

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RAYSSA FERNANDA ALVES LEITE

**ESTUDO SOBRE O USO DE MATERIAIS E SISTEMAS ALTERNATIVOS QUE
CONTRIBUEM PARA A SUSTENTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES**

São Luís

2016

RAYSSA FERNANDA ALVES LEITE

**ESTUDO SOBRE O USO DE MATERIAIS E SISTEMAS ALTERNATIVOS QUE
CONTRIBUEM PARA A SUSTENTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual do Maranhão como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Me. Rogerio Frade da Silva
Souza

São Luís

2016

Leite, Rayssa Fernanda Alves.

Estudo sobre materiais e sistemas alternativos que contribuem para a sustentabilidade em edificações/ Rayssa Fernanda Alves Leite. – São Luís, 2016.

90 f.

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual do Maranhão, 2016.

Orientador: Prof. Me. Rogerio Frade da Silva Sousa

1. Sustentabilidade. 2. Edificações. 3. Materiais. I. Título.

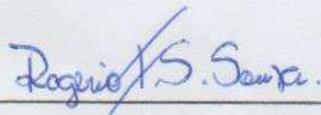
CDU 69:502.131.1

RAYSSA FERNANDA ALVES LEITE

**ESTUDO SOBRE O USO DE MATERIAIS E SISTEMAS ALTERNATIVOS QUE
CONTRIBUEM PARA A SUSTENTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES**

Monografia apresentada à Coordenação do Curso
de Engenharia Civil da Universidade Estadual do
Maranhão como requisito para a obtenção do título
de bacharel em Engenharia Civil.

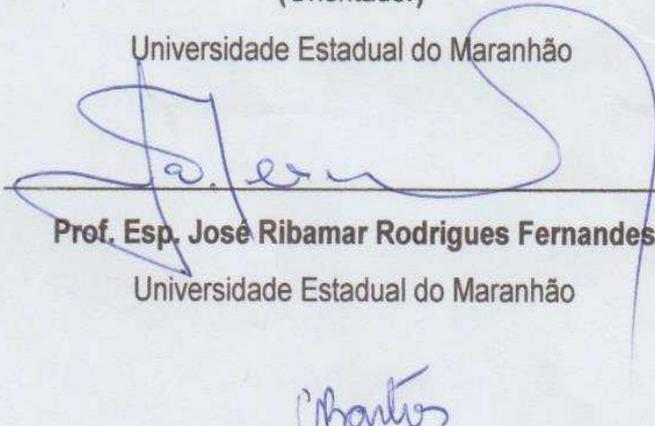
Aprovado em: 15 / 12 / 2016



Prof. Me. Rogério Frade da Silva Souza

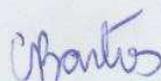
(Orientador)

Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Esp. José Ribamar Rodrigues Fernandes

Universidade Estadual do Maranhão



Prof.^a Esp. Carmen Lúcia Bentes Bastos

Universidade Estadual do Maranhão

“A natureza pode suprir todas as necessidades do homem, menos a sua ganância”.

Mahatma Gandhi

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e especialmente aos meus pais, Maria Lúcia Alves e Edielson Lopes, por me proporcionarem educação e amor. Por serem peças fundamentais para a construção do meu caráter, por serem pessoas integras e exemplos para minha vida. Toda minha dedicação e esforço, mesmo com dificuldades, é por eles.

Ao meu namorado, Pedro Iago, que sempre se fez presente, me ajudando, proporcionando momentos de alegria e sendo meu suporte ao longo do curso, me incentivando, dando força mesmo nos momentos difíceis e acreditando no meu potencial.

À minha prima, Rafaela Leite, por ser minha melhor amiga e por me dar força, alegria, apoio e não me deixar desistir dos meus sonhos, dividindo comigo os bons e maus momentos.

Aos meus amigos que sempre me deram alegria e motivação ao longo dessa caminhada.

Ao professor Rogerio Frade, por ter me orientado no presente trabalho, sendo sempre participativo, atencioso, compreensivo e um exemplo como professor e orientador.

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma revisão bibliográfica relativa à utilização de materiais e sistemas alternativos que proporcionam sustentabilidade às edificações. A preocupação com o desenvolvimento sustentável é decorrente da busca por caminhos que possibilitem o equilíbrio ambiental, social e econômico. A construção civil, por ser um dos setores responsáveis pelo desenvolvimento e ainda, pela utilização em grande escala dos recursos naturais, traz consigo a responsabilidade de adoções de medidas que possam reduzir os impactos ambientais. Nesse sentido, soluções que podem ser encontradas na utilização de materiais e sistemas que contribuem para a sustentabilidade. Com isso, o trabalho destaca as características, assim como as definições desses materiais e sistemas, bem como suas vantagens e certificações que incentivam seus usos. O trabalho também aborda o exemplo de quatro casos de edificações brasileiras que faz o uso dessas metodologias.

Palavras-chave: Sustentabilidade. Edificações. Materiais.

ABSTRACT

The present work presents a literature review on the use of alternative materials and systems that provide sustainability to the buildings. The concern with the sustainable development is due to the search for ways that allow the environmental, social and economic balance. Civil construction, as one of the sectors responsible for development and for the large-scale use of natural resources, carries the responsibility of adopting measures that can reduce environmental impacts. In this sense, solutions that can be found in the use of materials and systems that contribute to sustainability. With this, the work highlights the characteristics, as well as the definitions of these materials and systems, as well as their advantages and certifications that encourage their uses. The work also addresses the example of four cases of Brazilian buildings that makes use of these methodologies.

Key words: Sustainability. Buildings. Materials.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tripé da sustentabilidade	26
Figura 2 – Inventário do ciclo de vida dos materiais	42
Figura 3 – Tijolo solo-cimento	52
Figura 4 – Sistema de aproveitamento de água pluvial	57
Figura 5 – Sistema de aproveitamento de água pluvial	58
Figura 6 – Filtro autolimpante	59
Figura 7– Sistema de reuso de água cinza	62
Figura 8 – Coletores solares	64
Figura 9 – Geração fotovoltaica	65
Figura 10 – Cobertura verde	66
Figura 11– Estrutura da cobertura verde	67
Figura 12 – Edifício Eldorado Business Tower	68
Figura 13 – Gestão de resíduos no Edifício Eldorado Business Tower	69
Figura 14 – Edifício True Chácara Klabin	72
Figura 15 – Placas de captação de energia no Edifício True Chácara Klabin	73
Figura 16 – Residencial Bonelli	73
Figura 17 – Centro de Cultura Max Feffer	75
Figura 18 – Telhas de fibra vegetal	75

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Registros e certificações LEED no Brasil	38
Gráfico 2 – Frequência das iniciativas nos casos apresentados	79

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Níveis de gradação do Selo Casa Azul	32
Quadro 2 – Resumo, Categorias e Critérios do Selo Casa Azul	34
Quadro 3 – Projetos brasileiros reconhecidos pelo Selo Casa Azul	35
Quadro 4 – Versões da certificação LEED	36
Quadro 5 – Níveis de certificação LEED na versão v4	37
Quadro 6 – Categorias da QAE	39
Quadro 7 – Níveis de desempenho associados à categoria QAE	40
Quadro 8 – Total acumulado de edifícios com certificação AQUA	40
Quadro 9 – Classificação dos resíduos	43
Quadro 10 – Composição do cimento CP II-E	50
Quadro 11 – Padrões microbiológicos de potabilidade da água	55
Quadro 12– Exigências mínimas para o reuso de água	56
Quadro 13 – Frequência de manutenção do sistema de aproveitamento de água pluvial	59
Quadro 14 – Classificação e grau de tratamento necessário	60
Quadro 15 –Pontuação obtida pelo Edifício Eldorado Business Tower	70
Quadro 16 – Classificação obtida pelo Edifício True Chácara Klabin	71
Quadro 17– Critérios atendidos pelo Residencial Bonelli	73
Quadro 18 – Pontuação obtida pelo Centro de Cultura Max Feffer	76
Quadro 19 – Resumo dos casos	77

LISTA DE SIGLAS

ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ACV - Análise do ciclo de vida
ANA - Agência Nacional de Águas
ANNEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
AQUA - Alta Qualidade Ambiental
AsBEA - Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
CBCS - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
CIMGC - Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima
CMMAD - Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CP - Cimento Portland
FAPESP - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo
GBC - Green Building Council
HQE - Haute Qualité Enviromentale
LAB - Lodo ativado por batelada
LED - Light Emitting Diode
LEED EB_OM - Leadership in Energy and Environmental Design for Existing Buildings Operation and Maintenance
LEED - Leadership in Energy and Environmental Design
LEED-ND- Leadership in Energy and Environmental Design for Neighborhood Development
LEED-CI - Leadership in Energy and Environmental Design for Commercial Interiors
LEED-CS - Leadership in Energy and Environmental Design for Core and Shell
LEED-NC - Leadership in Energy and Environmental Design for New Construction & Major Renovation
LEED - Schools Leadership in Energy and Environmental Design for Schools
NBR Norma Brasileira
ONG's - Organizações não Governamentais

ONU- Organização das Nações Unidas
PGRCC - Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PNMA - Programa Nacional de Meio Ambiente
PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos
QAE - Qualidade Ambiental do Edifício
RCD - Resíduos de construção e demolição
SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SEMMAM - Secretaria Municipal de Meio Ambiente
SGE - Sistema de Gestão do Empreendimento
SINGREH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SISEMA - Sistema Estadual de Meio Ambiente
SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza
USGBC - United States Green Building Council
VRV - Volume Refrigerante Variável
WBCSD - World Business Council for Sustainable Development

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	Justificativa	16
1.2	Objetivos	17
1.2.1	Objetivo Geral	17
1.2.2	Objetivos específicos	17
1.3	Metodologia	17
1.4	Estrutura da monografia	18
2	REFERENCIAL TEÓRICO	20
2.1	Histórico da sustentabilidade	20
2.1.1	Clube de Roma	21
2.1.2	Conferências das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano	21
2.1.3	Relatório de Brundtland	22
2.1.4	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento	23
2.1.5	Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável	24
2.2	Sustentabilidade	25
2.3	Ecoeficiência	26
2.4	Legislação ambiental	27
3	PRINCIPAIS CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS DE EDIFÍCIOS ATUANTES NO BRASIL	31
3.1	Selo Casa Azul	31
3.2	LEED	35
3.3	AQUA	38
4	SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	41
4.1	Análise do ciclo de vida (ACV) na construção	42
5	GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) NO CANTEIRO DE OBRAS	43
6	MATERIAIS QUE CONTRIBUEM PARA A SUSTENTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES	46
6.1	Agregados	46
6.1.1	Reaproveitamentos de resíduos de construção e demolição como agregado	47
6.2	Aglomerantes	48
6.2.1	Cimentos com adição de escória granulada de alto-forno	49

6.3	Alvenarias	50
6.3.1	Tijolo solo-cimento	51
7	USO RACIONAL DA ÁGUA	54
7.1	Conservação da água	54
7.1.1	Exigências mínimas para o consumo da água	54
7.1.2	Sistema de aproveitamento de água pluvial	57
7.1.3	Sistema de reuso de águas cinzas claras	60
8	GESTÃO DE ENERGIA EM EDIFICAÇÕES	63
8.1	Aquecimento solar ativo e geração fotovoltaica	63
8.2	Eficiência energética	65
9	COBERTURAS VERDES	66
10	ANÁLISE DE APLICAÇÕES SUSTENTÁVEIS EM EDIFICAÇÕES BRASILEIRAS	68
10.1	Edifício Eldorado Business Tower	68
10.2	Edifício True Chácara Klabin	70
10.3	Residencial Bonelli	73
10.4	Centro de Cultura Max Feffer	74
10.5	Resumo dos casos	77
10.6	Considerações finais acerca dos exemplos apresentados	79
11	CONCLUSÃO	81
	REFERÊNCIAS	83

1 INTRODUÇÃO

A adoção de boas práticas na construção civil para redução de impactos tem se tornado cada vez mais presente. A necessidade de preservar o ambiente, suprir a falta de certos materiais, juntamente com a possibilidade de redução de custos a médio e longo prazo, traz o interesse no estudo de métodos e sistemas alternativos que possam substituir os antigos.

