcinação da rocha calcária, em sua composição estão presentes a sílica, óxidos de magnésio, óxidos de alumínio e óxidos de ferro. Para se obter o cal da forma que é utilizado em construções ele passa pela queima da rocha calcária, onde obtém-se o cal virgem e depois é transformado em hidróxido ao qual é utilizado em obras. Suas principais aplicações são em argamassas, pinturas e fabricação de blocos sílicocalcários (HAGEMANN, 2011).

Já o cimento uns dos mais importantes dentre os aglomerantes é considerado um aglomerante hidráulico, sendo produto da mistura de argila com rocha calcária. Na sua composição temos sílica, cal, magnésia, óxido de ferro e impurezas. A queima dessa mistura gera o clínquer, produto granuloso composto principalmente de silicatos hidráulicos de cálcio e outras substâncias que visam otimizar suas propriedades (HAGEMANN, 2011).

O processo de fabricação do cimento passa por algumas etapas sendo elas a extração da matéria prima, britagem e depósito das rochas, mistura das matérias-primas, homogeneização, queima, resfriamento, adições e moagem. A Figura 14 representa o esquema com as principais etapas de fabricação do cimento.

Figura 14 - Processo de produção do cimento.

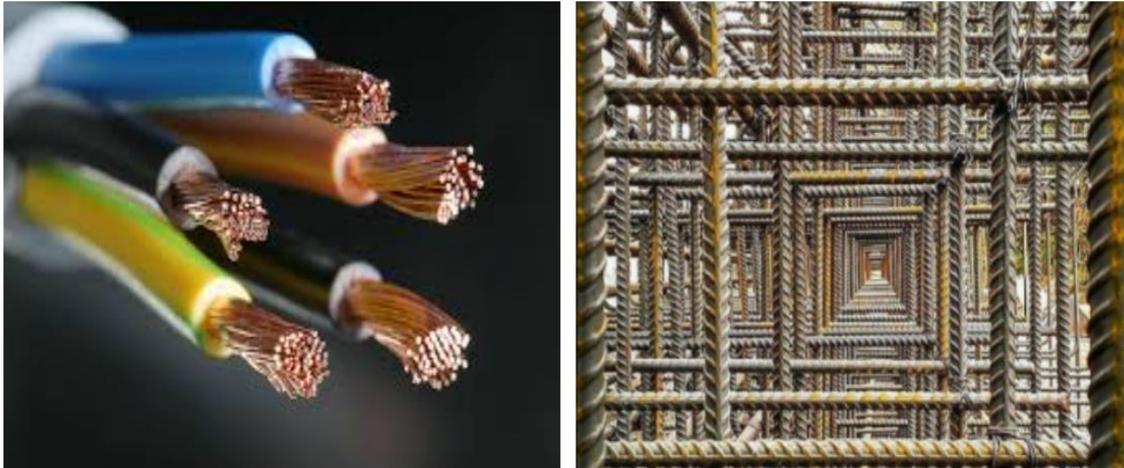


Fonte: Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP).

4.1.4 METAIS

Os metais, que são produtos siderúrgicos, a partir da revolução industrial ganharam amplo espaço na construção civil. Sua matéria prima é obtida através de mineração e possui como características condutibilidade elétrica e térmica, opacidade, dureza, brilho e forjabilidade (OLIVEIRA, 2009). Utilizados principalmente como função estrutural e como condutores elétricos. A figura 15 mostra exemplos da aplicação de metais como material de construção.

Figura 15 – Exemplo da aplicação dos metais na construção civil.



Matais utilizados na condução de energia elétrica

Aço utilizado para produção de armaduras utilizados no concreto armado

Fonte: Hagemann, 2011, adaptado pelo autor.

Os metais são materiais não renováveis, porém, tem um ciclo de vida bem fundado pois são duráveis e facilmente recicláveis. De acordo com Oliveira, 2009 os metais comumente utilizados na construção civil são:

- O ferro: o metal mais usado nessa área, estando presentes em estruturas, esquadrias, grades, condutores etc.
- O alumínio: é outro metal bastante comum, sendo produto da mineração de bauxita.
- O Cobre e o Chumbo: também têm sido utilizados em edificações como tubulações para água quente, condutores ou na fabricação de tintas.
- O aço: é um material de grande importância, considerado uma liga metálica composta principalmente do ferro e de carbono, possui um elevado módulo de resistência. Os elementos do material podem ser encontrados em: blocos (fundação); folhas ou placas (coberturas, lajes); barras - sólidas ou de partes delgadas; perfis dobrados - vigas, pilares. A forma mais comum de uso do aço nas edificações hoje é na armação do concreto armado.

4.1.5 MADEIRAS

A madeira como material de construção possui muitas vantagens se comparados a outros materiais. Podemos citar por exemplo o seu baixo consumo de energia de processamento, isolamento térmico e elétrico, alta resistência específica e sua fácil trabalhabilidade.

Um grande diferencial que difere a madeira dos demais materiais é ao fato de sua produção poder ser sustentada por florestas nativas como também podendo ser plantadas

utilizando técnicas silviculturais empregadas nos reflorestamentos, a qual permite modificar a qualidade da matéria prima de acordo com o fim desejado.

A madeira é utilizada na construção civil de várias formas podendo ser:

- a) De maneira temporária: utilizada em canteiros de obras, escoramentos, nas formas ou nos andaimes.
- b) De forma definitiva: quando utilizadas em esquadrias ou casas que utilizam em sua construção como material principal a madeira como do Wood Frame e casas feitas com tabuas e mata juntas.

A figura 16 demonstra esses exemplos.

Figura 16 - Exemplos de aplicação da madeira na construção civil.



Fonte: Imaguire *et al.*, 2011, adaptado pelo autor.

A aplicação da madeira na construção civil no Brasil ainda é de grande importância, principalmente quanto ao uso da madeira serrada que ocupa um grande espaço nessa modalidade, enquanto em países desenvolvidos os painéis possuem maior participação.

4.1.6 MATERIAIS CERÂMICOS

Os materiais cerâmicos são utilizados como material de construção desde muito tempo sua existência é confundida com a da própria humanidade, passando pelos tijolos da Babilônia em 1900 A.C. até os dias de hoje.

Seu nome deriva da palavra grega “*keramus*”, que tem por significado barro queimado, chamado assim pelo processo de queima que a argila passa para dar vida os produtos desse material.

Estes materiais possuem propriedades específicas bem particulares, como por exemplo: resistência ao calor e a corrosão, alta estabilidade química entre outras. Os principais elementos cerâmicos utilizados em edificações são:

- a) Blocos e tijolos: são divididos basicamente em maciços ou vazados. Sua aplicação em edificações se dão na confecção de paredes, alvenarias de vedação, ou com função estrutural.
- b) Telhas cerâmicas: comumente utilizados em cobertura de edificações, seu processo de fabricação é semelhante ao dos tijolos.
- c) Revestimentos cerâmicos: materiais utilizados principalmente para acabamento das edificações, principalmente no revestimento de pisos e paredes com placas cerâmicas.

A figura 17 ilustra alguns exemplos de materiais cerâmicos utilizados na construção civil.

Figura 17 - Exemplos de materiais cerâmicos utilizados na construção civil.



Fonte: Hagemann, 2011, adaptado pelo autor.

5.0 ASPECTOS QUE INCENTIVAM A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

5.1 CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS

Uns dos principais fatores atualmente que estimulam o pilar da sustentabilidade na construção civil são as certificações ambientais. Elas são responsáveis por formalizar este conceito, e trazem muitos benefícios seja pelo fato do aumento do seu valor no mercado até uma boa recepção pela população que muitas vezes busca esse diferencial.

A busca do setor da construção civil brasileiro por certificações ambientais tem registrado um forte aumento. A pesquisa realizada pelo GBCI, em 2014, mostra que o Brasil ocupa o ranking e está na terceira posição de países com maior número de certificação LEED, ficando atrás somente dos Estados Unidos e da China (MATOS, 2014).

De acordo com Matos, 2014 dentre os vários sistemas de certificação ambiental no Brasil, os LEED e AQUA- HQE, são os principais. Porém, existem muitas outras certificações que abrangem a gestão e escolha de materiais, como o Selo Casa Azul - CAIXA, assim como os recentes no país BREEAM e DGBE.

5.1.1 AQUA-HQE

O sistema AQUA (Alta Qualidade Ambiental) é uma certificação brasileira criada em 2008, que foi adaptada do Haute Qualité Enviromentale (HQE), ao qual teve origem na França. Seu processo de certificação aplicado no Brasil é totalmente independente dos órgãos franceses, e passa por auditorias presenciais, que ocorre exclusivamente pela Fundação Vanzolini.

Essa certificação é composta por quatro famílias principais que refletem seu referencial técnico: ecoconstrução; gestão; conforto; e saúde. A certificação consiste na avaliação de 14 categorias (conforme tabela 7), que são separadas em três perfis: Base (B): prática corrente ou regulamentar; Boas Práticas (BP): desempenhos de boas práticas; Melhores Práticas (MP): desempenho máximo nas operações de qualidade ambiental.

Tabela 7 - Categorias e famílias do AQUA.

Categorias		Famílias
1	Relação do edifício com seu entorno	Ecoconstrução
2	Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos	

3	Canteiro de obras com baixo impacto ambiental	Gestão
4	Gestão da energia – Fontes energéticas	
5	Gestão da água	
6	Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício	
7	Manutenção – Permanência do desempenho ambiental	
8	Conforto hidrotérmico	Conforto
9	Conforto acústico	
10	Conforto visual	
11	Conforto olfativo	
12	Qualidade sanitária dos ambientes	Saúde
13	Qualidade do ar (dentro do ambiente)	
14	Qualidade da água (dentro do edifício)	

Fonte: Portal Vanzoline.

Recebe a certificação o empreendimento que atinge o perfil mínimo de: três categorias no nível “Melhores Práticas”; quatro categorias no nível “Boas Práticas”; sete categorias no nível “Base” como mostra a figura 18.

Figura 18 - Perfil mínimo de desempenho para certificação AQUA- HQE.



Base (B): Prática corrente ou regulamentar

Boas Práticas (BP): Boas Práticas

Melhores Práticas (MP): Desempenho calibrado conforme o desempenho máximo constatado recentemente nas operações de Alta Qualidade Ambiental.

Fonte: Portal Vanzoline.

E se tratando de materiais de construção, percebemos que a escolha de materiais sustentáveis não ocorre de forma isolada, mas na verdade é analisada juntamente com os sistemas e processos escolhidos, sendo esse conjunto corresponde à categoria 2 da certificação como mostra a tabela 7.

Para a categoria 2 “Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos”, a primeira subcategoria avaliada é “Escolhas que garantam a durabilidade e a adaptabilidade da edificação”. Nela, os critérios apontados são:

- Escolher produtos, sistemas ou processos cujas características são verificadas e compatíveis com seus usos: os produtos escolhidos devem ser compatíveis com o uso do edifício e de cada área ou ambiente.
- Refletir e garantir a adaptabilidade da construção ao longo do tempo em função da vida útil desejada e de sua utilização.
- Assegurar a desmontabilidade/separabilidade dos produtos e processos construtivos tendo em vista a gestão ambiental otimizada de seu fim de vida.

A segunda subcategoria é “Escolhas que facilitem a conservação da edificação. Seu critério é:

- Escolher produtos, sistemas e processos construtivos de fácil conservação e que limitem os impactos ambientais da atividade de conservação.

A terceira subcategoria avaliada corresponde à “Escolha de produtos visando a limitar os impactos socioambientais da edificação”. Ao todo, são cinco critérios avaliados:

- Conhecer os impactos ambientais dos produtos de construção;
- Escolher os produtos de construção de modo a limitar sua contribuição aos impactos ambientais do empreendimento;
- Utilizar materiais e produtos que permitam um abastecimento do canteiro de obras menos poluente em CO₂;
- Utilizar materiais e produtos que permitam neutralizar o CO₂;
- Escolher fabricantes de produtos e fornecedores de serviços que não pratiquem a informalidade na cadeia produtiva;

Por fim, a última subcategoria refere-se à “Escolha de produtos visando a limitar os impactos da edificação na saúde humana”, tendo ao todo 14 pontos aplicáveis dentro dos seguintes critérios:

- Conhecer o impacto sanitário dos produtos de construção na qualidade do ar interno;
- Escolher os produtos de construção de modo a limitar os impactos sanitários da construção.

5.1.2 LEED

LEED - Leadership in Energy and Environmental Design que traduzido para o português significa Liderança em Energia e Design Ambiental, entendido como um selo de certificação e orientação ambiental de edifícios desenvolvido pela Green Building Council (USGBC) em 1993. É o selo ecológico com maior reconhecimento a nível internacional, sendo adotado em mais de 160 países.

De 1994 a 2013, a certificação evoluiu de um padrão para a construção nova para um sistema abrangente de padrões inter-relacionados que abordassem todos os aspectos do processo de desenvolvimento e construção.

No país é representada pelo GBC-Brasil (Conselho de Construção Sustentável do Brasil), disponibilizando quatro diferentes tipologias, que consideram as diferentes necessidades para cada tipo de empreendimento. São eles:

- Building Design + Construction: para novas construções e grandes reformas;
- Interior Design + Construction: Para escritórios comerciais e lojas de varejo;
- Operation & Maintenance: Para empreendimentos existentes;
- Neighborhood: utilizada para certificação de bairros.

Dentro dessas 4 tipologias são analisadas oito áreas que são elas: localização e transporte; espaço sustentável; eficiência do uso da água; energia e atmosfera; materiais e recursos; qualidade ambiental interna; inovação e processos e créditos de prioridade regional.

Cada uma dessas áreas possui requisitos e créditos. Os requisitos são ações obrigatórias em qualquer empreendimento que busca a certificação. Não cumprindo um dos diversos pré-requisitos, impossibilita o empreendimento de receber a certificação. Já os créditos são ações que o LEED sugere, sempre focadas em performance de desempenho. A medida que o empreendimento assume tal ação, recebe uma pontuação.

Os pontos são conquistados em quatro níveis de certificações à medida que o empreendimento aplicar os créditos sugeridos pelo LEED, podendo variar de 40 pontos (nível mínimo para certificação), até 110 pontos (nível Platinum), conforme mostra figura 19.

Figura 19 - Níveis de Certificação LEED.

Fonte: GBC-Brasil.