Segundo a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2014), cerca de 45 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição (RCD) foram coletados no ano de 2014, sendo 23,166 milhões de toneladas na região Sudeste, se tornando a maior coletora e 8,784 milhões de toneladas na região Nordeste, ocupando a segunda posição.

A Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA,2012) destaca as principais certificações que avaliam o desempenho ambiental da edificação, pautadas no objetivo procurado. As certificações que se destacam no Brasil são a Alta Qualidade Ambiental (AQUA), *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED) e Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal.

Segundo Araújo (2016), a edificação sustentável tem como principais diretrizes o planejamento sustentável da obra, gestão da água e dos resíduos da edificação, aproveitamento racional dos recursos naturais, eficiência energética, qualidade do ar juntamente com o bem-estar acústico e térmico, além do uso de tecnologias e produtos que auxiliem na sustentabilidade.

Os materiais a serem consumidos devem ser escolhidos para cumprir sua função de forma eficiente, ou seja, desempenhar seu papel aliado à redução do impacto ambiental pelo seu uso e obtenção. O consumo é proporcional ao impacto ambiental causado pelo material.

Este trabalho pretende analisar os sistemas e materiais que contribuem para a sustentabilidade, assim como fazer uma pesquisa bibliográfica sobre as certificações que avaliam o desempenho ambiental das edificações.

1.1 Justificativa

O massivo uso de recursos naturais não renováveis trouxe consigo a preocupação com o futuro do meio ambiente e o desafio do desenvolvimento de tecnologias capazes de suprirem a necessidade produtiva e reduzir os impactos negativos ao meio ambiente. A partir da década de 90 a otimização do processo produtivo para a redução de impactos ambientais tornou-se principal foco da gestão ambiental. A construção civil é responsável por grande parte dos impactos ambientais, desde a fabricação de materiais até o descarte dos resíduos sólidos.

Segundo o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS,2014), a indústria de materiais consome aproximadamente 50% dos recursos naturais extraídos, implicando muitas vezes no uso de materiais mais abundantes e de baixo custo.

O setor tem o desafio de utilizar tecnologias capazes de diminuir a degradação ambiental e que exijam menos recursos naturais, tanto na fase construtiva da edificação, quanto no seu uso propriamente dito. O uso de técnicas e materiais alternativos, como o tijolo solo-cimento, painéis fotovoltaicos, sistema de captação de água pluvial, materiais de construção recicláveis e coberturas verdes são algumas tecnologias capazes de contribuir para a sustentabilidade nas edificações.

Segundo o CBCS (2009, p. 10):

A redução potencial no consumo de energia, água, recursos naturais e geração de resíduos na execução da obra e operação da unidade repercutem no potencial de valorização do edifício, até mesma pela diminuição de custos de uso e manutenção e, portanto, pelo menor risco financeiro para o empreendedor e o investimento. Adicionalmente, há a preservação dos recursos naturais e a perspectiva de redução de investimento público no fornecimento de infraestrutura de água, saneamento e energia, possibilitando o incremento de gastos públicos de natureza social.

Construir atendendo às necessidades da edificação, causando o menor impacto ambiental possível e posteriormente, o uso da edificação de forma responsável e saudável ao meio ambiente, implicam na busca de métodos que possibilitem suprir tais necessidades.

A presente pesquisa se justifica na contribuição para a sustentabilidade em edificações de modo a apontar sistemas e materiais alternativos que

possibilitem a redução de impactos ambientais e proporcionem maior sustentabilidade nas edificações, tanto na fase construtiva quanto no seu uso.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo realizar uma pesquisa bibliográfica sobre o tema, analisando os materiais e sistemas sustentáveis atualmente utilizados em edificações, apontando suas características, bem como as principais certificações que avaliam o desempenho ambiental de edificações no Brasil.

1.2.2 Objetivos específicos

- Pesquisar sobre materiais e sistemas que vêm sendo utilizados como forma alternativa para proporcionar a sustentabilidade nas edificações;
- Analisar os materiais e sistemas e suas respectivas características;
- Demonstrar as principais áreas da construção sustentável;
- Apresentar as principais certificações ambientais de edifícios atuantes no Brasil e seus respectivos critérios;
- Mostrar a possibilidade da construção de edificações com menor impacto ambiental com a utilização de materiais e sistemas alternativos, ressaltando suas principais vantagens.

1.3 Metodologia

A presente pesquisa será realizada por meio de consulta de artigos, dissertações, livros, publicações científicas, manuais, normas e materiais disponíveis em Internet, buscando-se identificar e descrever os sistemas e materiais alternativos que contribuem para a sustentabilidade em edificações.

1.4 Estrutura da monografia

O Capítulo 1 é destinado à introdução acerca do tema, assim como sua contextualização, destacando sua importância, objetivos, justificativa, metodologia.

O Capítulo 2 apresenta o histórico da sustentabilidade, demonstrando a evolução da preocupação com o desenvolvimento sustentável ao longo dos anos, bem como os conceitos de sustentabilidade e ecoeficiência e a legislação ambiental atuante em âmbito federal, estadual e municipal.

O Capítulo 3 é dedicado a apontar as principais certificações ambientais de edifícios atuantes no Brasil, destacando seus principais requisitos.

O Capítulo 4 destaca a importância da promoção da sustentabilidade na construção civil e os quesitos que contemplam a construção sustentável.

O Capítulo 5 se dispõe a mostrar a importância da gestão de resíduos no canteiro de obras, bem como as alternativas para a destinação final desses.

O Capítulo 6 é destinado a descrever os materiais sustentáveis, mostrando suas vantagens, técnicas de fabricação, propriedades dentre outras características, ressaltando suas vantagens para a promoção da sustentabilidade.

O Capítulo 7 ressalta a importância da política de conservação da água através do uso de sistemas de aproveitamento de água da chuva e de reaproveitamento de águas cinzas, assim como seus elementos componentes e principais meios de utilização, destacando a importância de fontes alternativas para impulsionar o uso consciente e racional da água.

O Capítulo 8 destaca o uso de fontes alternativas de energia, assim como materiais e elementos que proporcionam uma maior eficiência energética em edificações.

O Capítulo 9 é dedicado a explicação acerca do uso de coberturas verdes, bem como sua importância para o meio ambiente e as melhorias proporcionadas à edificação.

O Capítulo 10 é destinado à revisão bibliográfica de estudos de casos de edificações certificadas e portanto, que fizeram uso de materiais e sistemas sustentáveis.

Por fim, o Capítulo 11 dispõe de considerações finais e conclusões acerca do assunto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Histórico da sustentabilidade

Desde a antiguidade o homem se preocupa com a questão ambiental. Na Roma antiga, dentre os séculos VII a.C. e V d.C., já eram observadas medidas para o descarte dos resíduos sólidos doméstico. No Brasil, durante o período colonial dentre os séculos XVI e XVII, estimuladas pelo interesse econômico, foram criadas legislações para a preservação dos recursos naturais, pesqueiros e florestais (SOUZA, 2015).

Com o início da industrialização no século XVIII na Inglaterra, novos processos produtivos foram descobertos, gerando uma maior produção e conseqüentemente, maiores lucros. O crescimento populacional juntamente com a necessidade de consumo, gerou o crescimento das indústrias em número, áreas de atuação e variedade de produtos (LEAL; FARIAS; ARAÚJO, 2008).

Com isso, após terem degradado significativamente o seu meio ambiente, os países desenvolvidos iniciaram processos de conscientização da necessidade de controlar os processos de industrialização e recuperação do meio ambiente degradado, através do controle sobre processos produtivos e emissão de resíduos.

A publicação do livro “Primavera Silenciosa” em 1962 de Rachel Carson é um dos principais marcos para as discussões mundiais sobre o meio ambiente. Carson (1962) destaca o avanço nocivo do homem com o objetivo de conquistar a natureza, o que ocasiona a destruição do espaço em que ele habita e a destruição da vida de quem compartilha o globo com ele. As críticas, principalmente ao uso abusivo de produtos nocivos e às indústrias químicas deram uma propulsão sem precedentes ao debate sobre as questões ambientais.

A preocupação com o futuro do planeta acirrou os debates sobre a preservação do meio ambiente, resultando em eventos mundiais que foram decisivos para a consolidação do pensamento sustentável.

2.1.1 Clube de Roma

Em 1966 o industrial italiano Aurelio Peccei e o cientista escocês Alexander King fundaram o Clube de Roma, grupo composto por representantes de mais de 30 países, entre cientistas, economistas e educadores, com a finalidade de discutir questões políticas, econômicas e ambientais.

Em 1972 foi produzido pelos pós-modernistas do Clube de Roma o relatório “*The Limits to Growth*” que afirmava que a sociedade industrial estava excedendo os limites ecológicos, o que se mantido ao crescimento populacional mundial, poluição, industrialização, produção de comida e a exploração dos recursos naturais, o planeta atingiria o limite em 200 ou 300 anos (MOTA et al., 2008).

A previsão apresentada pelo Clube de Roma foi duramente criticada por diversos intelectuais, incluindo Solow (1974), cujos argumentos concentraram-se na tese de que as sociedades desenvolvidas ocidentais, depois de resolverem suas necessidades, estariam bloqueando este caminho para as nações ainda menos desenvolvidas. Mesmo assim, em seu segundo relatório, intitulado *Mankind at the Turning Point (A Humanidade no Ponto de Mudança)* (MESAROVIC; PESTEL, 1974), a mensagem do Clube de Roma continuou contundente, com ênfase em aspectos negativos do crescimento. Pode-se entender que uma contribuição importante do Clube de Roma foi ter se focado em problemas globais de longo prazo, distinguindo-se das demais organizações não governamentais (ONGs) atuantes até então (MOTA et al., 2008, p.12).

Oliveira (2012) destaca a importância do “*The Limits to Growth*” para os debates acerca da sustentabilidade, norteando documentos como o “Nosso Futuro Comum” e a Agenda 21. Embora ainda não houvesse o termo “desenvolvimento sustentável”, é notória a preocupação com o equilíbrio e o futuro. O Clube de Roma antecipou debates que se consolidariam a seguir, em busca de uma “sociedade ambientalmente sustentável”.

2.1.2 Conferências das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano

Em 1972 na cidade de Estocolmo, Suécia, foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano. Segundo Lago (2006) a conferência tinha o objetivo de examinar as ações globais que poderiam gradativamente eliminar os obstáculos à degradação ao meio ambiente.

Le Prestre (2005) afirma que a Conferência foi realizada devido ao crescimento econômico acelerado, ao aumento da cooperação científica nos anos 60 em relação às pesquisas referentes a mudanças climáticas e problemas em relação à água, ao aumento da publicidade sobre os problemas e catástrofes ambientais e aos outros inúmeros problemas identificados no fim da década de 1960, como chuva ácida e poluição do Mar Báltico.

A Conferência de Estocolmo, como ficou conhecida, contou com a participação de 113 países e mais de 400 organizações governamentais e não governamentais. O encontro foi o marco das discussões sobre questões ambientais em nível internacional, resultando na publicação de um documento com 26 princípios, conhecido como “Declaração de Estocolmo” que servia de parâmetro para as nações no tocante à preservação do meio ambiente.

O décimo nono princípio da Declaração de Estocolmo alerta à necessidade da educação ambiental aos jovens e adultos, mas principalmente ao setor da população menos privilegiado, para o desenvolvimento de opinião pública bem informada e para a formação de indivíduos responsáveis pela proteção e melhoramento do meio ambiente. Os meios de comunicação de massa deveriam auxiliar na educação ambiental, difundindo a necessidade de proteger e melhorar o Planeta Terra e seus recursos naturais.

O vigésimo princípio da declaração destaca a responsabilidade dos países de elaborarem pesquisas científicas nacionais e multinacionais, assim como desenvolverem tecnologias que possam solucionar os problemas ambientais e ainda colocá-las à disposição dos outros países a fim de promover a sua ampla difusão.

Para Silva, Lacerda e Jones Júnior (2005, p.103) “1972, é tido como o ano em que o direito ambiental passou a ser reconhecido como ramo jurídico”. O assunto passou a ter outra abordagem e começou a haver a preocupação e a necessidade de agir-se em relação ao problema.

2.1.3 Relatório de Brundtland

A Organização das Nações Unidas (ONU) criou em 1983 a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), formada por uma equipe de 22 membros internacionais. Presidida pela médica Gro Harlem

Brudtland, a comissão tinha o objetivo de sustentar as discussões sobre o meio ambiente e o desenvolvimento econômico.

Em 1987, a CMMAD publicou o relatório denominado “Nosso Futuro Comum” que trouxe o conceito de desenvolvimento sustentável pela primeira vez. Ainda segundo a CMMAD (1987), o desenvolvimento sustentável “é aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades”.

O relatório reconheceu que para buscar soluções para o desenvolvimento sustentável seria imprescindível: tomar consciência do fato de que os problemas sociais e ambientais são interconectados; reconhecer que perturbações ambientais não são restritas a propriedades particulares ou a limites geográficos; que catástrofes experimentadas em uma determinada região do mundo, conseqüentemente, afetam o bem-estar de pessoas em todas as localidades, e que apenas sobre abordagens sustentáveis do desenvolvimento, poderá se proteger o frágil ecossistema do planeta e promover o desenvolvimento da humanidade (MOTA et al., 2008, p.13).

O relatório apresenta uma visão otimista, dando uma perspectiva da capacidade de proporcionar um futuro comum para todos através de estratégias de desenvolvimento sustentável dentro do sistema capitalista (OLIVEIRA, 2012).

2.1.4 Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

Realizada no ano de 1992 no Rio de Janeiro, a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida como Eco-92 ou Rio-92 foi um evento que contou com a participação de 179 países e de Organizações não Governamentais (ONGs) com o objetivo de determinar diretrizes para o Desenvolvimento Sustentável.

Os principais resultados gerados pela Rio-92 foram a Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação, a Convenção sobre a Diversidade Biológica, a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, a Declaração de Princípios sobre Uso de Florestas e sobretudo, a Agenda 21 e a Declaração do Rio, responsáveis pelo desenvolvimento da implantação do Desenvolvimento Sustentável.

Composta de 40 capítulos, a Agenda 21 é um programa de ações que visa a utilização de políticas públicas para a promoção do Desenvolvimento Sustentável, melhorando a qualidade social, ambiental e econômica.

No capítulo “Promoção do desenvolvimento sustentável dos assentamentos humanos” o documento frisa a necessidade da promoção de planejamento no uso da terra e *o desenvolvimento sustentável para sistemas de energia e indústria da construção civil*, assim como, o incentivo de novas tecnologias para as mesmas.

A Declaração do Rio é um documento composto por 27 princípios pautados na responsabilidade do ser humano no desenvolvimento sustentável, na proteção do meio ambiente e na continuidade da produção sustentável, além de promover o incentivo à internalização dos custos na formação de preços e produtos geradores de sustentabilidade (MOTA et al., 2008). O seu décimo primeiro princípio, destaca a participação do Estado na garantia da preservação do meio ambiente, através de aplicação de leis e normas ambientais.

2.1.5 Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável

A Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, também conhecida como Rio +10 ou Conferência de Johannesburgo, foi realizada em 2002 em Johannesburgo, com o objetivo principal de aprimorar as propostas idealizadas na Agenda 21.

Essa conferência resultou em uma declaração que afirma os compromissos e direções para a inserção do desenvolvimento sustentável e em um plano de ação que estipula foco e ações a fim de conduzir os compromissos assumidos pelos Estados (JURAS, 2002).

Assim como as demais reuniões, as questões sociais e econômicas foram destaque, valorizando as ações coletivas e o estímulo por parte das indústrias para o desenvolvimento de tecnologias que ofereçam produção limpa e ecoeficiente.

2.2 Sustentabilidade

Como já citado anteriormente, o conceito de “Desenvolvimento Sustentável” foi estabelecido no Relatório de Brundtland como aquele em que a exploração de recursos atende as necessidades do presente sem afetar as gerações futuras.

A sustentabilidade, segundo Elkington (1999) é formada por três dimensões que se relacionam: a econômica, ambiental e social, chamadas de *triple bottom line* ou tripé de sustentabilidade.

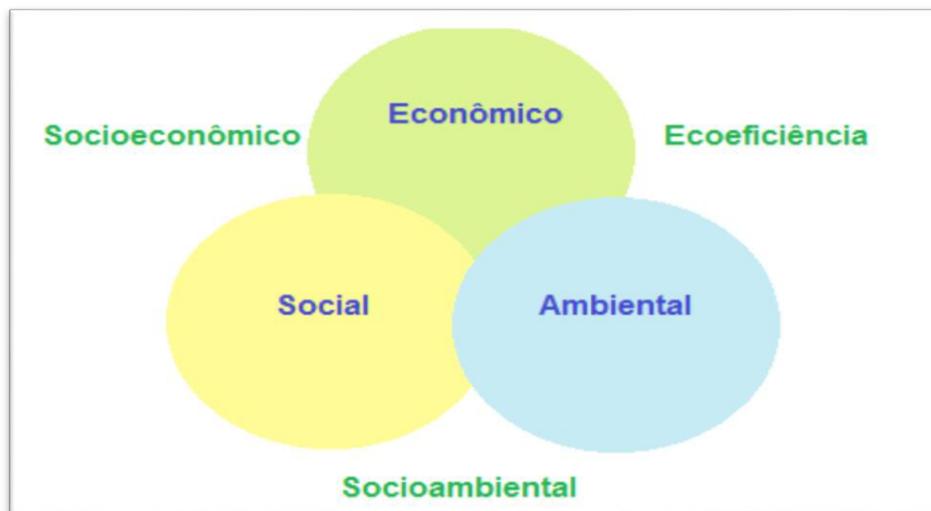
A questão econômica está relacionada tanto à economia formal quanto à informal, atividades que garantem renda aos indivíduos e aumentam o seu padrão de vida. A abertura de mercados possibilita a maior competição e os preços refletem nos custos, incluindo os ambientais, a adoção de políticas protecionistas e subsídios que estimulam menor uso de recursos e influencia a produção de novas tecnologias menos agressivas ao meio ambiente (ALMEIDA, 2002).

A dimensão ambiental inclui a consideração do menor uso de recursos naturais e exploração menos agressiva ao meio ambiente. A dimensão social associa a questão ambiental aos interesses sociais, ou seja, alvos e princípios comuns que garantam a dignidade humana, direitos e postura ética. A sustentabilidade social baseia-se na melhoria da qualidade de vida da sociedade, equiparando os padrões de renda, diminuindo as desigualdades sociais através de mecanismos como acesso à educação, moradia e alimentação (SERRÃO; ALMEIDA; CARESTIATO, 2012).

Ser economicamente viável implica em estratégias com foco nos resultados ligados a qualidade e custo. O ambientalmente correto resulta no desenvolvimento de tecnologias limpas, reciclagem, redução de impactos ambientais e utilização sustentável dos recursos naturais. Ser socialmente justo significa promover e participar de projetos sociais, assumir responsabilidade social e compromisso com o desenvolvimento (CORAL, 2002).

A Figura 1 representa o tripé da sustentabilidade.

Figura 1 – Tripé da sustentabilidade



Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA (2016).

2.3 Ecoeficiência

O conceito de ecoeficiência foi definido na Suécia pelo *World Business Council for Sustainable Development – WBCSD*, como a proporção de bens e serviços que supram as necessidades dos seres humanos, trazendo qualidade de vida e ainda assim, reduzindo o impacto ambiental e o consumo durante o ciclo de vida a um nível proporcional à capacidade de suporte estimada da terra.

Segundo Almeida (2002), a ecoeficiência combina o desempenho econômico e ambiental, possuindo sete elementos:

- a) Redução do consumo de materiais com bens e serviços;
- b) Redução do consumo de energia com bens e serviços;
- c) Redução da emissão de substâncias tóxicas;
- d) Intensificação da reciclagem de materiais;
- e) Maximização do uso sustentável de recursos renováveis;
- f) Prolongamento da durabilidade dos produtos;
- g) Agregação de valor aos bens e serviços.