De acordo com GBC- Brasil os benefícios da certificação LEED são inúmeros, mas podemos dividir em três setores para melhor assimilação:

- Ambiental: Diminuição dos custos operacionais; Diminuição dos riscos regulatórios; Valorização do imóvel para revenda ou arrendamento; Aumento na velocidade de ocupação; Aumento da retenção Modernização e menor obsolescência da edificação.
- Ambiental: Uso racional e redução da extração dos recursos naturais; Redução do consumo de água e energia; Implantação consciente e ordenada; Mitigação dos efeitos das mudanças climáticas; Uso de materiais e tecnologias de baixo impacto ambiental; Redução, tratamento e reuso dos resíduos da construção e operação.
- Social: Melhora na segurança e priorização da saúde dos trabalhadores e ocupantes; Inclusão social e aumento do senso de comunidade; Capacitação profissional; Conscientização de trabalhadores e usuários; Aumento da produtividade do funcionário; melhora na recuperação de pacientes (em Hospitais); melhora no desempenho de alunos (em Escolas); aumento no ímpeto de compra de consumidores (em Comércio); Incentivo a fornecedores com maiores responsabilidades socioambientais; Aumento da satisfação e bem estar dos usuários; Estímulo a políticas públicas de fomento a Construção Sustentável.

5.1.3 SELO CASA AZUL

O Selo Casa Azul CAIXA foi uns dos primeiros selos de classificação ambiental feitos pelo Brasil, esse selo é um instrumento de classificação socioambiental de projetos de empreendimentos habitacionais, que tem por finalidade reconhecer os empreendimentos que adotam soluções mais eficientes aplicadas à construção, ao uso, à ocupação e à manutenção das edificações, tendo por objetivo incentivar o uso racional de recursos naturais e a melhoria da qualidade da habitação e de seu entorno (GUIA CAIXA, 2010).

Este selo é aplicado a todos os tipos de projetos de empreendimentos habitacionais apresentados à CAIXA para financiamento ou nos programas de repasse. Podem se candidatar ao Selo as empresas construtoras, o Poder Público, empresas públicas de habitação, cooperativas, associações e entidades representantes de movimentos sociais.

O método utilizado pela CAIXA para a concessão do Selo consiste em verificar, durante a análise de viabilidade técnica do empreendimento, o atendimento aos critérios estabelecidos pelo instrumento, que estimula a adoção de práticas voltadas à sustentabilidade dos empreendimentos habitacionais.

Os critérios são de duas naturezas os obrigatórios e os livres, onde cada categoria possui um número de critérios a ser cumprido variando com o nível de certificação desejada. A tabela 8 apresenta os níveis de gradação existentes no selo Casa Azul.

Tabela 8 - Níveis de gradação do Selo Casa Azul.

Gradação	Atendimento Mínimo
BRONZE	Critérios obrigatórios
PRATA	Critérios obrigatórios e mais 6 critérios de livre escolha
OURO	Critérios obrigatórios e mais 12 critérios de livre escolha.

Fonte: GUIA CAIXA, 2010.

Sua adesão é de cunho voluntário e para se obter este selo é necessário atender aos critérios exigidos sendo 53 no total divididos em 6 categorias:

- Qualidade urbana;
- Projeto e conforto;
- Eficiência energética;
- Conservação de recursos materiais;
- Gestão da água;
- Práticas sociais.

Dentre os critérios os que mais importam a respeito desse trabalho são os que se referem a materiais de construção, a categoria que engloba os mesmos é “conservação de recursos e materiais” nela se observam 10 critérios de boas práticas sendo três obrigatórios conforme demonstra a tabela 9.

Tabela 9 - Critérios de conservação de recursos materiais- Selo Casa Azul.

Conservação de Recursos e Materiais	Obrigatoriedade
Coordenação Modular	
Qualidade de Materiais e Componentes	X
Componentes Industrializados ou Pré-fabricados	
Formas e Escoras Reutilizáveis	X
Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD)	X
Concreto com Dosagem Otimizada	
Cimento de Alto-Forno (CPIII) e Pozolânico (CP IV)	
Pavimentação com RCD	
Facilidade de Manutenção da Fachada	
Madeira Plantada ou Certificada	

Fonte: GUIA CAIXA, 2010.

De acordo com o Guia caixa, 2010 o objetivo da implementação deste selo é justamente o de aproveitar ao máximo as condições bioclimáticas e geográficas locais, estimular o uso de construções de baixo impacto ambiental, garantir a existência de áreas permeáveis e arborizadas, adotar técnicas e sistemas que propiciem o uso eficiente de água e energia, bem como realizar a adequada gestão de resíduos. A habitação também deve ser duradoura e adaptar-se às necessidades atuais e futuras dos usuários, criando um ambiente interior saudável e proporcionando saúde e bem-estar aos moradores.

5.1.4 BREEAM

Criado em 1990 pelo BRE, (Building Research Establishment é um centro de pesquisas próximo a Londres voltado para área de construção civil), sua sigla significa Building Research Establishment Environmental Assessment Method, ou seja, Método de Análise Ambiental do BRE. Muito popular no Reino Unido e nos países europeus, o BREEAM chegou ao Brasil em 2011 sob o esquema de certificação internacional BESPOKE, um sistema personalizado e adaptado que incorpora as normas e regulamentos locais. O BESPOKE foi desenvolvido para projetos internacionais e cobre diversos programas: residenciais, comerciais, escritórios, industriais, entre outros.

BREEAM é o método de avaliação de sustentabilidade líder mundial para projetos de planejamento, infraestrutura e edifícios. Ele reconhece e reflete o valor em ativos de alto desempenho em todo o ciclo de vida do ambiente construído, desde construções novas até o uso e reforma.

Esta certificação utiliza medidas de avaliação de desempenho reconhecidas internacionalmente, aplicadas a partir de uma ampla gama de categorias e critérios relacionados à energia, água, ambiente interno (saúde e bem-estar), poluição, transporte, materiais, resíduos, ecologia e processos de gestão. Possui alto nível de exigência, e sua introdução no cenário brasileiro ainda é recente e pouco desenvolvida.

O sistema BESPOKE pode ser aplicado em qualquer tipologia de edificação em qualquer lugar do mundo e, por isso, nem todos os créditos existentes no BESPOKE são requeridos para a certificação de um determinado empreendimento. A avaliação dos créditos aplicáveis é feita pelo BRE, a partir da análise do projeto do empreendimento.

O BREEAM utiliza medidas de desempenho determinadas em face das marcas de referência estabelecidas para a avaliação do projeto, construção e uso de uma edificação. Tais medidas são aplicadas a partir de categorias e de critérios de caráter prescritivo, com um alto nível de especificação e detalhamento.

A avaliação é feita por um organismo licenciado, por meio de assessores treinados de acordo com o esquema de credenciamento UKAS, em diversas fases do ciclo de vida de uma edificação. Isso fornece aos clientes, incorporadores, projetistas e ao mercado os seguintes benefícios:

- Reconhecimento do mercado para edifícios de baixo impacto ambiental;
- Confiança de que foram incorporadas ao edifício práticas ambientais devidamente testadas;
- Marca de referência superior às regulamentares;
- Sistema que auxilia a reduzir custos operacionais e melhorar os ambientes domésticos e de trabalho;
- Padrão que demonstra o progresso em relação aos objetivos ambientais, organizacionais e corporativos.

A avaliação desse sistema é baseada em pontuação e não exige o cumprimento de pré-requisitos. São 100 pontos, distribuídos em 9 categorias, com créditos que variam de peso. A

pontuação mínima para garantir o primeiro nível de certificação (PASS), que concede apenas o título de empreendimento certificado, equivale a 30 pontos. A partir daí, pode-se obter as seguintes classificações: “GOOD” (45 pontos), “VERY GOOD” (55 pontos), “EXCELLENT” (70 pontos) e “OUTSTANDING” (85 pontos).

5.2 POLITICAS PÚBLICAS

5.2.1 CBCS - CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

A preocupação com construções mais sustentáveis e metodologias de avaliação da sustentabilidade de edificações brasileiras vem crescendo nos últimos anos. Em agosto de 2007 foi lançado publicamente o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável - CBCS, que conta com a participação de diversos membros representantes da academia e do setor produtivo da indústria da construção.

O CBCS, Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, é uma OSCIP, Organização da Sociedade Civil de Interesse Público, de âmbito nacional, como resultado da articulação entre lideranças empresariais, pesquisadores, consultores, profissionais atuantes e formadores de opinião (CBCS, 2007).

De acordo com CBCS 2007, seu objetivo é contribuir para a geração e difusão de conhecimento e de boas práticas de sustentabilidade na construção civil. Este objetivo é posto em prática ao: promover a inovação; integrar o setor da construção aos demais setores da sociedade; formar redes de parceiros estratégicos; elaborar diretrizes, orientações e ferramentas para o setor; discutir políticas públicas e setoriais; coordenar soluções e ações intersetoriais com objetivo de otimizar o uso de recursos naturais, sociais e econômicos, reduzir os efeitos negativos da atividade de construção civil e maximizar seus efeitos benéficos, visando um ambiente mais saudável e uma sociedade mais equilibrada.

O CBCS adota uma visão sistêmica da sustentabilidade, com foco no setor da construção civil e suas inter-relações com o setor financeiro, o governo, a academia e a sociedade civil. Adicionalmente, a entidade se relaciona com importantes organizações nacionais e internacionais que se dedicam ao tema, sob diferentes perspectivas, a partir da ótica ambiental, de responsabilidade social e econômica dos negócios.

Promove iniciativas que têm como objetivo o aprimoramento de práticas de sustentabilidade do setor, criando um campo neutro para discussão sobre o tema. São atividades

desenvolvidas pelo CBCS: simpósios, comitês temáticos, seminários, oficinas, cursos e projetos, que buscam promover o debate entre os diversos agentes (CBCS, 2007).

5.2.2 CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) foi fundada em 1957, no Estado do Rio de Janeiro, tendo por objetivo tratar das questões ligadas à Indústria da Construção e ao Mercado Imobiliário e também de ser a representante institucional do setor no Brasil e no exterior. Em 1982, com o fortalecimento do seu papel de interlocutora do setor junto aos três Poderes, sua sede foi transferida para Brasília no Distrito Federal. Em 2017, a CBIC celebrou 60 anos de atuação inaugurando uma nova sede e registrando crescimento no número de Associados: a entidade reúne 92 sindicatos e associações patronais do setor da construção, presentes nas 27 unidades da Federação (CBIC, 2017).

A CBIC representa institucionalmente o setor e promove a integração da cadeia produtiva da construção em âmbito nacional, contribuindo para o desenvolvimento econômico e social do país. Dirigida por um Conselho de Administração eleito pelos Associados, a CBIC atua por intermédio de suas comissões técnicas: Comissão de Infraestrutura (COINFRA); Comissão de Obras Industriais e Corporativas; Comissão da Indústria Imobiliária (CII); Comissão de Habitação de Interesse Social; Comissão de Política de Relações Trabalhistas (CPRT); Comissão de Materiais, Tecnologia, Qualidade e Produtividade (COMAT); Comissão do Meio Ambiente (CMA); Comissão de Responsabilidade Social (CRS); Comissão de Obras Industriais e Corporativas (COIC) e o Conselho Jurídico (CONJUR). A CBIC conta, ainda, com o Banco de Dados.

A CBIC atua na articulação dos diversos segmentos da construção como interlocutora formal no encaminhamento de temas e propostas junto aos Poderes Executivo, Legislativo e Judiciário; agentes financiadores; além de outras entidades em setores diversos e a Academia. É característica marcante da entidade acompanhar a agenda nacional, posicionando a construção civil e o mercado imobiliário nos debates de interesse do Brasil e contribuindo com propostas para a solução de problemas, tendo como interesse maior o desenvolvimento do país e da sua população.

A entidade também representa internacionalmente a indústria da construção. Integra a Federação Interamericana da Indústria da Construção (FIIC), entidade que representa a construção em toda a América Latina, e da qual assumiu a liderança de comissão técnica criada em 2016 para discutir e articular ações destinadas a fomentar a inserção de um maior número

de empresas da construção em projetos de infraestrutura nos diversos mercados mundiais. A FIIC representa 18 Câmaras de 18 países. Ainda no campo da representação internacional, a CBIC é filiada à Confederação Internacional das Associações de Construção (CICA), da qual assumiu uma das vice-presidências em janeiro de 2017.

A CBIC tem como missão principal representar a indústria da construção brasileira de maneira legítima e ética; fortalecer e integrar suas associadas e fomentar soluções alinhadas ao desenvolvimento sustentável do país. Suas principais prioridades são:

- Buscar a melhoria do ambiente de negócios nacional, com foco na infraestrutura e no mercado imobiliário - estimular a conduta empresarial responsável, a segurança jurídica e a economia sustentável;
- Buscar a perenidade das empresas do setor;
- Ser protagonista de um programa de competitividade e desenvolvimento da construção e do país; com foco na inovação tecnológica, na produtividade e na sustentabilidade;
- Buscar mecanismos para alcançar a autosustentabilidade financeira e a ampliação da base de representação de suas Associadas;
- Estabelecer pauta para deliberação e atuar conforme as diretrizes do Conselho de Administração, dentro de uma política de governança para a entidade;
- Combater a informalidade e fomentar a saúde, a segurança e o bem-estar do trabalhador da construção civil;
- Desenvolver projetos e divulgar boas práticas para reforçar a conduta/imagem positiva do setor.

6.0 MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEIS

6.1 CRITÉRIOS PARA ESCOLHA DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS

É recente a preocupação com a escolha de materiais de construção, bem como a preferência do uso de materiais sustentáveis, pois isso ainda não está consolidado em muitos países inclusive no Brasil.

Alguns fatores que contribuem para esse cenário são a falta de informação daqueles que atuam nessa área, baixa disseminação de informações sobre o ciclo de vida dos materiais, falta de conhecimento sobre os impactos ambientais desses materiais dentre muitos outros. Neste capítulo será abordado alguns fatores para escolha de materiais sustentáveis baseando-se em revisões de literatura.

Todavia, é de grande importância salientar que não se conhece ainda um material de construção que seja totalmente sustentável seja para qual for a sua aplicação, pois a sustentabilidade está relacionada diretamente com a situação a que o material se destina, em outras palavras, a função desse material (vedação, estrutura, revestimento, etc.), uso que esse material terá (residencial, industrial, comercial, etc.), local ao qual esse material será aplicado (teto, parede, cobertura, piso, etc.), metodologia de produção (industrial ou artesanal), localização que se encontra a obra, bem como inúmeras outras (FLORES, 2011).

Quando se trata de gestão consciente de recursos e materiais, deve-se considerar a situação de cada tipo de recurso. O consumo como está sendo utilizado nos dias atuais não se sustentará. Percebemos isso quando vemos o consumo desenfreado de depósitos minerais como os metais e combustíveis que tem sua formação ao longo de um determinado tempo, sendo consumidos em um ritmo muito maior ao qual necessitam para se regenerar (YEANG, 2001).

6.1.1 CRITÉRIOS ECONÔMICOS

De acordo com John, Oliveira e Agopyan (2006), é de fundamental importância incluir aspectos econômicos na escolha de materiais de construção, considerando que muitas vezes a edificação é uns dos bens de consumo que mais consome recursos financeiros.

Em países que não alcançaram ainda seu total desenvolvimento, como é o caso do Brasil, os custos de uma edificação são denotados como principal prioridade, consolidando assim a cultura do curto prazo, deixando de lado o futuro dessa edificação como o ciclo de vida dos materiais, isto é, etapas de aquisição, construção, uso, manutenção, e disposição final. Estes fatores precisam ser analisados para assim auxiliarem na seleção dos materiais.

Portanto, para a escolha dos materiais de forma que sejam sustentáveis economicamente, não se deve apenas considerar os custos iniciais, mas sim os custos do ciclo de vida como também a lógica do sistema de produção.

Podemos entender por custos do ciclo de vida, aqueles custos que se aplicam a construção, operação, manutenção e demolição, ou seja, a soma de todos os custos futuros de uma edificação. Esses custos são convertidos em valores atuais (GLUCH, 2003). Baseado nesse ponto de vista os custos que tem relação com impactos ambientais devem ser levados em consideração. São esses os custos destinados ao controle, preservação e recuperação ambiental, ou quaisquer recursos destinados de forma direta ou indireta a taxas e serviços que tenham por objetivo o controle ou recuperação do meio ambiente (JOHN, OLIVEIRA e AGOPYAN, 2006).

Dessa forma, para que ocorra a promoção da sustentabilidade econômica na escolha dos componentes e materiais utilizados em uma construção é essencial a avaliação dos custos do ciclo de vida dos produtos. Utilizando esta técnica há uma grande chance de superarmos a cultura de curto prazo, fornecendo soluções que visam também o meio ambiente, de forma que sejam boas escolhas se considerarmos o custo versus benefícios ambientais.

O uso de critérios ambientais e econômicos utilizados para avaliação de sustentabilidade voltado a escolha de materiais de construção, embora muito importante ainda precisa ser melhor desenvolvido. Necessita ainda ocorrer uma harmonização de conceitos e procedimentos de cálculos, bem como a redução da subjetividade e incerteza derivada da estimativa de valores e de cenários futuros.

Por fim, mas não menos importante, a experiência individual e as preferências de cada indivíduo precisam ser levadas em consideração, evitando muitas vezes decisões ineficientes. E mesmo com as limitações que foram citadas a cima, critérios econômicos constituem um fator essencial para uma avaliação abrangente de sustentabilidade e devem sempre estar em discussão.

6.1.2 CRITÉRIOS AMBIENTAIS

6.1.2.1 GRAU POLUIDOR E TOXICIDADE

Para escolha dos materiais que serão utilizados em uma construção torna-se necessário sua avaliação, a fim de saber da existência de compostos químicos que possam conter algum

grau de toxicidade muito impactante, evitando assim possíveis danos à saúde dos seres humanos e dos ecossistemas ao qual serão inseridos.

Materiais com um grau alto de toxicidade não devem ser utilizados. Em contrapartida de materiais que foram reciclados, por exemplo, que possuem uma baixa emissão de poluentes durante seu ciclo de vida, esses são uma excelente escolha.

Esse critério é de grande importância, principalmente quando aplicado ao uso da edificação. A qualidade do ar no interior dos edifícios mesmo sendo de forma significativamente fraca, quando pontuamos a emissão de partículas sólidas por parte dos produtos, materiais e componentes, gera grande consequência quando a permanência das pessoas em espaços interiores ocorre em uma quantidade grande de tempo (atualmente estimado em mais de 80% do seu tempo), e essas pessoas expostas a estes poluentes em locais onde ocorre pouca ventilação geram diversos riscos à saúde desses ocupantes (MATEUS; BRAGANÇA, 2006; MARTINS, 2003).

Nesta perspectiva, é importante dar destaque ao estudo da influência dos COV's (compostos orgânicos voláteis), esses compostos estão presentes em ambientes internos em níveis e concentrações maiores que no seu exterior. Conforme alguns estudos científicos, materiais utilizados em construções como materiais estruturais ou de revestimento são apontados como fontes de poluição do ar interior, isso ocorre devido as suas grandes superfícies e devido a contínua exposição a esses materiais (MARTINS, 2003).

6.1.2.2 CONSUMO DE RECURSOS NATURAIS

Este critério define os materiais a partir de índices de alguns fatores como consumo de energia, matéria prima e água que os mesmos consomem durante todo seu ciclo de vida. Manzini e Vezzoli (2008), afirmam que a redução do consumo desses fatores resultaria em grande economia uma vez que os mesmos são responsáveis por um elevado custo econômico, bem como em consequência traria benefícios para o meio ambiente, pois os usos dos recursos naturais seriam feitos de uma forma mais consciente.

Os recursos naturais de acordo com Yeang (2001) se subdividem conforme a sua capacidade de se regenerar e conforme sua disponibilidade, como o expresso abaixo:

- a) Recursos inesgotáveis: alguns exemplos desta classificação são os elementos como o ar, água e energia solar. Mesmo esses recursos sendo considerados como inesgotáveis, a forma como ele se apresenta poderá sofrer mudanças principalmente

por razão de ações humanas, trazendo consequências que podem levar a esses fatores a sua incapacidade de sustentar a vida. Com base nisso, a preocupação com sua degradação e qualidade deve ser fundamental.

- b) Recursos substituíveis e renováveis: entendidos como flora e fauna. São recursos que para sua produção depende sobretudo do meio ambiental. Este recurso sofre influência direta de agressões ao meio ambiente, pois em consequência da contínua degradação da biosfera faz com que sua habilidade de produzir recursos essenciais seja fortemente reduzida, afetando também sua habilidade de regeneração.
- c) Recursos insubstituíveis ou não renováveis: como exemplo desses recursos temos o solo, os minerais, os combustíveis fósseis, o território e a paisagem em seu estado original. A principal ligação entre eles se dão pelo fato de serem essenciais. Sua disponibilidade sofre influência do ser humano, pois pode variar conforme a intensidade de sua exploração. Para esses tipos de recursos é necessário a utilização de maiores restrições quanto ao seu uso, especialmente no caso de reservas pequenas, como chumbo, zinco e cobre, além de procurar prolongar ao máximo a vida útil dos produtos por meio da reciclagem e reutilização (FLORES, 2011).

Com base nisso, Sperb (2000) catalogou alguns materiais de construção com sua correspondente matéria prima básica definindo sua situação quanto a disponibilidade na biosfera. Tais informações são apresentadas na Tabela 10.

Tabela 10 - Avaliação quanto a disponibilidade de materiais de construção.

Material de Construção	Matérias Primas Básicas	Avaliação
Areia	Sílica.	Abundante
Brita	Aluminossilicatos; silicatos de Magnésio e ferro; carbonatos e sulfatos.	Abundante
Cal Virgem ou Hidratada	Calcário.	Abundante
Cimento Portland	Calcário; argila e gipsita.	Abundante
Concreto	Sílica; aluminossilicatos; silicatos de Magnésio e ferro; carbonatos; sulfatos; calcário; argila e gipsita.	Abundante
Cerâmica	Argila com oxido de ferro.	Abundante

Azulejo	Argila quartzo e feldspato, chumbo, estanho e óxidos.	Não Abundante
Louça	Argila quartzo e feldspato	Abundante
Gesso	Gipsita.	Abundante
Vidro Plano	Sílica, calcário, dolomita e feldspato.	Abundante
Alumínio	Bauxita.	Não Abundante*
Aço Galvanizado	Minério de ferro, carbono e óxido de zinco.	Não Abundante
Aço	Minério de ferro e carbono.	Não Abundante
Poliestireno (OS)	Estireno (petróleo)	Não Abundante
Polietileno (PE)	Etileno (petróleo)	Não Abundante
Polipropileno (PP)	Polipileno (petróleo)	Não Abundante
Policrotoleto de Vinila (PVC)	Eteno (petróleo) e cloreto de sódio	Não Abundante

*A bauxita pode ser considerada como não abundante na superfície terrestre, porém representa um recurso menos escasso que cobre, petróleo, chumbo, zinco, estanho, dentre outros.

Fonte: SPERB, 2000.

6.1.2.2 ENERGIA INCORPORADA

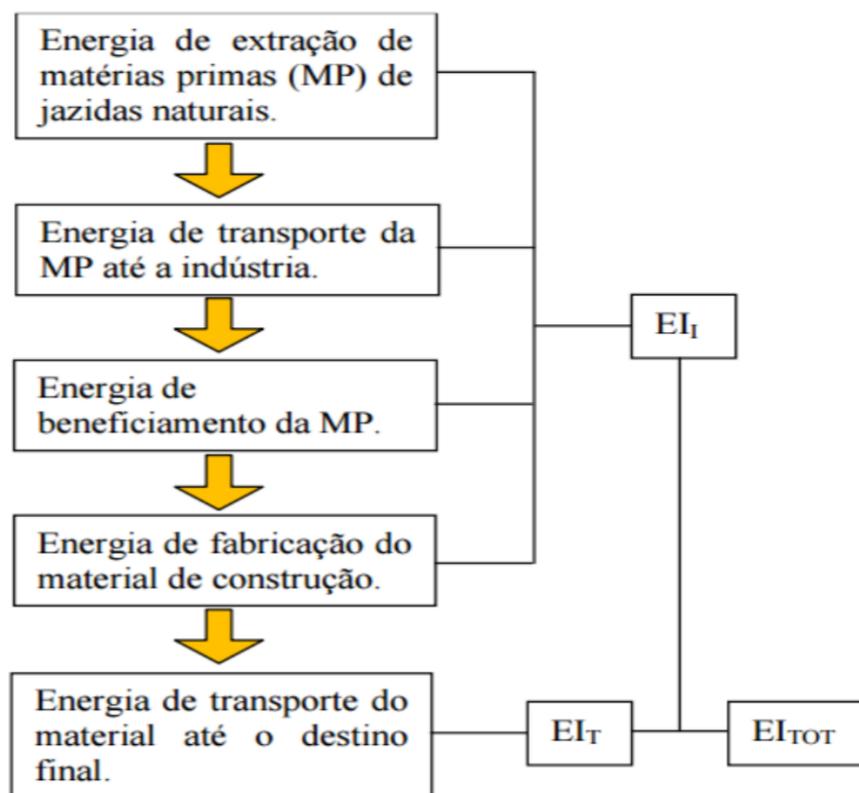
A energia incorporada é um método amplamente utilizado para medir o impacto ambiental de edifícios. Este é um fator importante na determinação da seleção de materiais e está intimamente relacionado à obtenção de eficiência energética. Esta energia é considerada toda a energia utilizada para fazer os materiais utilizados na construção do espaço, incluindo todos os fins finais da extração aos canteiros de obras. Inclui a energia usada para extrair matérias-primas durante a fabricação; usada para transportar matérias-primas para as fábricas; e para obter produtos finais para os consumidores (GRAF, 2011).

Para Graf (2011) dois tipos de energia são definidos: a energia pode ser medida como energia fornecida ou energia primária. O valor provisionado refere-se ao valor efetivamente utilizado (por exemplo, o valor registrado na conta de luz). É utilizado principalmente para gerar a energia fornecida, como a combustão do gás utilizado para a geração de energia nas usinas.

Para fazer cálculos precisos, todas as etapas devem ser consideradas, incluindo a extração da matéria-prima, transporte, processamento, energia utilizada na fabricação, transporte até o local e energia utilizada para instalação no local. Quanto maior o número de processos pelos quais um material ou componente passa, maior será a energia combinada e os resíduos relacionados. Para materiais mais próximos do estado natural (como janelas de madeira invés de janelas de alumínio) é preferível a escolha de ceras, tinta orgânica ou à base de água ao invés de tinta sintética. O transporte (distância percorrida) é um fator que afeta o cálculo, pois quanto mais longe o material se move, mais energia é combinada. Mesmo que o granito seja natural, ele pode ter viajado por vários países, mas essa informação nem sempre está disponível.

A Figura 20 mostra as principais etapas de análise para quantificar a energia absorvida dos materiais de construção. "EI_I" representa a energia utilizada desde a extração até a fabricação, "EI_T" representa a energia relacionada ao transporte de materiais e "EI_{TOT}" a energia total.

Figura 20 - Etapas para análise da energia incorporada dos materiais de construção.



Fonte: Neto, 2011.

Tavares (2006) relaciona vários materiais comuns e suas energias combinadas na indústria brasileira com base em suas próprias pesquisas e comparação de revisões bibliográficas, conforme mostrado na Tabela 11. Observe que "EE" significa energia embutida, que tem o mesmo significado que energia incorporada.

Tabela 11- Energia incorporada em materiais de construção.

Materiais	EE (MJ/kg)	EE (MJ/m ³)	Materiais	EE(MJ/kg)	EE (MJ/m ³)
Aço - laminado CA 50A *	30.00	235500.00	Granito - aparelhada	2.00	5400.00
Alumínio lingote *	98.20	265140.00	Lã mineral	19.00	2090.00
Alumínio anodizado	210.00	567000.00	Latão	80.00	682400.00
Alumínio reciclado - extrudado	17.30	46710.00	Madeira - aparelhada seca forno	3.50	2100.00
Areia	0.05	80.00	Madeira - aparelhada seca ar livre	0.50	300.00
Argamassa - mistura	2.10	3906.00	Madeira - laminada colada	7.50	4875.00
Borracha natural - latex	69.00	63480.00	Madeira - MDF	9.00	5850.00
Borracha sintética	135.00	160650.00	Mármore	1.00	2550.00
Brita	0.15	247.50	Placa de gesso	4.50	4500.00
Cal virgem	3.00	4500.00	Poliamida - nylon	125.00	143750.00
Cerâmica - bloco de 8 furos *	2.90	4060.00	Poliestireno expandido	112.00	4480.00
Cerâmica - branca	25.00	52075.00	Polietileno de alta densidade	95.00	90250.00
Cerâmica - revest, monoqueima *	5.10	10456.66	Polipropileno	83.80	92180.00
Cerâmica porcelanato	13.00	27300.00	Poliuretano	74.00	44400.00
Cerâmica - telha	5.40	10260.00	Solo-cimento - bloco	0.60	1020.00
Cimento Portland *	4.20	8190.00	Solvente - tolueno	67.90	74690.00
Cobre	75.00	669975.00	Telha de vidro	23.13	55512.00
Concreto - bloco de vedação	1.00	2300.00	Tinta acrílica	61.00	79300.00
Concreto simples	1.20	2760.00	Tinta óleo	98.10	127530.00
Fibra de vidro	24.00	768.00	Tinta PVA latex	65.00	84500.00
Fibrocimento - telha	6.00	9600.00	Tube - PVC	80.00	104000.00
Fio termoplástico	83.00	201690.00	Vermiculita	1.37	167.14
Gesso	4.00	5720.00	Vidro plano	18.50	46250.00

Fonte: Graf, 2011 e Tavares, 2006.