O setor da Construção Civil é um dos maiores responsáveis pelos impactos ambientais desde a extração de matérias-primas até o descarte dos resíduos gerados na construção. A preocupação com a eficiência ecológica trouxe o estudo e o desenvolvimento de técnicas que possibilitam a redução de impactos ambientais. A ecoeficiência é alcançada a partir de estratégias traçadas para a gestão ambiental não só para a redução de poluição, mas também para a prevenção, promovendo um progresso contínuo da qualidade ambiental.

2.4 Legislação ambiental

A necessidade de integração de leis às novas políticas ambientais adotadas no mundo trouxe a preocupação de criação de leis que pudessem, juntamente com as já criadas para âmbito mundial, assegurar a preservação ambiental e garantir o desenvolvimento sustentável em âmbito federal, estadual e municipal.

Em 1981 foi instituído o Programa Nacional de Meio Ambiente (PNMA) através da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. O PNMA tinha o objetivo de compatibilizar o desenvolvimento econômico-social com a preservação do meio ambiente e o equilíbrio ecológico, difundir as tecnologias de manejo do meio ambiente e divulgar dados e informações ambientais sobre a necessidade de preservação ambiental, promover a consciência da preservação e restauração dos recursos naturais e impor a quem degradar e poluir o meio a responsabilidade de recuperação e indenização pelos danos causados. A mesma lei instituiu o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), com o propósito de gerir a questão ambiental no Brasil, articulando e integrando as gestões Municipais, Estaduais e Federais através de Conselho Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981).

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) é um órgão consultivo e deliberativo do SISNAMA, responsável principalmente por assessorar e propor ao Governo diretrizes e normas sobre questões ambientais e padrões relativos à preservação do meio ambiente, estabelecer os critérios técnicos para declaração de áreas críticas, determinar a realização de estudos

sobre possíveis consequências ambientais de projetos públicos ou privados, propondo alternativas, dentre outras competências (BRASIL, 1981).

O Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, criado pela Política Nacional de Recursos Hídricos (SINGREH), instituída pela Lei nº 9.433, de janeiro de 1997, pela qual a água passa a ser um bem de domínio público e um recurso natural limitado que possui valor econômico, com o objetivo de garantir a disponibilidade de água para gerações futuras, utilização racional e combate e prevenção contra agentes poluidores dos recursos hídricos. A referida lei cria também o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), órgão responsável pela coordenação da gestão das águas, planejamento, controle e regulamentação da preservação e recuperação da água, sendo o principal fórum de discussão nacional sobre a gestão de recursos hídricos (BRASIL, 1997).

A Lei dos Crimes Ambientais, nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 determina sanções penais e administrativas de acordo com a gravidade da infração para qualquer interferência negativa causada a fauna, aos recursos naturais, a flora e ao patrimônio cultural (BRASIL, 1998).

O artigo 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal foi regulamentado pela Lei nº 9.885 de 18 de julho de 2000 que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), responsável pela criação e gestão, assim como estabelecimento de normas e critérios para Unidades de Conservação, além de promover o desenvolvimento sustentável. O SNUC é composto de 12 categorias de unidade de conservação, estaduais, federais e municipais, dentre elas, as mais representativas são os Parques, áreas de proteção aos ecossistemas, áreas de proteção ambiental e áreas extensas dotadas de atributos naturais importantes para a população, essas, compondo cerca de 53% de toda área compreendida pelas Unidades de Conservação (BRASIL, 2000).

A Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001, regulamenta os art. 182 e 183 da Constituição Federal e institui o Estatuto da Cidade, responsável por estabelecer normas de regulamentação do uso da propriedade urbana em benefício dos cidadãos, garantindo principalmente o direito às cidades sustentáveis, planejamento das cidades, ordenação e controle do uso do solo. A referida lei também define o Plano Diretor como instrumento básico da política

de desenvolvimento e expansão urbana e parte integrante do processo de planejamento municipal, devendo contribuir com a promoção de qualidade de vida, atender as necessidades da cidade e articular com os demais instrumentos de garantia de preservação ambiental (BRASIL, 2001).

As diretrizes nacionais para o saneamento básico foram estabelecidas na Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007 que determina principalmente a universalização do acesso ao saneamento básico, ao abastecimento de água e ao esgotamento sanitário e seus serviços de infraestrutura, além de limpeza urbana, drenagem, condições de saúde pública, eficiência e sustentabilidade econômica (BRASIL, 2007).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, é responsável pela promoção do descarte correto de resíduos sólidos através da gestão correta, respeitando a diversidade e promovendo a saúde pública e qualidade do meio ambiente, usando como instrumentos os planos de resíduos sólidos, coleta seletiva, incentivo a criação de cooperativas de reciclagem, educação ambiental e incentivos fiscais e financeiros (BRASIL, 2010).

A Lei Estadual nº 5.405 de 08 de abril de 1992 instituiu o Código de Proteção de Meio Ambiente e dispôs sobre o Sistema Estadual de Meio Ambiente (SISEMA) e o uso correto dos recursos naturais do Estado do Maranhão. O SISEMA foi criado com a responsabilidade de administrar a qualidade ambiental, a proteção, o controle, o desenvolvimento e o uso correto dos recursos naturais do Estado do Maranhão. A referida lei tem como finalidades a melhoria e preservação da qualidade ambiental, a manutenção do equilíbrio ecológico, o estabelecimento de critérios e padrões de uso e manuseio dos recursos naturais, assim como da qualidade ambiental, a organização e utilização de forma adequada do solo urbano e rural, a promoção de incentivos fiscais para a preservação ambiental e educação ambiental em todos os níveis de ensino (MARANHÃO, 1992).

A Lei Municipal nº 4.872 de 21 de novembro de 2007 dispõe sobre o funcionamento e a instalação da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SEMMAM), órgão executivo normativo responsável pelo planejamento, proteção, coordenação, proteção, defesa, melhoria, controle, recuperação, fiscalização e execução da política municipal ambiental, atuando em conjunto

com as demais secretarias e instituições públicas e privadas de âmbito Municipal, Estadual, Federal e Internacional (SÃO LUÍS, 2007).

Apesar da vasta quantidade de leis que asseguram a qualidade ambiental e a preservação do meio ambiente, grande parte delas são descumpridas, tanto por ineficiência dos órgãos públicos quanto pela falta de adequação com as reais condições do país, tanto estrutural, econômica e socialmente.

3 PRINCIPAIS CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS DE EDIFÍCIOS ATUANTES NO BRASIL

A certificação ambiental surgiu da necessidade de afirmar os produtos que possuem diferenciais relacionados a uma maior qualidade ambiental, desde a aquisição da matéria-prima até ao seu uso (SEBRAE, 2015).

Segundo a AsBEA (2012), os critérios adotados pelos sistemas de avaliação de edificações têm diferentes abordagens, feitas a partir de critérios prescritivos, de especificações de desempenho e variam conforme o objetivo a ser alcançado. As Certificações Ambientais podem ser aderidas de forma opcional ou obrigatória e possuem em comum a estruturação focada em temas importantes, além das questões ambientais, abordando aspectos econômicos e sociais.

3.1 Selo Casa Azul

O Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal (CEF) é um mecanismo de classificação para projetos habitacionais que reconhece e classifica os empreendimentos que utilizam soluções socioambientais aplicadas à edificação, da sua construção, uso, ocupação e manutenção, incentivando a utilização racional dos recursos naturais assim como a melhoria da qualidade da habitação e das suas adjacências. É aplicado aos projetos apresentados à CEF ou aos programas de repasse de recursos (CEF, 2010).

Lançado em 2010, o Selo é um dos principais instrumentos de classificação sustentável de projetos no Brasil. É concedido após uma análise de viabilidade técnica, ao respeito aos critérios estabelecidos pelo mecanismo de classificação e tem o objetivo de fornecer orientações para incentivar a produção de projetos mais sustentáveis.

Os níveis de gradação são estabelecidos de acordo com o cumprimento mínimo dos critérios e são classificados em Bronze, Prata e Ouro conforme apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Níveis de gradação do Selo Casa Azul

Gradação	Atendimento Mínimo
Bronze	19 Critérios obrigatórios
Prata	Critérios obrigatórios e mais 6 critérios de livre escolha
Ouro	Critérios obrigatórios e mais 12 critérios de livre escolha

Fonte: CEF, 2010.

Segundo a CEF (2010) o Selo possui 53 critérios divididos em 6 categorias. São elas:

a) **Qualidade Urbana:** as comunidades sustentáveis devem possuir componentes indispensáveis que transformem o empreendimento em comunidades que se ajustem às necessidades dos seus moradores, promovendo espaços seguros, saudáveis e eficientes para a vivência das pessoas, de forma que a qualidade do projeto promova, mantenha e restaure ambientes naturais;

b) **Projeto e Conforto:** o planejamento e concepção do projeto devem estar adaptados às condições climáticas, características geográficas, físicas e previsões de espaços da edificação, assim como ao projeto deve estar de acordo com o vento, temperatura, umidade, disponibilidade de iluminação natural e orientação solar para o dimensionamento de aberturas. É de fundamental importância o uso de proteções solares e uso de cores e materiais que proporcionam conforto térmico;

c) **Eficiência Energética:** deve-se procurar atitudes efetivas para a redução do consumo de energia nos seus usos finais, como eletrodomésticos, aquecimento e iluminação artificial, de modo a torná-los mais eficientes em relação à conservação de energia. O objetivo é a utilização de equipamentos mais eficientes, fontes de energia alternativas, dispositivos de economia e medições individualizadas a fim de diminuir as despesas dos moradores.

d) **Conservação de Recursos Materiais:** embora não exista material que não cause impacto ambiental ao longo de todo o seu ciclo de vida, é recomendado adotar posturas diante do uso de materiais e optar por aqueles que causem menor impacto ambiental;

e) **Gestão da Água:** gerir o consumo da água de maneira adequada é essencial para o uso mais sustentável da mesma, evitando problemas de

escassez e amenizando a poluição em águas superficiais e profunda, além de diminuir os riscos de inundação nos centros urbanos. A gestão do consumo da água deve contemplar o suprimento de água potável, a gestão de águas pluviais e o esgotamento sanitário. O uso de medidores individualizados contribui para a diminuição de desperdícios tanto em relação a vazamentos quanto ao uso excessivo de água.

f) Práticas Sociais: a promoção da sustentabilidade através de práticas sociais se dá por meio de ações que abrangem desde o projeto até a ocupação da edificação, visando aumentar a consciência ambiental e reduzir algumas desigualdades sociais. As intervenções devem considerar o respeito ao conhecimento da comunidade, questão de gênero, inclusão social, valorização do potencial produtivo da comunidade, respeito ao meio ambiente, busca de parcerias, implantação de metodologias participativas, integração interinstitucional, interdisciplinaridade, integração das equipes técnicas e ações voltadas para a sustentabilidade. O empreendedor deve passar a ser um agenciador de transformação social e ambiental.

As categorias e critérios que servem de requisito para a obtenção do Selo Casa Azul são dispostas no Quadro 2.

Quadro 2 – Resumo, Categorias e Critérios do Selo Casa Azul

QUALIDADE URBANA	Qualidade do Entorno - Infraestrutura		Componentes Industrializados ou Pré-Fabricados
	Qualidade do Entorno - Impactos		Formas e Escoras Reutilizáveis
	Melhorias no Entorno		Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RCD)
	Recuperação de Áreas Degradadas		Concreto com Dosagem Otimizada
	Reabilitação de Imóveis		Cimento de Alto-Forno e Pozolânico
PROJETO E CONFORTO	Paisagismo	GESTÃO DA ÁGUA	Pavimentação com RCD
	Flexibilidade de Projeto		Facilidade de Manutenção de Fachada
	Relação com a Vizinhança		Madeira Plantada ou Certificada
	Solução Alternativa de Transporte		Medição Individualizada - Água
	Local para Coleta Seletiva		Dispositivos Economizadores - Sistema de Descarga
	Equipamentos de Lazer, Sociais e Esportivos		Dispositivos Economizadores - Arejadores
	Desempenho Térmico - Vedações		Dispositivos Economizadores - Registro Regulador de Vazão
	Desempenho Térmico - Orientação ao Sol e Ventos		Retenção de Águas Pluviais
	Iluminação Natural de Áreas Comuns		Infiltração de Águas Pluviais
	Ventilação e Iluminação Natural de Banheiros		Áreas Permeáveis
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	Adequação às Condições Físicas do Terreno	PRÁTICAS SOCIAIS	Educação para a Gestão de RCD
	Lâmpadas de Baixo Consumo - Áreas Privativas		Educação Ambiental dos Empregados
	Dispositivos Economizadores - Áreas Comuns		Desenvolvimento Pessoal dos Empregados
	Sistema de Aquecimento Solar		Capacitação Profissional dos Empregados
	Sistema de Aquecimento à Gás		Inclusão de trabalhadores locais
	Medição individualizada à Gás		Participação da Comunidade na Elaboração do Projeto
	Elevadores Eficientes		Orientação aos Moradores
	Eletrodomésticos Eficientes		Educação Ambiental dos Moradores
CONSERVAÇÃO DE RECURSOS NATURAIS	Fontes Alternativas de Energia	Capacitação para Gestão do Empreendimento	
	Coordenação Modular	Ações para Mitigação de Riscos Sociais	
	Qualidade de Materiais e Componentes	Ações para a Geração de Emprego e Renda	

Fonte: Adaptado de CEF, 2010.

O Quadro 3 expõe os projetos reconhecidos pelo Selo Casa Azul no Brasil.

Quadro 3 – Projetos brasileiros reconhecidos pelo Selo Casa Azul

Projetos reconhecidos
Arthe Azul
Bc Bela Cintra
Residencial Perola da Pedra
Ville Barcelona
Condomínio E / Condomínio G – Paraisópolis – São Paulo/SP
Edifício HAB2 – Chapéu Mangueira/Babilônia – Rio de Janeiro/RJ
Guaratinguetá – Santo André/SP
Residencial Bonelli – Joinville/SC
Residencial Brahma – Garanhuns/PE
Residencial Parque Jequitibá – Vitória/ES

Fonte: CEF, 2016.

3.2 LEED

Desenvolvido em 1994 pelo *United States Green Building Council* (USGBC), o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) é um sistema de avaliação do desempenho ambiental que proporciona um conjunto de disposições para a promoção de construções sustentáveis, cujos critérios técnicos de avaliação de desempenho são amplamente revistos (CEPINHA; SANTOS, 2009).

O Quadro 4 apresenta as versões e sua nova classificação definida de acordo com a finalidade da edificação.

Quadro 4 – Versões da certificação LEED

VERSÃO (Antiga classificação)	FINALIDADE	NOVA CLASSIFICAÇÃO
LEED-CS	Aplicável às partes estruturais interiores de edificações, ou seja, as não incluídas nos interiores comerciais	BD + C
LEED-NC	Para novas construções ou grandes obras de remodelação e renovação de edificações	BD + C
LEED-CI	Para Interiores Comerciais. Permite que os ocupantes de determinadas edificações possam solicitar a avaliação de desempenho de equipamentos e sistemas pertencentes a edifícios comerciais	ID + C
LEED-Schools	Para escolas. Reconhece o caráter único do projeto e construção de escolas	BD + C e O + M
LEED Retail NC e CI	Para Lojas de Varejo. Consiste em dois sistemas de avaliação, um baseado no LEED NC e o outro baseado no LEED CI	ID + C e BD + C
LEED ND	Para desenvolvimento de bairro. Permite uma abordagem direcionada ao desempenho sustentável para diferentes tipos de edificações	ND
LEED Healthcare	Para Unidades de Saúde	BD + C
LEED EB_OM	Permite a avaliação de edificações já existentes para a obtenção da certificação LEED	O + M

Fonte: Adaptado de CEPINHA; SANTOS, 2009.

De acordo com o *Green Building Council Brasil* – GBC Brasil (2016), a mais nova versão do sistema (v4) possui sete categorias de avaliação de cumprimento obrigatório, ou seja, pré-requisitos para a obtenção da certificação. O critério de créditos de prioridade foi um novo requisito inserido à certificação na sua versão mais recente. A avaliação é feita através de uma somatória das pontuações atribuídas a cada categoria atendida. As sete categorias são:

- a) Espaço sustentável: prevê a diminuição da poluição durante a fase da construção da edificação através de diretrizes previstas no sistema de certificação, como por exemplo, a disponibilidade de

transportes alternativos, redução da perturbação local e gestão de efluentes;

- b) Eficiência no uso da água: fornece requisitos para a redução da quantidade de água necessária para a construção e, sobretudo à operação da edificação;
- c) Energia e atmosfera: categoria que possui requisitos que conduzem a diminuição do consumo de energia e incentiva o uso de fontes alternativas e renováveis;
- d) Materiais e recursos: categoria que estimula a formação de sistemas de reciclagem e a criação de critérios para a gestão e redução da quantidade de resíduos, tanto para as fases da construção quanto para as fases de operação da edificação. Incentiva também o uso de materiais recicláveis e locais;
- e) Qualidade ambiental interna: fornece requisitos para determinar os níveis mínimos de desempenho e qualidade do ar interior, atribuindo critérios para a redução, eliminação e gestão de fontes interiores de poluição e o acesso à ventilação natural do exterior;
- f) Inovação e processos: categoria onde são atribuídos os pontos de acordo com as novas estratégias apresentadas pelo empreendedor;
- g) Créditos de prioridade regional: incentiva o crédito de prioridade regional de cada país, adaptado às suas características ambientais, econômicas e sociais.

Conforme o Quadro 5, de acordo com a pontuação obtida através do cumprimento dos requisitos estabelecidos pelo sistema, a edificação pode ser classificada como Platina, quando obtém o nível mais alto de pontos, Ouro, Prata ou Certificada.

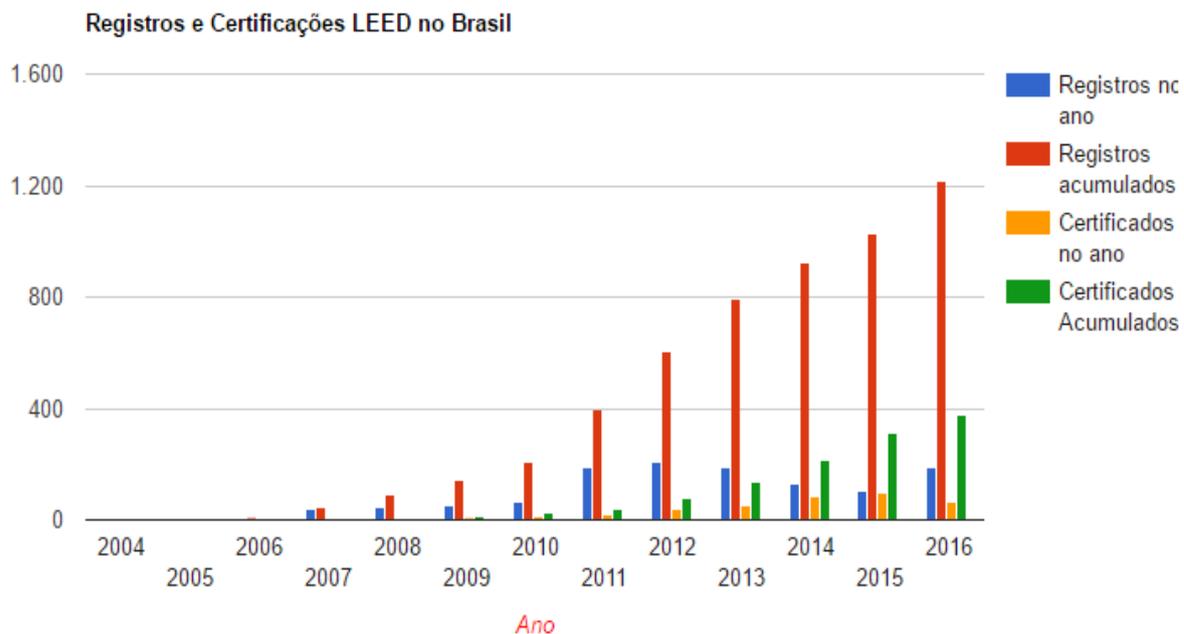
Quadro 5 – Níveis de certificação LEED na versão v4

Nível	Pontuação Necessária
Certificado	40 - 49
Prata	50 - 59
Ouro	60 - 79
Platina	80 - 110

Fonte: GBC BRASIL, 2014.

O Gráfico 1 mostra o crescimento dos registros e certificações LEED no Brasil. Observa-se que desde o ano de 2006 é notório o aumento da aquisição da certificação, reflexo do interesse dos empreendimentos no desenvolvimento sustentável.

Gráfico 1 – Registros e certificações LEED no Brasil



Fonte: GBC BRASIL, 2014.

3.3 AQUA

O processo AQUA (Alta Qualidade Ambiental) lançado em 2008 é uma adaptação do sistema francês HQE (*Haute Qualité Enviromentale*). Foi desenvolvido pelo Departamento de Construção Civil e Urbana da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em parceria com o órgão francês Certivéa, detentor da referencial e dos processos certificatórios da metodologia francesa HQE. As referências técnicas para avaliação do desempenho ambiental dos edifícios abrangem além da Qualidade Ambiental do Edifício (QAE), também o Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE), que garante o alcance do desempenho proposto em projeto (ASBEA, 2012).