É importante salientar que este critério não deve ser usado isoladamente como fator na seleção de materiais específicos. John, Oliveira e Agopyan (2006) argumentam que embora seja amplamente utilizado como um único parâmetro, ainda é insuficiente porque não distingue os impactos ambientais e não separa a energia "limpa" da energia dos combustíveis fósseis. Além disso, ao ignorar as propriedades específicas de cada material em termos de qualidade aplicada para obter a função desejada, os designers podem ser solicitados a fazer escolhas que são ineficazes para o ambiente.

6.1.2.3 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV)

A Análise do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta abrangente usada para avaliar quantitativamente o grande número de impactos no ciclo de vida dos materiais. A base do ACV é o Inventário do Ciclo de Vida (ICV), que é uma medida quantitativa de todas as cargas ambientais em todo o ciclo de vida de um produto. A ACV foi padronizada através da série ISO 14040-14042 e foi amplamente documentada (JOHN, OLIVEIRA e AGOPYAN, 2006).

É entendida como uma ferramenta mais completa de avaliação de impacto de materiais do que um único padrão, pois pode contemplar uma ampla gama de questões ambientais, desde o consumo de recursos até a geração de resíduos. Por outro lado, requer uma grande quantidade e variedade de dados, o que é difícil de coletar de forma consistente.

O ciclo de vida é entendido como as fases contínuas e interligadas de um produto. Em cada etapa, são calculadas as entradas e saídas de materiais, energia, produtos, ar, água e emissões para o solo, atmosfera e para os recursos hídricos (inputs e outputs). A Figura 21 descreve a avaliação em cada estágio do ciclo de vida e especifica a inputs e outputs da avaliação.

Figura 21- Avaliação das etapas da ACV.



Fonte: Macedo, 2011.

Portanto, a avaliação do ciclo de vida dos materiais de construção significa identificar, analisar e comparar os impactos ambientais durante sua vida útil. Ao realizar esta operação, ocorre o desmonte do produto e, em seguida, se executa o ACV do componente. Cada

componente possui uma sequência de produção que passa pelo uso e descarte do material. A série ABNT NBR ISO 14040: 2001 recomenda considerar as seguintes etapas do ciclo de vida:

- a) Extração de matéria-prima;
- b) Transporte até a fábrica;
- c) Transformação da matéria-prima
- d) Transporte ao centro de consumo
- e) Utilização do componente;
- f) Manutenção;
- g) Reuso/ reciclagem/ descarte.

A avaliação das fases do ciclo de vida deve seguir os passos gerais recomendados pela norma citada a cima. Oliveira (2009) descreve os estágios como:

- a) Definição de objetivos: Finalidade, dados a serem coletados.
- b) Inventário: Criação de um banco de dados com informações quantitativas de energia, matérias-primas usadas/necessárias, emissões e poluentes gerados, lançamentos no ambiente durante o ciclo de vida do produto, processo ou atividade.
- c) Análise de impacto: faz uma análise dos efeitos das cargas ambientais identificadas no inventário. Leva em consideração os efeitos sobre a saúde humana e meio ambiente.
- d) Análise de melhoria: Avalia as necessidades e oportunidades para reduzir a carga ambiental associada à energia e matéria-prima utilizadas e às emissões de resíduos em todo ciclo de vida de um produto ou serviço.
- e) Interpretação de resultados e tomada de decisões: Os resultados são avaliados e medidas corretivas são propostas, de forma a melhorar o desempenho sustentável de todo o processo.

Dentre as etapas acima, a etapa que representa o maior obstáculo para a divulgação desse método é a etapa relacionada ao inventário. O Inventário de Ciclo de Vida (ICV) é a construção de um fluxograma, que representa o ciclo de vida dos materiais e calcula a entrada e saída de matérias-primas, energia, água, resíduos e emissões. O objetivo da lista de verificação é estabelecer uma ampla base de informações, identificar pontos de melhoria no sistema, comparar a entrada e a saída de produtos alternativos e servir como um guia para o desenvolvimento de novos produtos. O escopo pode ser redefinido, se necessário, para garantir

a confiabilidade da avaliação. Ao contrário da etapa anterior, a quantificação deve ser realizada no checklist e esses valores devem ser apresentados no fluxograma (OLIVEIRA, 2009).

Portanto, embora esta ferramenta esteja surgindo em alguns países desenvolvidos, incluindo a aquisição obrigatória de vários selos verdes para edifícios (como o exemplo mencionado no capítulo 5: o BREEAM), é difícil de ser adotada em outros países que carecem das informações necessárias.

No Brasil, por não haver um banco de dados completo que possa ser usado na prática, a pesquisa de ACV para o ambiente construído ainda está em seus primeiros passos. Muitos profissionais utilizam bases de dados internacionais, mas elas não refletem corretamente o mesmo quadro de produção, uso e descarte do material no país. Oliveira (2009) destacou que a utilização dessas bases de dados internacionais no Brasil pode levar a erros graves devido aos diferentes processos de fabricação. Existem diferenças de tecnologia, geologia, clima, densidade populacional, biomas, tipos de produtos, transporte, etc. A ACV é um método que depende das características regionais e é com base nela que deve ser aplicada.

6.1.2.4 EMISSÕES DE CO₂

Esse critério tem relação direta com o parâmetro do subitem 6.1.2.1, “Grau poluidor”, pois, a emissão de gás carbônico tem impacto na poluição do ar, na destruição da camada de ozônio e contribui para o aumento do efeito estufa.

Quando a escolha do material de construção tem como principal objetivo ser sustentável leva-se em conta o grau e o potencial que esse gás é emitido. Um exemplo disso é que são um ponto que as certificações ambientais avaliam como vistos nos capítulos anteriores. O CO₂ é um gás que de acordo com Oliveira (2009) é responsável por 55% dos gases responsáveis pelo aquecimento global, o que justifica ser mais importante do que os outros, quando a questão é sustentabilidade.

A utilização de materiais que em seu processo de vida consumam combustíveis fósseis gera um significativo dano ambiental uma vez que as queimas desses combustíveis liberam grandes quantidades de CO₂. Portanto deve-se cada vez mais evitar o uso desses materiais a fim de contribuir com o meio em que vivemos e conseqüentemente termos mais qualidade de vida.

6.1.2.5 DURABILIDADE

Quando se pensa em construções, se pensa em algo vitalício e duradouro. Para que um edifício tenha uma boa durabilidade faz-se necessário que os materiais que foram utilizados em sua construção sejam de boa qualidade. A relação entre material e produto final são quase totais, a vida útil do edifício será determinada pela durabilidade dos materiais a qual foram a ela empregados. Quanto maior a qualidade e durabilidade desses materiais, maior será a vida útil dos edifícios, pois materiais com baixa qualidade implicarão em complicações que em consequência irão resultar em manutenção, reabilitação ou até mesmo substituição total, gerando assim, um maior consumo de energia e materiais além de causar mais impactos ao meio ambiente (FLORES, 2011).

O aumento de resíduos causados pela repetida substituição dos materiais e pelas manutenções são muito maléficos e tendem a contribuir para o aumento de custos de uma edificação, ou seja, materiais de baixa qualidade devem ser evitados. Já em contrapartida, materiais com elevada qualidade contribui com o melhor uso do capital e são mais duráveis sendo assim mais indicados.

6.1.2.6 RECICLADOS

Uma das formas de melhorar o processo da indústria da construção é absorver resíduos de outras indústrias ou dos próprios consumidores como insumos para a constituição dos materiais de construção. Os resíduos no final da cadeia de ACV (Análise do Ciclo de Vida) podem ser processados e podem ir para o início do processo. Essa é uma forma de reduzir a demanda por recursos naturais primitivos. Portanto, o uso de materiais com conteúdo reciclado pode reduzir: o consumo de matéria-prima original, o impacto da extração, como assoreamento de rios, erosão do solo e perda de biodiversidade, e a quantidade de resíduos descartados no meio ambiente (FLORES, 2011).

De acordo com Flores (2011) é por meio da reciclagem de materiais, que a energia contida nos materiais pode ser conservada. A maioria dos materiais usa significativamente menos energia no processo de reciclagem do que a produção original. É um exemplo do caso do alumínio reciclado, que utiliza apenas 10% a 20% da energia necessária para converter o minério original no produto final.

Grande parte dos materiais de construção têm potencial de reciclagem, como vidro, plástico, metal, concreto, tijolo e madeira. Normalmente constituem a maior parte dos materiais

que compõem o edifício. Os processos de fabricação desses materiais geram bastante resíduos. Vidro, plástico e metal podem ser transformados por aquecimento. O concreto ou os tijolos podem ser triturados e usados como agregados para novas alvenarias. A madeira pode ser serrada e usada como painéis prensados. Porém, a importância da avaliação de sustentabilidade multicritérios é novamente enfatizada, pois a utilização desse tipo de insumo na produção de novos produtos não deve comprometer sua qualidade e durabilidade.

A Comissão Brasileira de Desenvolvimento Sustentável CBCS (2009), levantou algumas questões sobre a reciclagem e o uso de componentes reciclados:

- a) O processo de reciclagem pode gerar um grande impacto no meio ambiente;
- b) Comparado com o produto original, a vida útil do produto reciclado pode ser menor;
- c) Produtos com conteúdo reciclado podem representar riscos ambientais por incluírem resíduos perigosos.

Além do mais, se os materiais recuperados através da reciclagem não contribuem com as suas propriedades para o desempenho do produto final, é impossível afirmar que o produto é sustentável, pois isso só pode impedir o descarte antecipado.

6.1.3 CRITÉRIOS SOCIAIS

Integrar e equilibrar os aspectos ambientais e sociais é uma questão básica na escolha de materiais mais sustentáveis, mas eles não têm sido amplamente utilizados. A indústria da construção tem mostrado que não atingiu os pilares da sustentabilidade igualmente importantes, pois a sustentabilidade econômica é sempre preconizada.

De acordo com John, Oliveira e Agopyan (2006), um tema básico da sustentabilidade geral da indústria da construção, amplamente difundido no Brasil e, portanto, enfatizado, são as atividades informais da indústria da construção. Essa informalidade pode ocorrer no final da extração de recursos, produção, comercialização e ciclo de vida material, e pode levar à sonegação de impostos. Ignora a legislação ambiental, não respeita os direitos dos trabalhadores e prejudica a qualidade dos produtos para maximizar os lucros. Portanto, ferramentas para identificar e limitar o comportamento informal devem ser buscadas para promover a sustentabilidade social na seleção de materiais.

Essa informalidade fica evidente na extração de minerais utilizados na fabricação de materiais. Macedo (2011) apontou que este setor utiliza muita mão de obra, mas a maioria dos

empregados que se dedicam à mineração de areia, argila, seixo e pedra decorativa são empregos informais. Portanto, a informalidade tem consequências sociais relacionadas às condições de trabalho instáveis.

Diante disso, um dos parâmetros de escolha de materiais de construção em função de outro, deve ser a avaliação da empresa fabricante com base em sua responsabilidade social. No Brasil, o CBCS lançou uma ferramenta para auxiliar na seleção de fornecedores que envolvem questões sociais. A ferramenta se chama “Seis Passos para Escolha de Insumos e Fornecedores com Padrões de Sustentabilidade. Os critérios estão listados na Tabela 12:

Tabela 12 - Ferramenta “Seleção em 6 passos”.

Ferramenta “Seleção em 6 Passos” do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) para seleção de fornecedores	
Passos	Descrição
1	Verificação da formalidade da empresa fabricante e fornecedora, que deve ser devidamente registrada (ter CNPJ) e estar em situação regular com o Fisco;
2	Verificação da licença ambiental, que é obrigatória para todos os produtores;
3	Verificação das questões sociais, como a eventual existência de trabalho infantil, trabalho escravo, jornadas excessivas de trabalho, bem como a verificação da situação da higiene no trabalho;
4	Verificação de qualidade e observação de normas técnicas do produto, observando se a fornecedora participa dos Programas Setoriais do PBPQ-h, e, caso o tipo de produto ainda não esteja inserido nesse programa, se tem certificação ou avaliação;
5	Consulta sobre o perfil de responsabilidade socioambiental da empresa, o seu relacionamento com os funcionários e fornecedores, com o meio ambiente, a comunidade e sociedade, e sobre sua transparência e governança;
6	Identificação da existência de propaganda enganosa, analisando a consistência e a relevância das afirmações.

Fonte: Silva, 2012.

6.2 EXEMPLOS DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO COM PRINCÍPIOS SUSTENTÁVEIS

Exemplos de materiais considerados sustentáveis são abordados neste item. Varia de materiais ecoeficientes aos considerados comuns cuja análise individual não seria considerada sustentável, mas em comparação com as alternativas mais comumente usadas, eles ajudam a melhorar o desempenho sustentável do edifício.

Os exemplos abordados neste item são baseados em pesquisas de vários autores. Porém, como há pouca literatura sobre o assunto nas publicações brasileiras, muitos dos materiais de construção envolvidos são obtidos de obras estrangeiras.