O Sistema de Gestão do Empreendimento (SGE) permite a organização, evolução e decisões do projeto, dando um dimensionamento sistêmico ao empreendimento, pois incentiva o estudo prévio durante as

primeiras fases do projeto. Segundo a Fundação Vanzolini (2013) compreende quatro capítulos:

- a) Comprometimento do Empreendedor: onde são descritos os componentes de análise e as exigências para a definição do perfil ambiental do empreendimento;
- b) Implementação e Funcionamento: no qual são descritas as obrigações de organização;
- c) Gestão do Empreendimento: onde são descritas as obrigações referentes ao monitoramento, às análises críticas dos processos da verificação da QAE, à aplicação de medidas de correção e à ações corretivas;
- d) Aprendizagem: onde são descritas as experiências e o balanço do empreendimento.

A Qualidade Ambiental do Edifício é representada por 14 categorias que retratam os desafios ambientais do empreendimento para o gerenciamento dos impactos sobre o ambiente exterior (Sítio e Construção e Gestão) e para a criação de um espaço interno confortável e sadio (Conforto e Saúde), conforme mostra o Quadro 6.

Quadro 6 – Categorias da QAE

Categoria		Classificação
1	Relação do edifício com o seu entorno	SÍTIO E CONSTRUÇÃO
2	Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos	
3	Canteiro de obras com baixo impacto ambiental	
4	Gestão da energia	GESTÃO
5	Gestão da água	
6	Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício	
7	Manutenção - Permanência do desempenho ambiental	CONFORTO
8	Conforto higratérmico	
9	Conforto acústico	
10	Conforto visual	
11	Conforto olfativo	SAÚDE
12	Qualidade sanitária dos ambientes	
13	Qualidade sanitária do ar	
14	Qualidade sanitária da água	

Fonte: FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2013.

Para cada categoria é definido um nível de desempenho, das quais, pelo menos três devem ser classificadas como Excelente e no máximo sete categorias devem obter um Bom desempenho. As fases contempladas pela certificação são o projeto, concepção e realização (FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2013).

O Quadro 7 representa os níveis de desempenho definidos pela categoria QAE.

Quadro 7 – Níveis de desempenho associados à categoria QAE

Nível	Desempenho
BOM	Desempenho mínimo aceitável para um empreendimento AQUA
SUPERIOR	Satisfatório, correspondendo às boas práticas
EXCELENTE	Calibrado em função dos desempenhos máximos constatados em empreendimentos AQUA

Fonte: FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2013.

Segundo a Fundação Vanzolini (2016) o total de edifícios certificados no Brasil até o ano presente, eram 395, dos quais 225 constituídos de edifícios residenciais e 170 de edifícios não residenciais. O Quadro 9 mostra o total de edifícios que possuem a certificação acumulados por ano.

Quadro 8 – Total acumulado de edifícios com certificação AQUA

Ano	Total de edifícios
2009	7
2010	22
2011	42
2012	118
2013	259
2014	332
2015	382
2016	395

Fonte: FUNDAÇÃO VANZOLINI, 2016.

4 SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O setor de materiais e componentes de construção compreende desde atividades extrativas à parte da indústria química, porém os responsáveis pela maior parte da massa dos produtos são as madeiras, materiais cimentícios, cerâmica vermelha e aço (CBCS, 2014).

A construção civil é responsável por utilizar um elevado volume dos recursos naturais provenientes da exploração do planeta para a fabricação de materiais que serão componentes de ambientes e ainda, para a manutenção dos mesmos.

Por também utilizar recursos não renováveis, a preocupação com o esgotamento dessas fontes e conseqüentemente com o desequilíbrio ecológico, traz a necessidade de desenvolver tecnologias que sejam capazes de desacelerar esse processo, seja com a substituição das matérias-primas por outras, mais abundantes e que sua exploração cause menos impacto negativo ao meio ambiente, ou com o reaproveitamento de materiais para o desempenho de outras funções.

As edificações sustentáveis diminuem os impactos ambientais por reduzirem os custos operacionais, possuírem maior eficiência, oferecerem mais segurança aos trabalhadores, além de proporcionarem economia, já que são mais duráveis. Mesmo apresentando aspectos mínimos, são capazes de reduzir significativamente os impactos ambientais (MEDEIROS; NARDI, 2011).

Segundo Medeiros e Nardi (2011), o projeto de uma construção sustentável deve contemplar aspectos que possam oferecer a ela:

- a) Execução em tempo menor que o convencional;
- b) Acabamentos mais uniformes;
- c) Redução de impactos ambientais;
- d) Utilização de materiais naturais, reciclados ou recicláveis e que possam evitar custos no transporte;
- e) Custos de construções menores;
- f) Redução do preço final ao consumidor.

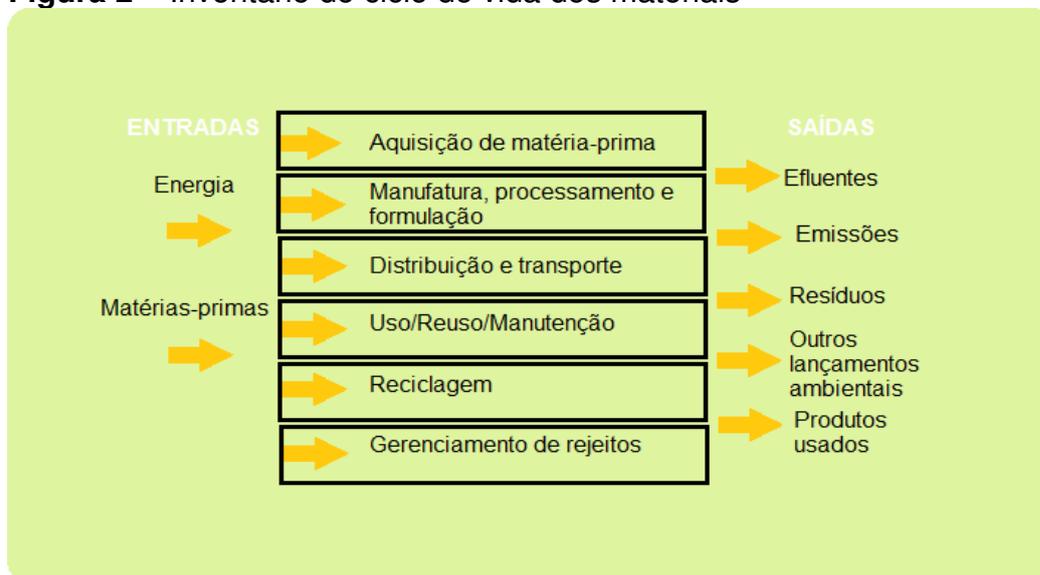
4.1 Análise do ciclo de vida (ACV) na construção

Para Medeiros e Nardi (2011) a construção sustentável significa a aplicação dos princípios do desenvolvimento sustentável no empreendimento como um todo, ou seja, desde a extração e beneficiamento da matéria-prima, passando pelo planejamento, projeto e construção até a sua demolição e gestão de entulhos. A escolha dos materiais deve priorizar a redução do uso do solo, água e energia durante a produção, visando a diminuição da mineração e do extrativismo, além de contribuir para a recuperação dos mesmos.

A edificação sustentável considera o ciclo de vida em todos os níveis para a solução dos impactos ambientais que serão ocasionados pela obra, buscando eficiência no uso de todos os recursos.

A Figura 2 mostra o inventário do ciclo de vida dos materiais de construção que compreende desde a obtenção da matéria-prima necessária para gerá-lo até o seu descarte.

Figura 2 – Inventário do ciclo de vida dos materiais



Fonte: Adaptada de MEDEIROS; NARDI, 2011.

5 GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO (RCD) NO CANTEIRO DE OBRAS

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), através da Resolução nº 307 (BRASIL, 2002) estabelece como resíduos da construção civil, aqueles oriundos de reparos, reformas e demolições de obras ou aqueles provenientes de escavação e preparação de terrenos, chamados de entulhos de obra, metralha ou caliça. Tal resolução define e classifica os resíduos conforme observado no Quadro 9, a seguir.

Quadro 9 – Classificação dos resíduos

Classificação	Origem	
CLASSE A São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados		De construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem
		De construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto
		De processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras
CLASSE B	São os resíduos recicláveis para outras destinações	Plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros
CLASSE C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação	Produtos oriundos do gesso
CLASSE D	São resíduos perigosos oriundos do processo de construção	Tintas, solventes, óleos e outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde (Nova redação dada pela Resolução nº 348/04).

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2002.

A gestão dos RCD deve seguir o Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), primeiramente fazendo-se um levantamento estatístico da geração de resíduos por tipo, geralmente, com base em obras anteriores de mesmo padrão da empresa ou através de referências bibliográficas nacionais e internacionais (CABRAL; MOREIRA, 2011).

As seguintes etapas para o processo de gerenciamento dos RCD:

- a) Segregação ou triagem: etapa que possibilita a máxima reciclagem de resíduos caso estes sejam enviados para usinas de reciclagem. Contribui para a organização e limpeza do local, podendo inclusive reduzir o nível de acidentes no canteiro de obras. A triagem correta proporciona o reaproveitamento do resíduo de forma compatível ao uso que ele se propõe;
- b) Acondicionamento: após a segregação correta do resíduo de acordo com o seu tipo e finalidade, deve-se conduzi-lo para seu armazenamento final. Para materiais como madeira, papel, metal, plástico e vidro, podem ser utilizados coletores de lixos, tambores ou bombonas. Para resíduos volumosos, como os de classe A, podem ser utilizadas baias ou caçambas.
- c) Transporte: o transporte pode ser realizado pelo deslocamento horizontal, através de carros-de-mão e giricas ou pelo deslocamento vertical, através de condutores de entulho, elevadores de carga ou guias. O transporte externo deve ser executado por empresas de coleta devidamente cadastradas e credenciadas.
- d) Destinação final: a destinação final dos RCD deve obedecer a critérios conforme a sua classificação.

A reciclagem de resíduos deve ser feita de forma criteriosa e ponderada em relação à escolha do processo a ser empregado, pois assim como qualquer atividade humana, pode causar impactos ao ambiente, de forma que se a tecnologia proposta na transformação e tratamento do produto for mal empregada, o processo pode ser mais impactante do que o próprio resíduos antes de ser reciclado (ÂNGULO; ZORDAN; JHON, 2007).

Cabral e Moreira (2011) destacam as seguintes alternativas para a destinação final de RCD:

- a) Entulho de concreto: após britagem e separação em agregados de diferentes dimensões, pode ser usado para a fabricação de peças sem função estrutural como blocos de vedação e briquetes ou usado como material de aterro em áreas baixas;
- b) Madeira: caso bem conservada, pode ser reutilizada em outras obras;
- c) Gesso: pode ser utilizado para a produção de pó de gesso novamente;
- d) Resíduo de alvenaria: tijolos, cerâmicas e pedras podem ser utilizados na produção de concretos, na fabricação de tijolo ou no aproveitamento como material de enchimento, mesmo sua parte fina.

6 MATERIAIS QUE CONTRIBUEM PARA A SUSTENTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES

6.1 Agregados

Agregados são materiais granulosos e incoesivos, com atividades químicas praticamente nulas, compondo uma mistura de partículas de diversos tamanhos que contribuem para o aumento da sua resistência mecânica.