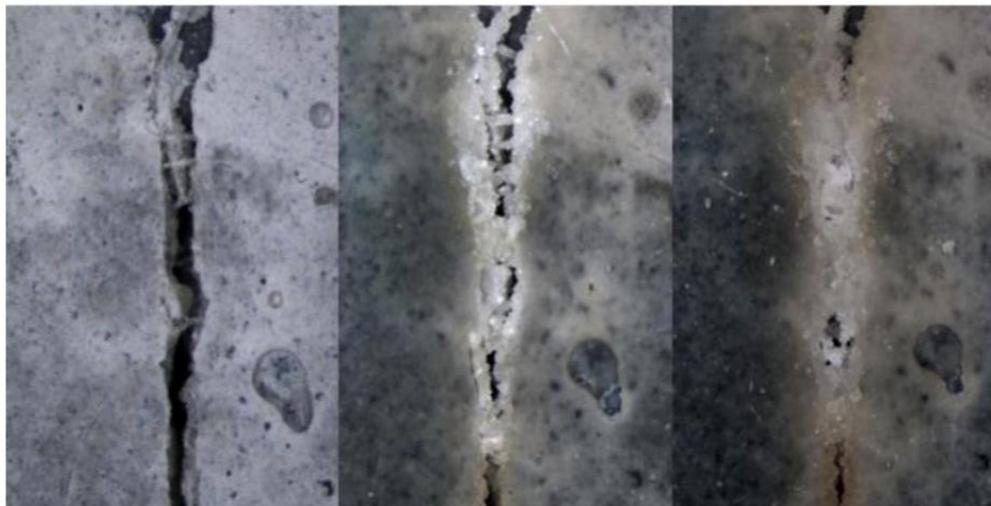
6.2.1 CONCRETO ECOLÓGICO

6.2.1.1 CONCRETO AUTO CURÁVEL

A Universidade de Delft na Holanda, através de uma pesquisa desenvolveu uma bactéria que pode promover o processo de "autocura" do concreto. Com base nas semelhanças em como o corpo humano cura ossos por meio da mineralização, os pesquisadores holandeses adotaram uma abordagem semelhante para o concreto. Ao misturar o concreto com as bactérias produtoras de cal reparou-se que as rachaduras foram sendo "reparadas". Este produto é denominado concreto auto curável ou bioconcreto.

Para manter as bactérias dormentes até o momento necessário, foram colocadas pequenas cápsulas biodegradáveis contendo cálcio. Quando a rachadura se abre e a água entra em contato com a cápsula, a bactéria passa a se alimentar de cálcio, que reage com o calcário produtor de carbono, fechando a rachadura. O processo provou ser eficaz e pode até ser adicionado a líquidos para serem pulverizados em edifícios existentes. Porém, o problema é o alto custo. Atualmente, seu custo é o dobro do concreto tradicional (BOELEN et al., 2012). A figura 22 mostra um exemplo do bioconcreto em processo de "autocura".

Figura 22 - exemplo do bioconcreto em processo de "autocura".



Fonte: Goyal, 2015.

6.2.1.2 CONCRETO COM UTILIZAÇÃO DE FIBRAS VEGETAIS

As fibras naturais têm sido usadas como materiais de reforço há milhares de anos, mas foi somente na Segunda Guerra Mundial que atenção especial foi dada às fibras vegetais. Com a redução das reservas de fibra de amianto, a fibra de celulose passou a ser utilizada em substituição parcial ou total como material de reforço de materiais cimentícios e,

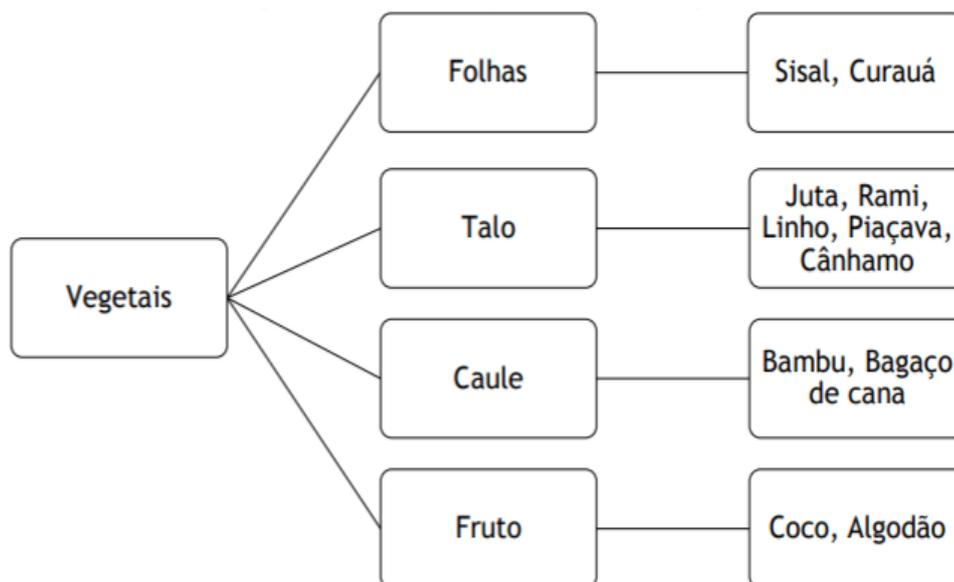
posteriormente, foi amplamente utilizada quando se descobriu que a fibra de amianto era prejudicial à saúde. (SILVA, 2009).

De acordo com o estudo de Torgal e Jalali (2010), a utilização de fibras vegetais em substituição às fibras de amianto mineral ou mesmo fibras sintéticas na produção de compósitos à base de cimento pode trazer maior sustentabilidade à construção civil. Porém, várias questões relacionadas a esses materiais reforçados com fibras vegetais precisam ser melhor estudadas, visto que a literatura sobre o assunto é escassa e as pesquisas ocorreram apenas recentemente.

Por exemplo, segundo o autor, o principal responsável pela degradação das fibras vegetais ocorre devido à sua baixa resistência em meios alcalinos, portanto, é necessário um estudo mais aprofundado da interação entre a pasta de cimento e a fibra. Mais pesquisas são necessárias para descobrir qual método de tratamento pode ajudar a aumentar a compatibilidade entre as fibras vegetais e o cimento.

Mais pesquisas sobre métodos de controle de qualidade são necessárias para minimizar a dispersão das propriedades da fibra. Essas necessidades também se estendem à durabilidade do concreto feitos com fibra vegetal. A Figura 23 mostra a classificação das fibras vegetais, que podem ser subdivididas em Quatro grupos, bem como exemplos principais de cada uma delas.

Figura 23 - Classificação das fibras vegetais.



Fonte: Picanço (2005).

6.2.1.3 CONCRETO COM UTILIZAÇÃO DE REJEITOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL - RCD

Como um grande número de estudos comprovou os danos causados pelo uso indevido de matérias-primas, deposição incorreta de resíduos e poluição ambiental, surgiram novas tecnologias que revolucionaram a construção civil ao cooperar com conceitos industriais mais ecologicamente corretos. Dentre eles, cita-se o uso de pó de mármore e RCD (resíduo da construção e demolição) como agregado (BARBOSA et al., 2011).

Barbosa et al. (2011) confirmaram por meio de ensaios de laboratório que o concreto com agregados alternativos (rejeitos) apresenta melhor desempenho do que o concreto convencional (feito de areia de rio e cascalho), sendo, portanto, viável a utilização desses rejeitos utilizados juntos. Em relação às propriedades mecânicas, constatou-se que o resultado final do concreto confeccionado com rejeito foi melhorado.

Outra vantagem observada é a substituição do concreto feitos a partir de materiais tradicionais (areia de rio e cascalho), por materiais provenientes de RCD, que além de proteger o meio ambiente, reduz o custo dos materiais de construção. Porém, também apresenta menor fluidez, o que prejudica sua trabalhabilidade e diminui o módulo de elasticidade, resultando em maior tendência à formação de microfissuras.

6.2.2 TIJOLOS CERÂMICOS COM JUNÇÃO DE RESÍDUOS

A fabricação de tijolos cerâmicos com resíduos de outras indústrias é uma maneira positiva da indústria cerâmica promover uma construção mais sustentável. Isso ocorre, pois, a extração de argila é reduzida, e o soterramento desses resíduos é evitado.

Torgal e Jalali (2010) apontaram que estudaram a possibilidade de substituir grandes quantidades de argila por cinzas volantes. Os tijolos misturados com cinzas volantes precisam ser cozidos a aproximadamente 1050°C, o que significa aumentar 50°C a 100°C. Comparados com tijolos sem cinzas volantes, eles têm maior resistência mecânica, menor absorção de água e boa resistência ao degelo e congelamento.

De acordo com os autores foi possível perceber que embora o aumento do teor de cinzas reduza a resistência à compressão dos tijolos cerâmicos, mesmo assim, com o uso de grande quantidade de cinzas ainda é possível obter tijolos com alta resistência mecânica.

Recentemente houve um estudo da viabilidade da utilização de diversos resíduos orgânicos (aparas de madeira, resíduos de tabaco, resíduos vegetais) para potencializar a formação de microporos em tijolos cerâmicos. Esses autores comprovaram que a utilização do

referido resíduo no lugar da argila não causa problemas de moldagem de até 10% (massa) percentual. Além de constatarem também que, percentuais maiores podem dificultar o processo de extrusão e requerem muita água (DEMIR E TOPÇU, 2007).

6.2.3 TELHAS ECOLOGICAS

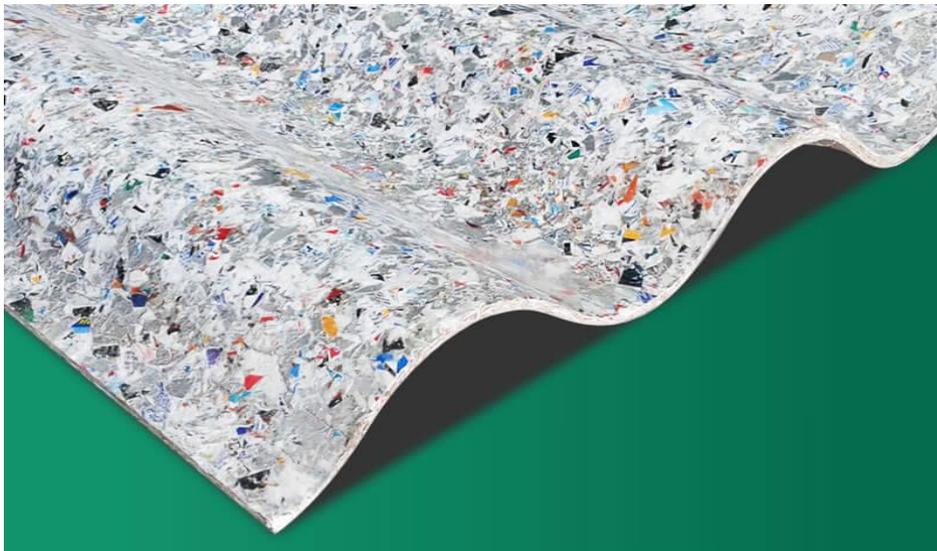
Atualmente, a preocupação com a sustentabilidade e com o meio ambiental no setor construtivo está aumentando cada vez mais. A utilização por materiais que causem menos danos ao meio ambiente tornaram-se cada vez mais comuns. Neste tópico serão citados apenas alguns exemplos de telhas ecológicas, porém no mercado existem muitas outras opções.

6.2.3.1 TELHA DE TUBOS DE CREME DENTAL

Os tubos de pasta de dente são produtos considerados ambientalmente problemáticos, uma vez que, depois do seu uso, na verdade não há interesse em ser reutilizado e, eventualmente, acaba em fins como os aterros e lixões da cidade. Por meio de pesquisas, foi possível dar um outro uso a estes materiais que atualmente podem ser utilizados na fabricação de telhas, que na construção civil são empregadas em coberturas.

Segundo o portal Damale Telhas, a telha de tubo de pasta de dente é feita de materiais 100% reciclados, incluindo 25% de alumínio e 75% de plástico, e nenhum produto químico é adicionado para condensar o material, ou seja, contribui com o meio ambiente. O resultado é um produto semelhante na forma de telhas de fibrocimento, mas com qualidade técnica superior. A figura 24 demonstra um exemplo de telha de tubo de pasta de dente.

Figura 24 - Exemplo de telha de tubo de pasta de dente.



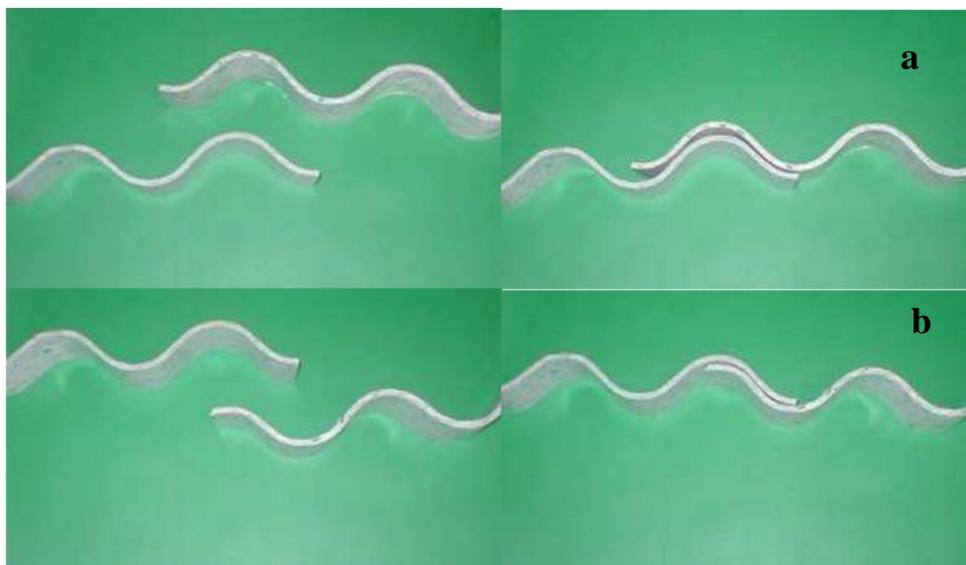
Fonte: Portal Engeplas.

O No verão, o telhado do tubo de pasta de dente pode reduzir a temperatura da casa em 25%, e é mais leve, o que significa economia no custo do transporte das telhas e da estrutura do telhado (PORTAL ENGEPLAS).

O resultado final desse material, que é a telha pronta se mostra bem resistente e, por ter alumínio em sua formação, ajuda a refletir a luz do sol, contribuindo na eficiência térmica, pois reduz o calor externo em até 87% quando comparada à telha de fibrocimento. Essa característica pode representar uma sensível redução no gasto com mantas isolantes térmicas.

Para um melhor rendimento dessas telhas, é necessária uma atenção especial durante a instalação, pois não possuem uma superfície de instalação determinado. Na figura 25, pode-se comparar o desempenho de dois métodos de instalação diferentes. No modelo montado no exemplo “a”, as ecotelhas são menos utilizadas em sua área útil, ou seja, são necessárias cerca de 69 telhas em uma cobertura de 100 metros quadrados montada dessa forma. Na montagem feita conforme o modelo “b”, as eco-telhas têm mais utilizações em sua área útil, ou seja, são necessárias cerca de 60 telhas em uma cobertura de 100 metros quadrados (PORTAL ENGEPLAS).

Figura 25 - Vista parcial do encaixe das telhas de tubos de creme dental.



Fonte: Portal Engeplas.

As telhas de tubos de pasta de dente podem ser usadas para tapumes e também em telhados residenciais, industriais e agrícolas, mas a criatividade é que determina o uso. As placas podem virar casinhas de cachorro, lixeiras de coleta seletiva, placas de aviso, divisórias dentre outros. Exemplos de aplicações de telhas feitas com tubos de pasta de dentes são apresentadas na figura 26.

Figura 26 - Aplicação da telha de tubo de pasta de dentes na cobertura de uma escola.



Fonte: Portal Engeplas.

6.2.3.2 ECOTELHA

A urbanização que ocorre com o desenvolvimento das cidades gera impactos sobre a vegetação que perde grande parte do seu espaço, resultando na diminuição da quantidade de água que deveria impermear no solo, alterando assim o ciclo hidrológico. Tendo em vista a redução na retenção de plantas, o ambiente à prova d'água agora leva a maior parte da água da chuva para o escoamento superficial. O resultado desse processo é o aumento de volumes de água escoados e a redução do tempo de concentração, resultando em enchentes cada vez mais graves e corriqueiras. (CASTRO, 2008).

O telhado verde é uma estrutura caracterizada pela aplicação de cobertura vegetal em edifícios. Segundo o autor, os resultados preliminares de pesquisas realizadas mostraram que, para os eventos estudados, o escoamento superficial da cobertura e do terraço coberto com vegetação foi reduzido em 97,5 e 100%, respectivamente, nas primeiras três horas após o início das chuvas. 6 horas após o início da chuva, o escoamento do terraço foi reduzido de 70% a 100%, enquanto o escoamento do telhado foi reduzido de 26,6% a 100% (CASTRO, 2008).

Ecotelha é um sistema modular constituído por um substrato rígido e outro leve, adicionados juntamente há nutrientes necessários para reter e drenar os excessos de água, evitando a erosão. Ela vem plantada e enraizada (Figura 27) e pode ser facilmente transportada. Tem 35 cm de largura, 68 cm de comprimento e 6 cm de espessura. Pesa cerca de 12,5 kg por unidade de água saturada. São necessárias quatro ecotelhas / m² e seu peso é de 50 Kg / m². A

manutenção do telhado é simples porque as plantas crescem lentamente e não precisam de rega ou poda. A figura 27 demonstra um exemplo de ecotelha.

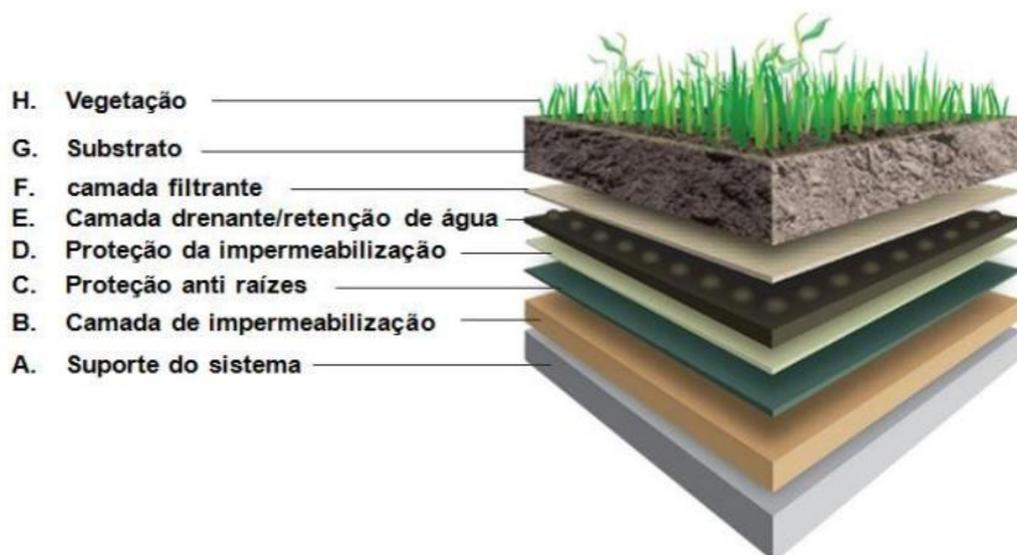
Figura 27 - Exemplo de Ecotelha.



Fonte: SALA (2006).

As plantas selecionadas para o Ecotelhado possuem um mecanismo fotossintético de metabolismo ácido das crassuláceas, o que as torna resistentes à seca. Elas fecham seus estômatos durante o dia e trocam gases à noite para evitar a perda de água promovendo assim a desaceleração do seu metabolismo. Ecotelha pode ser colocada em qualquer cobertura existente, seja ela fibrocimento com 6 mm de espessura, telhas de cerâmica, concreto ou lajes pré-moldadas com uma estrutura que possam suportar esta carga. As camadas necessárias para este tipo de telhado são apresentadas na figura 28.

Figura 28 - Camadas que devem constar na construção de jardins na cobertura de uma edificação.



Fonte: SALA (2006).

Alguns diferenciais positivos que os telhados verdes possuem em relação aos tradicionais são os seguintes:

- **Qualidade do ar:** Por meio da fotossíntese e da fixação de poluentes ao substrato, o telhado verde desempenha um papel na purificação do ar urbano. O telhado residencial também retém o carbono.
- **Proteção do prédio:** A cobertura vegetal em um edifício elimina a concentração de calor, evitando a dilatação e protegendo o edifício de rachaduras. O substrato também absorve chuva ácida. Esses dois fatores contribuem para uma maior vida útil da estrutura.
- **Pluvial:** Devido à retenção de água e redução de vazão, o telhado ecológico contribui muito para o escoamento das águas pluviais.
- **Biodiversidade:** Com o contínuo desenvolvimento das áreas urbanas e rurais, as plantas e os animais foram expulsos de seus habitats naturais. No conceito urbano que se formou, a cobertura vegetal ou telhado de grama é a ferramenta básica para sustentar a vida. O telhado ecológico é a solução para as cidades modernas.
- **Acústica:** O telhado verde diminui a reverberação ao absorver e isolar ruídos.
- **Aquecimento Global:** Os telhados verdes reduzem significativamente a necessidade de energia para condicionamento de ambientes, ajudando assim a reduzir as emissões de dióxido de carbono e suas consequências.
- **Conforto Térmico:** A cobertura verde proporciona excelente conforto ambiental, pois além do isolamento térmico, também perde a energia da evaporação da água retida por meio da evapotranspiração. O telhado também consome energia por meio da fotossíntese.
- **Arquitetônica:** O telhado ecológico aparece como tendência arquitetônica em um ambiente urbano saturado de concreto, metal e vidro, fazendo um contraponto de cor, vida e renovação. Nova opção de design para indústrias, residências e fachadas devido à variedade de plantas e folhagens possíveis. Cria visual paisagístico em um espaço antes inutilizável. Fácil de instalar, prático e inteligente, totalmente integrado na paisagem.
- **Lazer:** No caso de laje plana o telhado de grama torna-se em uma área de lazer.
- **Produção de Alimentos:** Os telhados verdes podem ser usados para jardinagem e horticultura além de apresentarem grandes vantagens, principalmente em projetos residenciais populares. A produção de alimentos próxima ao consumo tem sido apontada como elemento sustentável na idealização das cidades do futuro.

Uma das características que normalmente influenciam na escolha desse tipo de telhado é a respeito do seu peso que é maior que os convencionais, todavia não há uma variação tão grande assim, pois a telha cerâmica pesa em torno de 2,5 Kg cada, e o metro quadrado em média tem um peso de 40 Kg. As telhas de concreto pesam em torno de 47 Kg o metro quadrado. Já a ecotelha pesa como vimos acima, 50 Kg por metro quadrado, não havendo tanta diferença assim.

6.2.4 ISOLANTES TÉRMICOS E ACÚSTICOS

6.2.4.1 CÂNHAMO

De acordo com Santos (2013), as fibras externas produzidas a partir dos caules do cânhamo podem ser utilizadas como isolantes térmicos e acústicos para edifícios. Devido à aglomeração das fibras de cânhamo ligeiramente comprimidas, uma placa flexível pode ser formada sem a necessidade de adesivos necessitando apenas um tratamento de proteção contra o fogo.

Esse material pode ser utilizado em paredes, pisos e telhados. O uso de cânhamo é mais benéfico ao meio ambiente e à saúde humana, se comparados a outros materiais dessa categoria e ainda possui uma demanda de produção baixa. Pode ser reciclado, tem um efeito positivo no ar interior e tem menos energia incorporada se comparada por exemplo a lã de rocha (Kymalainen e Sjoberg, 2008). No entanto, um dos motivos que dificultam o uso desse material é o seu alto custo.

6.2.4.2 LÃ DE OVELHA

A lã de ovelha pode ser usada para isolamento térmico e acústico. Possui muitas vantagens, tais como: controlar a condensação, absorvendo e liberando umidade sem perder suas propriedades térmicas; aquecendo a 7 graus Celsius ao absorver umidade, reduzindo assim o risco de condensação; absorvendo até 30% do seu peso em água, evitando o uso de proteção contra o vapor; absorve gases perigosos, como o dióxido de carbono, e os mantém permanentemente; tem alta durabilidade porque não se degrada em contato com a umidade. Tem origem de recursos renováveis; biodegradável após o fim da vida; se estiver em bom estado, pode ser reutilizado; é reciclável; não causa problemas respiratórios ou de pele durante o uso (MATEUS e BRAGANÇA, 2006).

6.2.5 CIMENTOS PORTLAND CPIII E CPIV

Conforme mencionado no item 4.1.3 sobre “aglomerantes”, o cimento é um material de construção que tem impacto significativo no meio ambiente principalmente devido à sua participação nas emissões de dióxido de carbono. No entanto, por ser o insumo da construção mais utilizado, surgiram e ainda estão em desenvolvimento tecnologias para melhorar sua eficiência por meio da redução do impacto de sua indústria principalmente do ponto de vista ambiental.

Para reduzir custos, aditivos minerais como escória de alto forno e pozolana têm sido inseridos na composição do cimento Portland. Porém, devido aos benefícios desses aditivos, a produção de cimento Portland com esses aditivos supera a produção de cimento comum na indústria brasileira (GUERREIRO, 2014).

A Tabela 13 lista os componentes dos cimentos CPIII e CPIV no Brasil, bem como outros tipos de cimentos para comparação:

Tabela 13 - Tipos e especificações de cimentos Portland no Brasil.

Componentes (% em massa)					
Sigla	Classe de resistência	Clínquer + sulfatos de cálcio	Escória granulada de alto-forno	Material pozolânico	Material carbonático
NBR 5732 - Cimento Portland comum					
CP I	25	100		0	
	32				
	40				
CP I-S	25	99-95		1 - 5	
	32				
	40				
NBR 11578 - Cimento Portland composto					
CP II-E	25	94 - 56	6 - 34	-	0 - 10
	32				
	40				
CP II-Z	25	94 - 76	-	6 - 14	0 - 10
	32				
	40				
CP II-F	25	94 - 90	-	-	6 - 10
	32				
	40				
NBR 5735 - Cimento Portland de alto-forno					
CP III	25	65-25	35-70	-	0 - 5
	32				
	40				
NBR 5736 - Cimento Portland pozolânico					
CP IV	25	85 - 45	-	15 - 50	0 - 5
	32				
NBR 5733 - Cimento Portland de alta resistência inicial					
CP V-ARI	> 34	100-95		0 - 5	

Fonte: Guerreiro, 2014.

Vale destacar que o Cimento Portland CPIII e o CPIV apresentam os menores percentuais de clínquer em sua composição: substância que tem grande impacto ambiental na produção de cimento.

Para confirmar a sustentabilidade desses tipos de cimentos em comparação com outros, a pesquisa da autora foi utilizada como base, que comparou alguns dos impactos ambientais dos cimentos industriais brasileiros. A Tabela 14 apresenta os resultados dessa pesquisa.

Tabela 14 - Comparativo dos impactos ambientais entre cimentos da indústria brasileira.

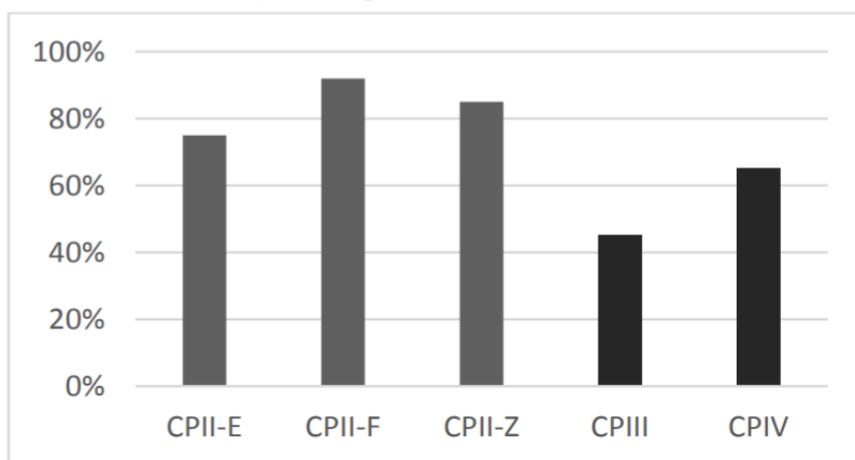
Cimento Portland	Clínquer/Cimento (%)	Aquecimento Global (kg CO ₂ -eq)	Acidificação (kg SO ₂ -eq)	Eutrofização (kg PO ₄ -eq)
Indústria Brasileira				
CP II-E	75%	705	1,386	0,220
CP II-F	92%	871	1,702	0,268
CP II-Z	85%	807	1,570	0,248
CP III	45%	457	0,996	0,156
CP IV	65%	634	1,315	0,206
Indústria Europeia				
CEM II/B-S	72%	675	1,720	0,223
CEM II/A-L	94%	872	2,190	0,285
CEM II/A-P	87%	810	2,040	0,265
CEM III/A	49%	524	1,420	0,334
CEM IV/A	65%	610	1,550	0,237

Fonte: Guerreiro, 2014.