Segundo Ambrozewick (2012), podem ser classificados quanto à massa específica, quanto às dimensões e quanto à origem.

Quanto à origem podem ser:

- a) Naturais: encontrados na natureza e necessitam de simples lavagem ou seleção, como por exemplo, areia e pedregulhos;
- b) Artificiais: processados de forma industrial, incluindo britagem a partir de matérias-primas naturais, como a argila expandida, escória de alto-forno, concreto reciclado de demolições, por exemplo;

Quanto à massa específica podem ser:

- a) Leves: agregados cuja massa específica unitária é menor que 2.000 kg/m^3 ;
- b) Normais: agregados cuja massa unitária varia entre 2.000 kg/m^3 e 3.000 kg/m^3 ;
- c) Pesadas: agregados cuja massa unitária está acima de 3.000 kg/m^3 .

Quanto às dimensões podem ser classificados em:

- a) Miúdos: areias de origem natural ou resultantes do britamento de rochas estáveis, ou ainda, mistura de ambas. Seus grãos de maior tamanho passam no mínimo 85% nas malhas da peneira padrão 4,8 mm;
- b) Graúdos: pedregulhos ou britas provenientes de rochas estáveis ou mistura de ambos, cujos seus grãos passam pela peneira de

malha com abertura nominal de 152 mm e ficam retidos na peneira padrão de 4,8 mm.

6.1.1 Reaproveitamentos de resíduos de construção e demolição como agregado

A utilização desordenada de matéria-prima assim como o depósito incorreto de rejeitos, trouxe a necessidade de elaboração de técnicas inovadoras, como a utilização do pó de mármore e do RCD (constituído em sua maioria de pedaços de lajotas, blocos, concreto, solo, areia etc.) como agregado. O depósito irregular dos resíduos de construção e demolição, além de causar poluição ambiental, causa a ocupação de terrenos de forma desordenada (BARBOSA et al., 2011).

O reaproveitamento desses materiais deve ser cauteloso para a garantia do desempenho como argamassa ou concreto, considerando o aproveitamento máximo das propriedades do resíduo para desenvolvimento da atividade na qual será empregado, assim como conseguir diminuir os danos ambientais. Em seu estudo, os agregados tradicionais, como areia de rio, foram substituídos por rejeito de mármore triturado e a brita foi substituída por RCD.

A NBR 15.116 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004) dispõe sobre os requisitos para uso de agregado reciclado, desde que seja proveniente de material classe A e que seja usado em concreto sem função estrutural, podendo substituir os agregados convencionais parcial ou totalmente, respeitando as exigências da mesma.

Os resultados obtidos por meio de ensaios de laboratório mostram que o concreto alternativo, ou seja, o concreto obtido com a utilização de cimento, água, mármore britado e RCD, obteve melhor desempenho que o convencional, tornando-se uma solução viável para o emprego desses rejeitos em conjunto, além de apresentar um ganho significativo referente às propriedades mecânicas (BARBOSA et al., 2011).

Barbosa et al. (2011) destacam a reutilização desses materiais como uma maneira de reduzir custos, além de proporcionar agilidade de execução, melhoria das propriedades do produto final, redução da extração de materiais naturais, contribuição para a redução de áreas de depósitos resíduos e

diminuição da energia gasta na produção, possibilitando vantagens financeiras e ecológicas.

6.2 Aglomerantes

Aglomerantes são produtos usados na construção civil com a finalidade de aglomerar ou fixar outros materiais entre si. Comumente são encontrados em forma de pó, denominados de pulverulentos que ao serem misturados com água formam uma pasta que tem capacidade de endurecer devido a simples secagem ou devido ao surgimento de reações químicas (HAGEMANN, 2011).

Segundo Hagemann (2011), dentre os aglomerantes mais comuns tem-se cimento. O cimento é um aglomerante hidráulico, ou seja, na presença de ar e água, conserva suas propriedades e seu endurecimento ocorre sob influência exclusiva da água. É produzido a partir do clínquer, produto originário da calcinação da mistura de rocha calcária e argila. Os principais constituintes do cimento, fazendo parte de cerca de 95 a 96% da sua composição são:

- a) Cal (CaO);
- b) Alumina (Al_2O_3);
- c) Sílica (SiO_2);
- d) Óxido de Ferro (Fe_2O_3);
- e) Magnésia (MgO);
- f) Impurezas.

A Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima – CIMGC (2003) destaca que a produção de cimento traz problemas ambientais significativos, principalmente pela emissão de dióxido de carbono durante a fabricação do clínquer, resultante da calcinação e sintetização de compostos químicos a temperaturas altas. O processo produtivo do cimento gera CO_2 , um dos gases responsáveis pelo aumento do efeito estufa.

Ângulo, Zordan e Jhom (2007) ressaltam que a principal participação da indústria brasileira na área de reciclagem de produtos é do setor cimenteiro, que recicla principalmente escórias de alto forno básicas.

6.2.1 Cimentos com adição de escória granulada de alto-forno

Segundo a Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP (2002), a adição de outras matérias-primas ao clínquer possibilita a produção de diversos tipos de cimento, como por exemplo, a escória de alto-forno, produto antigamente considerado sem muita utilidade que hoje permite a melhoria da qualidade do cimento.

Para minimizar os impactos ambientais, desde meados do século XX, parte do clínquer, material usado na produção de cimento, vem sendo substituído por adição de minerais, geralmente produtos depositados como rejeitos, trazendo vantagens técnicas, econômicas e ambientais, pois reduz a emissão de gases poluentes, assim como diminui o consumo de energia e proporciona redução no custo de produção (ALBUQUERQUE; LIMA, 2014).

Os Cimentos Portland tipo II (CP II) recebem adição de materiais de baixo custo e permitem a melhoria das propriedades do mesmo. O CP II-E é o tipo de Cimento Portland com adição de escória granulada de alto-forno. É recomendada a adição da escória granulada de alto-forno em proporções que variam entre 6 a 34% (HAGEMANN, 2011).

A escória é um subproduto resultante da produção do aço, obtida durante a fundição dos metais, tendo suas impurezas separadas e removidas. São quimicamente parecidas com o clínquer Portland, pois possui uma quantia considerável de silicato. Ao serem adicionadas aos cimentos, podem ocasionar mudanças nas suas propriedades, tais como na permeabilidade, no calor de hidratação, aumento da resistência a sulfatos e à compressão (ROSSA JUNIOR, 2009).

São compostos ainda por gesso e material carbonático, ou seja, material proveniente da trituração e calcinação de minerais como a calcita e a dolomita. O Quadro 10 representa a composição do cimento CP II-E.

Quadro 10 - Composição do cimento CP II-E

Tipo de Cimento Portland	Sigla	Composição (% em massa)			Norma Brasileira
		Clínquer + gesso	Escória granulada de alto-forno	Material carbonático	
Alto-forno	CP II-E	94-56	6-34	0-10	NBR 11578

Fonte: HAGEMANN, 2011.

A CIMGC (2003) destaca as principais contribuições da utilização do uso da escória de alto-forno para o desenvolvimento sustentável:

- a) Reciclagem dos resíduos siderúrgicos: a reciclagem da escória de alto-forno gerada pela indústria siderúrgica reduz a ocupação de grandes áreas como passivo ambiental;
- b) Diminuição da emissão de poluente atmosféricos: a substituição de parte da quantidade de clínquer por escória elimina cerca de 0,8 a 1,2 toneladas de CO₂ por tonelada de clínquer emitidos na produção;
- c) Racionalização do uso de recursos minerais: o uso da escória como substituta do clínquer resulta no aumento da vida útil das jazidas de calcário, gerando benefícios ambientais como a diminuição da perda de biodiversidade, conservação do solo e atenuação da poluição local.

6.3 Alvenarias

As alvenarias têm como principal função a separação entre ambientes, atuando como controladora de ações e movimentos, servindo de barreira e filtro seletivo. Quanto à estruturação, podem ser divididas em alvenarias auto-portantes, aquelas que são destinadas a absorver sobrecargas e as cargas da laje e alvenarias de vedação, ou seja, aquelas destinadas à separações de ambientes, trabalhando como fechamento de áreas sob estruturas (NASCIMENTO, 2004).

Dessa forma, as principais propriedades das alvenarias são:

- a) Resistência à umidade, à pressão do vento, aos movimentos térmicos e às infiltrações de água pluvial;
- b) Isolamento acústico e térmico;
- c) Base ou substrato para revestimentos em geral;

- d) Oferecimento de segurança aos usuários e ocupantes;
- e) Regulagem da condensação;
- f) Controle da migração do vapor d'água;
- g) Adequação e divisão de ambientes.

Em sua pesquisa, Fraga (2006) destaca a falta de consciência sustentável na indústria da construção civil, sendo uma grande consumidora de recursos naturais não-renováveis e uma das maiores geradoras de resíduos. Dentre os principais desperdícios de materiais durante o processo de construção identificados nas construtoras pesquisadas em seu estudo foram as perdas de alvenarias, tanto pelo mau armazenamento dos materiais, por uso de materiais de baixa qualidade ou não especificados em projeto, pela circulação dentro do canteiro de obras de forma desnecessária e pelo uso excessivo de materiais para correção de problemas como prumos mal feitos.

6.3.1 Tijolo solo-cimento

O uso de terra crua como material de construção é uma das maneiras buscadas para a geração de menor impacto ambiental. A terra possui grande potencial como base construtiva, é encontrada em abundância no planeta e possui bom comportamento acústico e térmico, além de ser reutilizável, atóxica e incombustível (GALDINO XAVIER; FREIRE; PEREIRA XAVIER, 2011).

Segundo Galdino Xavier, Freire e Pereira Xavier (2011), solo-cimento é definido como o produto decorrente de uma mistura compactada de solo, água, cimento e aditivos, com suas devidas proporções estabelecidas através de experiências em laboratórios. O solo compõe a maior parte da mistura, sendo os mais apropriados aqueles cujo teor de areia varia entre 45% e 50%, livres de matéria orgânica. O cimento representa cerca de 6% a 10% do peso, quantidade necessária para a estabilização e para a garantia das propriedades finais de resistência do produto. Além de apresentar grande resistência, o tijolo possui um aspecto físico de excelente aspecto.

Em seu estudo, Ferraz e Segatini (2004) salientam que resíduos podem ser incorporados aos tijolos. A adição de resíduos de argamassa de cimento, por exemplo, proporciona melhores condições para a produção,

reduzindo o consumo de cimento utilizado para a sua confecção, além de melhorar as propriedades mecânicas, atendendo os requisitos mínimos estabelecidos na norma brasileira.