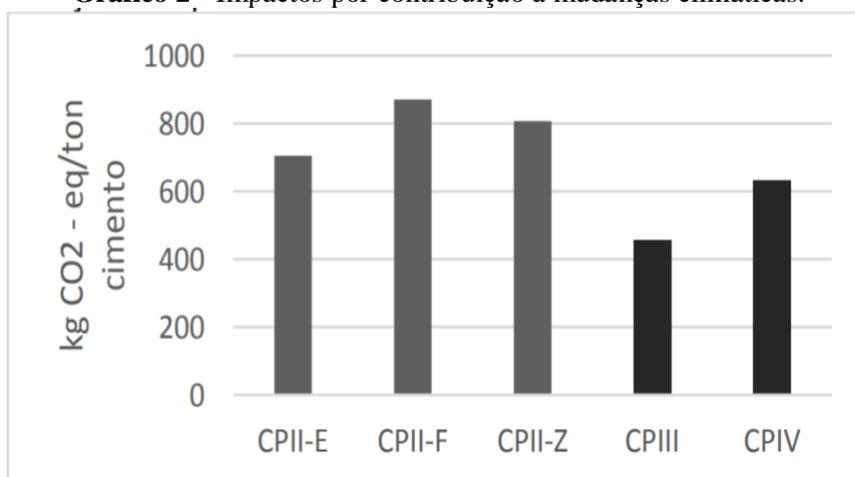
Para compreender melhor a tabela 14, precisa-se conhecer as características avaliadas. Building Research Establishment – BRE, define eles da seguinte forma:

- a) Mudanças climáticas: Determina o impacto potencial com base em gases de efeito estufa quantitativos (como CO₂, N₂O e aerossóis).
- b) Acidificação: relaciona-se à emissão de óxidos de nitrogênio e enxofre à atmosfera.
- c) Eutrofização: Representa o impacto potencial associado à liberação de nutrientes para o solo e corpos d'água, principalmente nitratos e óxidos de fósforo.
- d) Depleção de recursos naturais: representa a utilização de recursos naturais.

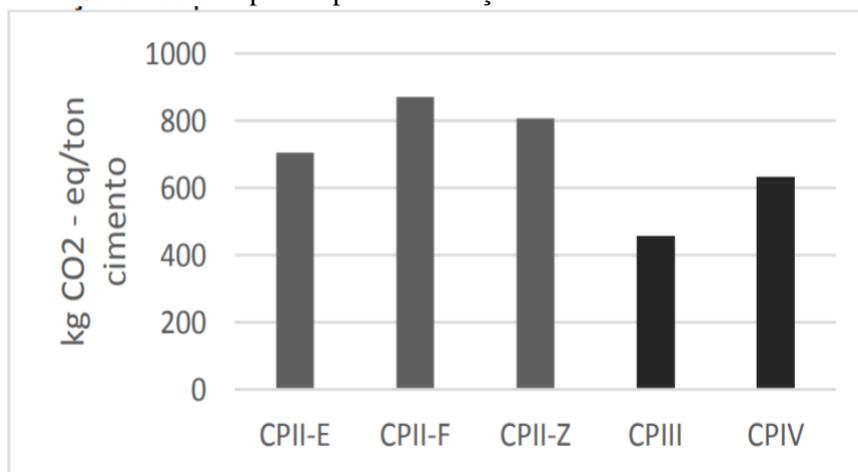
Os resultados destacados correspondem ao desempenho dos cimentos com menores relações clínquer/cimento (Portland CPIII e CPIV), indicando que obtiveram melhores resultados entre todos os efeitos avaliados por Guerreiro (2014). Os gráficos 1 a 6 exibem a comparação.

Gráfico 1 - Relação Clínquer/Cimento dos cimentos avaliados.

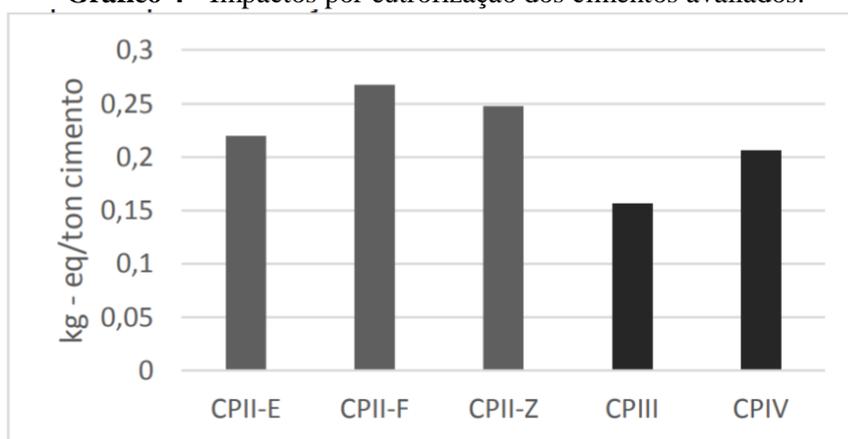
Fonte: Guerreiro, 2014.

Gráfico 2 - Impactos por contribuição à mudanças climáticas.

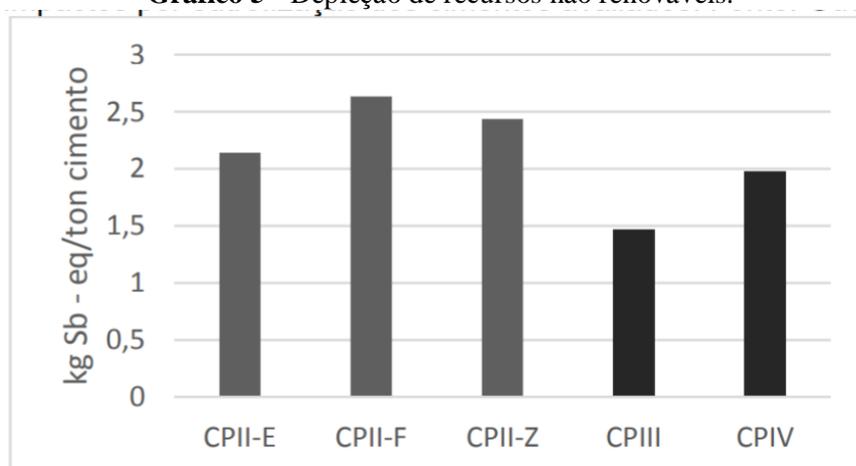
Fonte: Guerreiro, 2014.

Gráfico 3 - Impactos por acidificação dos cimentos avaliados.

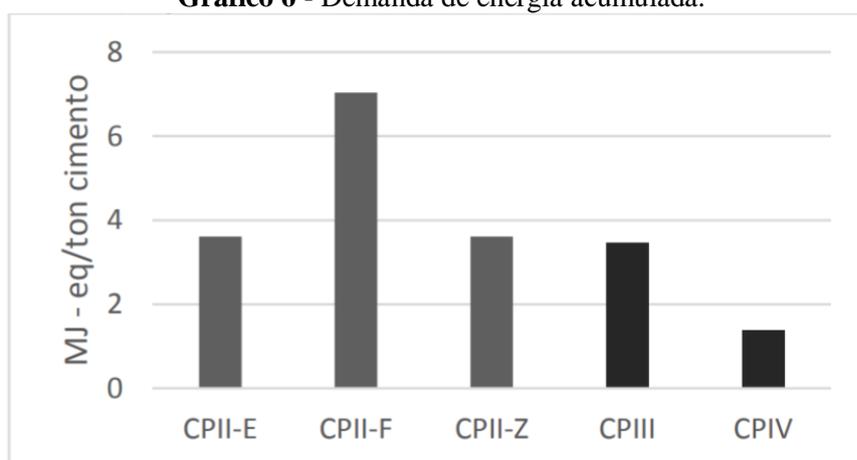
Fonte: Guerreiro, 2014.

Gráfico 4 - Impactos por eutrofização dos cimentos avaliados.

Fonte: Guerreiro, 2014.

Gráfico 5 - Depleção de recursos não renováveis.

Fonte: Guerreiro, 2014.

Gráfico 6 - Demanda de energia acumulada.

Fonte: Guerreiro, 2014.

6.2.6 TIJOLOS ECOLÓGICOS

O solo original como material de construção é abundante e possui propriedades de isolamento térmico, o que pode proporcionar bom conforto térmico e acústico, além de tornar

um ambiente confortável isso tudo associado também com menor custo energético necessário para seu condicionamento (PISANI, 2005).

O tijolo solo-cimento é um material amplamente utilizado, que em sua produção se comparados a tijolos convencionais gera grande economia de energia. Ele usa ingredientes da terra e é chamado também de tijolo ecológico. O tamanho do tijolo de solo-cimento é 25 x 12,5 x 7 centímetros e é composto por solo, água e cimento. É considerado um método de construção sustentável porque elimina a necessidade de queimar tijolos, diminuindo a extração de madeira evitando também a emissão de monóxido de carbono (VIER et al., 2017).

Além disso, como as propriedades físicas dos resíduos de argamassa e concreto são semelhantes às dos rochedos, é possível misturar resíduos de construção na produção de tijolos de solo-cimento (FERRAZ; SEGANTINI, 2004).

Após todos os processos de obtenção e separação do material ideal, a mistura homogênea de solo-cimento é transferida para uma prensa com molde de tamanho variável, no qual para cada tipo de prensa resultam tijolos maciços ou com furos, também chamados de tijolos modulares (NASCIMENTO, 2018). Os tijolos modulares são representados em diversos formatos, conforme mostrado na Figura 29, onde existem tijolos com dois furos, meio tijolos e tijolos caneleta.

Figura 29 - Formatos do tijolo de solo-cimento.



Fonte: Nascimento, 2018.

Como deficiência do produto, existe o perigo do uso do próprio solo, pois o uso indiscriminado do mesmo beneficiará o processo de erosão ao meio ambiente. Outro ponto importante se dá quanto ao erro de dosagem, compactação ou teor de umidade, que pode ser benéfico para favorecer o surgimento de patologias na construção.

6.2.7 BLOCOS DE ISOPET

A reciclagem é uma das formas para alcançar o desenvolvimento sustentável. Claro, a discussão sobre a sustentabilidade do modelo de desenvolvimento criado pela humanidade é uma das principais discussões neste século. Na ótica da cadeia produtiva da construção civil, o aproveitamento de resíduos tem um dos maiores potenciais de nossa sociedade. O uso de materiais recicláveis em construções civis pode reduzir o desperdício bem como a extração de matéria-prima do meio ambiente.

Os blocos ISOPET são feitos de concreto leve com EPS (poliestireno expandido) utilizando garrafas plásticas inteiras devidamente tampadas e posicionadas no interior do bloco na vertical ou na horizontal. Os blocos apresentam encaixes laterais na forma de macho e fêmea (saliências e reentrâncias) que geram o intertravamento não sendo necessário a utilização de argamassa nas suas uniões, exceto na primeira fiada. Possuem ainda canaletas, que substituem as fôrmas, na moldagem de vergas, contra-vergas e cintas de amarração. As dimensões do bloco ISOPET são 40cmx40cmx14,5cm e 40cmx20cmx14,5cm (KANNING *et al*, 2004). A figura 30 exhibe um exemplo de bloco de concreto ISOPET.

Figura 30 - Exemplo de bloco de concreto ISOPET.



Fonte: KANNING *et al*, 2004.

Os principais resultados obtidos no estudo de Kanning *et al* (2004) caracterizam os blocos como de vedação; em função da interação entre o isopor com as garrafas PET os blocos possuem elevada isolamento termo-acústica; por possuírem encaixes laterais na forma tipo macho e fêmea, os blocos dispensam juntas de argamassa vertical reduzindo em 55% o tempo de execução das paredes e 81% na quantidade de argamassa de assentamento; por possuírem uma superfície porosa prescindem de chapisco; o baixo peso, a facilidade no manuseio e a eliminação de etapas na construção reduzem o desgaste físico do operário, aumentando a produtividade.

7.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sustentabilidade é um ponto crucial para contribuir para a sobrevivência de uma sociedade com qualidade de vida. Atualmente esse tema tem sido cada vez mais abordado em todas as áreas inclusive na construção civil, porém essas ações acontecem no Brasil de forma lenta, não englobando grande parte deste setor.

A construção civil é responsável por boa parte da degradação ambiental do planeta, principalmente por ser causadora de impactos pertinentes ao grande consumo de recursos naturais não renováveis e poluentes por ela gerados.

Entretanto, as preocupações ambientais nunca foram abordadas nas pautas dos países como atualmente. Práticas conducentes ao desenvolvimento sustentável têm se tornado comuns na construção civil, principalmente devido à disseminação e boa aceitação das certificações e selos ambientais pela sociedade e ao seu apego a novos produtos e obras sustentáveis. Atualmente existem diferentes rótulos com diferentes métodos e aplicações, onde os empresários podem escolher o rótulo mais adequado para o seu tipo de projeto.

Combinado com o desejo real de proteger o meio ambiente novas empresas buscam atender a esses requisitos de certificação. Com base nisso, a pesquisa apontou que as questões relacionadas à escolha de materiais de construção estão começando a ser vistas como preocupações.

O uso de materiais que causem menores danos poluidores em comparação com materiais convencionais, somado a adesões de soluções construtivas mais ecológicas, garantirão que essas construções sejam cada vez mais corretas do ponto de vista ambiental, assegurando assim uma qualidade de vida melhor para as futuras gerações.

Porém, a adesão desses materiais em construções ainda ocorre de maneira tímida, não estando bem consolidadas no mercado como deveriam, principalmente porque o consumidor preza mais o quesito econômico inicial da obra sem considerar todo seu ciclo de vida.

A sustentabilidade na construção civil traz inúmeros benefícios, seja para as construtoras como também para futuros usuários, e isso já ocorre e é visível, principalmente nas áreas econômica e ambiental. No entanto, o campo social não tem sido amplamente explorado e suas principais vantagens são indiretas. Com o desenvolvimento do pensamento sustentável, a sustentabilidade social deve ser mais explorada e seus benefícios mais claros.

Constatou-se que o país ainda não apresenta resultados científicos consistentes no que diz respeito à sustentabilidade das edificações, com foco nos materiais de construção. Porém, este tópico é uma questão recente o que justifica essa situação. Além disso, a maioria das ferramentas existentes para avaliar a sustentabilidade de materiais são estrangeiras e de países desenvolvidos, que em alguns casos não podem fornecer referência suficiente ou aplicáveis para o Brasil.

Para futuros trabalhos, recomenda-se realizar uma análise comparativa sobre o assunto entre o Brasil e a realidade estrangeira, na tentativa de verificar o nível do país e esclarecer as melhores práticas que podem ser aplicadas ao Brasil. Além disso, recomenda-se investigar as últimas inovações em materiais de construção sustentáveis para estudar sua aplicabilidade, benefícios e viabilidade econômica. Por fim, outro estudo complementar que também seria de fundamental relevância teria como foco os resultados da pesquisa de análise do ciclo de vida de materiais de construção, demonstrando sua eficiência no meio ambiente brasileiro.

REFERÊNCIAS

- ABREU, C., **Como ser sustentável?** Disponível em: <<http://www.atitudessustentaveis.com.br/sustentabilidade/como-ser-sustentavel>> Acesso em: 23/09/2020.
- ARANTES, L. C. **Construção Sustentável: Oportunidades de negócio para a empresa Bautec Construções & Incorporações Ltda.** Complexo de Ensino Superior de Santa Catarina/CESUSC. Monografia (Graduação em Administração). 2008.
- ARAÚJO, M. A., **A moderna construção sustentável.** 2006. Revista Eco-21 ed. 108. Disponível em: <<http://www.eco21.com.br/textos/textos.asp?ID=1233>> Acesso em: 27/09/2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Fabricação do cimento.** Disponível em <<http://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/fabricacao/fabricacao>>. Acesso em: 18 setembro 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14040: **Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura.** Rio de Janeiro, 2001.
- BARBOSA, G. S. **O Discurso da Sustentabilidade Expresso no Projeto Urbano.** Tese (Doutorado). Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ. 2013.
- BARBOSA, M. T. et al. **Concreto Ecológico.** Universidade Federal de Juiz de Fora/UFJF. 18º Concurso Falcão Bauer. 2011.
- BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção.** 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.
- BELTRAME, E. de S. **Meio Ambiente na Construção Civil.** 2013. Disponível em: <http://www.eduardo.floripa.com.br/download/Artigo_meio_ambiente.pdf>. Acesso em: 28 set. 2020.
- BOELEN et al. **A Concrete Solution for a Concrete Problem.** Universidade de Delft. 2012. Disponível em: <http://www.foundationimagine.org/uploads/media/Finalist_Bioconstruction_A_concrete_solution_for_a_concrete_problem.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2020.
- BRAGA, B. et al. **Introdução à Engenharia Ambiental. O Desafio do Desenvolvimento Sustentável.** 2a ed. São Paulo. Prentice Hall. 2005.
- CAIADO, A. R. **Contribuição ao Estudo da Rotulagem Ambiental dos Materiais de Construção Civil.** Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo/USP. 2014.

CALLISTER, W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais – Uma Introdução**. 1a ed. LTC. 2000.

CASA CIVIL. **Lei no 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Brasil. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 3 jun. 2020.

CASTRO, A. S., GOLDENFUM, J. A. **Uso de Telhados Verdes no Controle Qualitativo Quantitativo do Escoamento Superficial Urbano**. In: VIII Encontro Nacional de Águas Urbanas. - Rio de Janeiro, 2008.

CBCS. **Materiais, Componentes, e a Construção Sustentável**. 2009. Disponível em: <http://www.cbcs.org.br/_5dotSystem/userFiles/posicionamentos/CBCS_CTMaterialis_Posicionamento_Materiais%20componentes.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2020.

CBCS. **Quem Somos**. 2007. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br/website/institucional/show.asp?ppgCode=09804C7D-A825-42C4-AE3B-D7834C71E1ED>>. Acesso em: 11 out. 2020.

CBIC. **Desenvolvimento com Sustentabilidade**. Brasil. 2008. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br/sites/default/files/Programa-Construcao-Sustentavel.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2020.

CBIC. **Programa Construção Sustentável**. 2011. Disponível em: <http://www.cbic.org.br/sites/default/files/Prog%20Construcao%20Sustentavel_%20CBIC.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2020.

CMMAD, Comissão Mundial Sobre Ambiente e Desenvolvimento. **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro. Fundação Getúlio Vargas/FGV. 1988.

COLAÇO, L. M. M., **A Evolução da Sustentabilidade no Ambiente Construído Projeto e Materiais dos Edifícios**. 2008. Tese apresentada na Universidade Portucalense para obtenção do grau de Doutor, Porto, 2008.

CONDEIXA, K. M. **Comparação entre Materiais da Construção Civil através da Avaliação do Ciclo de Vida: Sistema Drywall e Alvenaria de Vedação**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal Fluminense/UFF. 2013.

DEMIR, A.; TOPÇU, I. **Durability of rubberized mortar and concrete**. Journal of Materials in Civil Engineering. 2007.

ELKINGTON, J. **Sustentabilidade – Canibais com Garfo e Faca**. 1a ed. São Paulo. M. Books. 2012.

FEBRABAN. 17o **Café com Sustentabilidade**. 2010. Disponível em: <<http://www.febraban.org.br/>>. Acesso em: 01 jun. 2020.

FERRAZ, André Luiz Nonato; SEGANTINI, Antonio Anderson da Silva. **Engenharia sustentável: aproveitamento de resíduos de construção na composição de tijolos de solo-cimento**. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 5, 2004, Campinas. Anais ... Campinas: UNICAMP, 2004.

FLORES, C. Z. **Procedimento para especificação e compra de materiais da construção civil de menor impacto ambiental**. Dissertação (Pós-graduação). Universidade Tecnológica Federal do Paraná/UTFPR. 2011.

GBC-Brasil. **Compreenda o LEED**. Disponível em <<https://www.gbcbrazil.org.br/wp-content/uploads/2017/09/Compreenda-o-LEED-1.pdf>> Acesso em 24 de out de 2020.

GODOY, A. **A Primavera Silenciosa** (Silent Spring). Virtual Book. 2009. Disponível em: <<http://amaliagodoy.blogspot.com/2009/03/primavera-silenciosa-silent-spring.html>>. Acesso em 10 jun. 2020.

GOYAL, N. **Self-Healing Concrete Can Repair Its Own Cracks with Bacteria**. 2015. Disponível em: <<http://www.industrytap.com/self-healing-concrete-can-repair-cracksbacteria/29051>>. Acesso em: 10 ago. 2020.

GRAF, H. F. **Transmitância térmica & energia incorporada na arquitetura: sua relação nas superfícies do invólucro de uma edificação residencial unifamiliar conforme a norma NBR 12721**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná/UFPR. 2011.

GUERREIRO, A. Q. **Avaliação do Ciclo de Vida dos Cimentos de Produção mais significativa no Brasil**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS. 2014.

HAGEMANN, S. E **Apostila de Materiais de Construção Básicos**. Copyright© 2011 Universidade Aberta do Brasil Instituto Federal Sul-rio-grandense. 2011.

IMAGUIRE JÚNIOR, Key; IMAGUIRE, Marialba Rocha Gaspar; BATISTA, Fábio Domingos; BERRIEL, Andréa. **A casa de araucária. Arquitetura da madeira em Curitiba**. Curitiba, Instituto ArquiBrasil, 2011.

JACOBI, P. **Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade**. Universidade de São Paulo/USP. 2003.

JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P.; AGOPYAN, V. **Critérios de sustentabilidade para seleção de materiais e componentes - uma perspectiva de sustentabilidade para países em desenvolvimento**. Journal of Building Environment. 2006.

KANNING R. C. *et al.* **ISOPET - Análise do Desempenho Térmico de um Protótipo Habitacional Construído Com Blocos de Concreto Com Isopor e Garrafas Pet.** Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável. Florianópolis –SC, 2004.

KYMALAINEN, H.; SJOBERG, A. **Flax and hemp fibres as raw materials for thermal insulations.** 2008. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132307001102>>. Acesso em: 11 ago. 2020.

LOTTI, M. G. **Processo de Desenvolvimento e Implantação de Sistemas, Medidas e Práticas Sustentáveis com Vista a Certificação Ambiental de Empreendimentos Imobiliários – Estudo de Caso: Empreendimento Bairro Ilha Pura – Vila dos Atletas** 2016. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ. 2015.

LUDOVICO, Antonio; FREIRE, Wesley Jorge. **Tecnologias e Materiais Alternativos de Construção**, 2º ed. Campinas- SP, UNICAMP, 2013.

MACEDO, D. B. **Metodologia De Avaliação Do Ciclo De Vida De Sistemas Construtivos – Aplicação Em Um Sistema Estruturado Em Aço.** Dissertação (Pós-graduação). Universidade Federal de Minas Gerais/UFMG. 2011.

MARTINS, C.H.B.; CARVALHO, P.G.M; BARCELLOS, F.C.; MOREIRA, G.G. **Da Rio-92 à Rio+20: avanços e retrocessos da Agenda 21 no Brasil.** Indic. Econ. FEE, Porto Alegre, v. 42, n.3, p. 97-108, 2015.

MATEUS, R.; BRAGANÇA, L. **Tecnologias construtivas para a sustentabilidade da construção.** Universidade do Minho. Edições Ecopy. 2006.

MATOS, B. F. **Construção Sustentável: Panorama Nacional da Certificação Ambiental.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Juiz de Fora/UFJF. 2014.

MEDEIROS, Y. M. **A Contribuição das Certificações como Instrumentos Voluntários para a Avaliação da Sustentabilidade de Projetos Urbanos.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro/UFRJ. 2013.

MMA, **Ministério do Meio Ambiente. Agenda Ambiental na Administração Pública- A3P.** Brasil. s.d. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/>>. Acesso em: 25/09/2020.

MOTTA, R.F.S.; AGUILAR, P.T.M. **Sustentabilidade e Processos de Projetos de Edificações.** Gestão & Tecnologia de Projetos, Vol. 4, nº 1, 2009.

NASCIMENTO, Álvaro Morais et al. **Tijolo modular de solo-cimento com o material na construção.** Revista InterScientia, [S. l.], v. 6, n.1, p. 187-202, 2018.

NASCIMENTO, Elimar Pinheiro do. **Trajectoria da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico.** Estud. av., São Paulo, v. 26, n. 74, p. 51-64, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142012000100005&lng=en&nrm=iso>. Consultado em 23 Set. de 2020.

OLIVEIRA, C. N. **O Paradigma da Sustentabilidade na Seleção De Materiais e Componentes para Edificações.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina/UFSC. 2009.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de Construção.** Porto Alegre: Globo, 1975.

PICANÇO, M. S. **Compósitos cimentícios reforçados com fibras de curauá.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005.

PISANI, Maria Augusta Justi. **Um material de construção de baixo impacto ambiental: O tijolo de solo-cimento.** Revista Sinergia, São Paulo, v. 6, n. 1, p. 53-59, 2005.

PORTAL DAMALE TELHAS. **Telha de tubo de pasta de dente.** Disponível em: <www.damale.com.br/telhas>. Acesso em: 20 de ago. 2020.

PORTAL ENGEPLAS. **Telhas Ecológicas.** Disponível em: <<http://www.engeplas.com.br/>> Acesso em: 14 set. 2020.

PORTAL VANZOLINI. **O Processo AQUA-HQE.** s.d. Disponível em: <<http://vanzolini.org.br/>>. Acesso em: 29 jul. 2020.

ROAF, S. **Ecohouse: A Casa Ambientalmente Sustentável.** 2a ed. Bookman Companhia. 2006.

RON, M. B., CASAGRANDE, M. D. T., VALE, A. C., LOPES, M. M., SOARES, J. B. **Aplicabilidade de resíduos reciclados da construção civil e demolição como agregados em misturas asfálticas.** Anais. Salvador, Bahia, 2008.

SALA, L. G., **Proposta de Habitação Sustentável para Estudantes Universitários.** 2006. 86 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2006.

SANTOS, M. O. **O Cânhamo como material de construção: Viabilidade e Oportunidade.** Dissertação (Mestrado). Porto. Universidade Fernando Pessoa. 2013.

SILVA, F. A. **Durabilidade e propriedades mecânicas de compósitos cimentícios reforçados por fibras de sisal.** Tese (Doutorado em Engenharia Civil) -Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

SILVA, M. C. **Instrumento para Pré-Avaliação da Seleção de Materiais em Projetos que Visam Certificação Ambiental.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Juiz de Fora/UFJF. 2013.

SILVA, Moema Ribas. **Materiais de Construção.** São Paulo: PINI, 1985.

SOUZA, L. G. **Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e wood frame.** Especialize Revista Online, janeiro de 2012. Disponível em: <<http://www.bussinesstour.com.br/uploads/arquivos/80c5f1f09008d87d427f2c446ae349e7.pdf>>. Acesso em 09 de outubro de 2020.

SPERB, M. **Avaliação de Tipologias Habitacionais a Partir da Caracterização de Impactos Ambientais Relacionados a Materiais de Construção.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS. 2000.

SUA PESQUISA.COM. **O que é sustentabilidade, conceito, resumo, desenvolvimento sustentável, gestão sustentável, meio ambiente, ações.** Disponível em <<https://www.suapesquisa.com/ecologiasaude/sustentabilidade.htm>> Consultado em 23 de setembro de 2020.

TORGAL, F.P.; JALALI, S. **A Sustentabilidade dos Materiais de Construção.** 2ª ed. Portugal. TecMinho. 2010.

VALOTO, F.M.; ANDRADE, B.S. **Construção civil e o ensino de práticas sustentáveis em prol do meio ambiente.** XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, COBENGE 2011, Blumenau - SC, 2011.

VIER, Lucas Carvalho et al. **Estudo de viabilidade econômica para substituição de bloco cerâmico por tijolo ecológico—estudo de caso1.** I n: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 25, 2017, Ijuí. Anais... Ijuí: UNIJUI, 2017. p.1- 5.

VOSGUERITCHIAN, A. B. **A abordagem dos sistemas de avaliação de sustentabilidade da arquitetura nos quesitos ambientais de energia, materiais e água, e suas associações às inovações tecnológicas.** Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo/USP. 2006.

YEANG, K. **El rascacielos ecológico.** 1ª ed. Barcelona. Gustavo Gili. 2001.

YUDELSON, J. **Green Building A to Z: Understanding the Language of Green Building.** 1a ed. New Society Publishers. 2007.