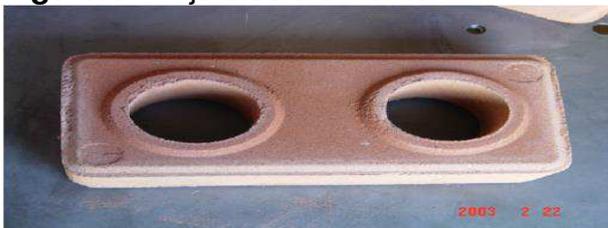
Pisani (2005) enfatiza que a produção dos tijolos varia conforme os objetivos da sua utilização e com o procedimento a ser realizado, proporcionando atendimento de propriedades após seu fabrico como:

- a) Resistências mecânicas e à abrasão;
- b) Durabilidade;
- c) Impermeabilidade;
- d) Exigências estéticas;
- e) Proporcionar dosagem econômica;
- f) Não conter gravetos, seixos e pedregulhos em excesso;
- g) Estar próximo do local de produção.

O processo de fabricação do tijolo solo-cimento *é realizado através de prensas manuais ou motorizada, não necessitando de queima em forno a lenha, ou seja, reduz significativamente as interferências ao meio, pois evita o desmatamento e a poluição decorrente do lançamento de gases provenientes da combustão.* Suas características facilitam a instalação de redes hidráulicas e elétricas e sua resistência reduz perdas provenientes de quebras devido à má execução ou transporte do produto. A geometria dos tijolos com furos facilita o encaixe e o assentamento, o que diminui a quantidade de argamassa e o tempo de execução da obra (PISANI, 2005).

A Figura 3 apresenta um dos modelos usuais de tijolo solo-cimento.

Figura 3 – Tijolo solo-cimento



Fonte: PISANI,2005.

Oscar Neto (2010) citado por SEBRAE (2013) destaca a economia de 20 a 40% que os tijolos ecológicos trazem para a obra em relação ao sistema

construtivo convencional, decorrente principalmente do não desperdício durante a construção. Outras vantagens além das já mencionadas são:

- a) Redução para praticante zero do uso de madeiras nas caixarias dos pilares e vigas;
- b) Economia de 70% de argamassa de assentamento e concreto;
- c) Economia de cerca de 50% de ferro;
- d) Maior durabilidade que o tijolo comum;
- e) Possui cerca de 6 vezes mais resistência que o tijolo comum;
- f) Facilidade no acabamento, podendo eliminar o uso de pinturas e rebocos, necessitando apenas do uso de impermeabilizante a base de acrílico ou silicone e rejunte flexível;
- g) Assentamento dos azulejos feito diretamente sobre os tijolos;
- h) Menor peso, gerando economia na fundação;
- i) Proporciona uma obra mais limpa e com menos entulho.

O uso de tijolo solo-cimento supre necessidades para construções de baixo custo, proporcionando à construção facilidade durante a execução, além de proporcionar menos impactos ambientais, já que sua fabricação ocorre de maneira menos agressiva e o seu uso diminui significativamente as perdas durante o processo construtivo.

7 USO RACIONAL DA ÁGUA

7.1 Conservação da água

Dados da Agência Nacional de Águas - ANA (2010) apontam que o Brasil é um dos países mais ricos em recursos hídricos superficiais do planeta, dispondo de vazões médias que totalizam cerca de 180 mil metros cúbicos por segundo, porém, a distribuição desigual desses recursos provoca escassez do abastecimento de água em algumas regiões.

Enquanto a Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental que abrange os estados da Paraíba, Rio Grande do Norte, parte do Ceará, Pernambuco, Alagoas e Piauí apresenta disponibilidade hídrica inferior a 100 metros cúbicos por segundo, a Região Hidrográfica Amazônica, composta pelos estados do Amazonas, Acre, Amapá, Roraima, Rondônia e parte do Pará e Mato Grosso, compreende 81% da disponibilidade dos recursos hídricos em 45% da extensão territorial do país.

A grande concentração populacional exerce aumento no consumo e agravamento das condições dos mananciais existentes, portanto, são necessários investimentos para desenvolvimento de tecnologias que ofereçam alternativas para o aumento da oferta da água, assim como a conscientização do seu uso racional. A conservação da água abrange ações que reduzem a quantidade de água extraída em fontes de suprimento, reduzem o seu consumo e desperdício, ampliem a eficiência do seu uso e aumentem o seu reuso e reciclagem (ANA, 2005).

A conservação da água em edificações consiste em ações que visem a redução da quantidade de água consumida assim como a quantidade de água desperdiçada, aumentando a sua reciclagem e reuso, diminuindo a quantidade de água retirada de origens de suprimento.

7.1.1 Exigências mínimas para o consumo da água

A Portaria nº 2.914 de 12 de dezembro de 2011 do Ministério da Saúde define como água potável aquela que atenda os padrões de potabilidade definidos pela mesma, ou seja, aquela que não oferece risco à saúde (BRASIL,

2011). O Quadro 11 apresenta as exigências do padrão microbiológico de potabilidade segundo o Ministério da Saúde.

Quadro 11 – Padrões microbiológicos de potabilidade da água

Tipo de água		Parâmetro		VMP ⁽¹⁾
Água para consumo humano		Escherichia coli ⁽²⁾		Ausência em 100 mL
Água tratada	Na saída do tratamento	Coliformes totais ⁽³⁾		Ausência em 100 mL
	No sistema de distribuição (reservatórios e rede)	Escherichia coli		Ausência em 100 mL
		Coliformes totais ⁽⁴⁾	Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes	Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês, poderá apresentar resultado positivo
			Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes	Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês.

Fonte: BRASIL, 2011.

Rodrigues (2005) destaca que o reuso de água é a utilização de água residuária, desde que atenda aos padrões exigidos para a finalidade a qual foi destinada. Pode ser classificado quanto ao método ou quanto ao uso final. Quanto ao método pode ser:

- a) Reuso Indireto: quando a água utilizada é despejada nos corpos hídricos ou subterrâneos, sendo diluída e logo após, captada para um novo uso a jusante;
- b) Reuso direto: quando a água é reutilizada de forma planejada, conduzida do local de produção para o ponto de utilização, sem lançamento ou diluição em corpos hídricos.

Quando ao uso final para a destinação urbana pode ser para:

- a) Usos urbanos para fins potáveis: apresentam inúmeros riscos associados, como presença de organismos patogênicos e compostos orgânicos sintéticos, o que pode tornar seu uso inviável em função do alto custo dos tratamentos exigidos;
- b) Usos urbanos para fins não potáveis: apresentam menores riscos, o que torna o processo mais viável técnica e economicamente por apresentarem facilidade na execução. Podem ser usados para irrigação, reserva contra incêndio, descargas sanitárias, lavagens de automóveis etc.

O Quadro 12 apresenta as exigências mínimas para o uso de água não-potável de acordo com a função a qual foi condicionada.

Quadro 12– Exigências mínimas para o reuso de água

Destinação	Exigências mínimas
Água para irrigação, rega de jardim, lavagem de pisos	Não deve apresentar mau-cheiro
	Não deve conter componentes que agridam as plantas ou que estimulem o crescimento de pragas
	Não deve ser abrasiva
	Não deve manchar superfícies
	Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana
Água para descarga em bacias sanitárias	Não deve apresentar mau-cheiro
	Não deve ser abrasiva
	Não deve manchar superfícies
	Não deve deteriorar os metais sanitários
	Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana
Água para refrigeração e sistema de ar condicionado	Não deve apresentar mau-cheiro
	Não deve ser abrasiva
	Não deve manchar superfícies
	Não deve deteriorar máquinas
	Não deve formar incrustações
Água para uso ornamental	Deve ser incolor
	Não deve ser turva
	Não deve apresentar mau-cheiro
	Não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos
	Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana
Água para lavagem de veículos	Não deve apresentar mau-cheiro
	Não deve ser abrasiva
	Não deve manchar superfícies
	Não deve conter sais ou substâncias remanescentes após secagem
	Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
Água para lavagem de roupa	Deve ser incolor
	Não deve ser turva
	Não deve apresentar mau-cheiro
	Deve ser livre de algas
	Deve ser livre de partículas sólidas
	Deve ser livre de metais
	Não deve deteriorar os metais sanitários e equipamentos
	Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana.
Água para uso em construção civil: na preparação de argamassas, concreto, controle de poeira e compactação de solo	Não deve apresentar mau-cheiro
	Não deve alterar as características de resistência dos materiais
	Não deve favorecer o aparecimento de eflorescências de sais
	Não deve propiciar infecções ou a contaminação por vírus ou bactérias prejudiciais à saúde humana

Fonte: Adaptado de ANA, 2005.

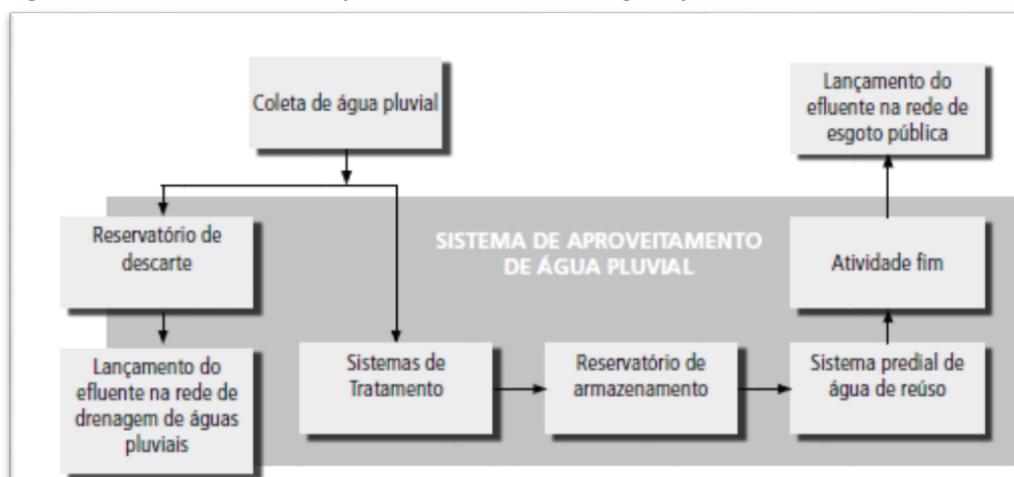
7.1.2 Sistema de aproveitamento de água pluvial

A ABNT (2007) estabelece por meio da NBR 15.527 os requisitos para o aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, como por exemplo, irrigação de gramados e plantas, descargas em bacias sanitárias, lavagem de veículos e limpeza de pisos.

O sistema de aproveitamento de água pluvial para o consumo não potável tem o objetivo de captar e armazenar água de chuva para o uso futuro. É composto por calhas, condutores verticais, filtro autolimpante, área impermeabilizada de captação, reservatório de descarte da água de limpeza do telhado, reservatório de armazenamento e tratamento de água e bomba, caso necessário. Os elementos que compõem o sistema possuem tecnologia relativamente simples e econômica (SANTOS, 2016).

A Figura 4 apresenta o esquema do sistema de aproveitamento de água pluvial.

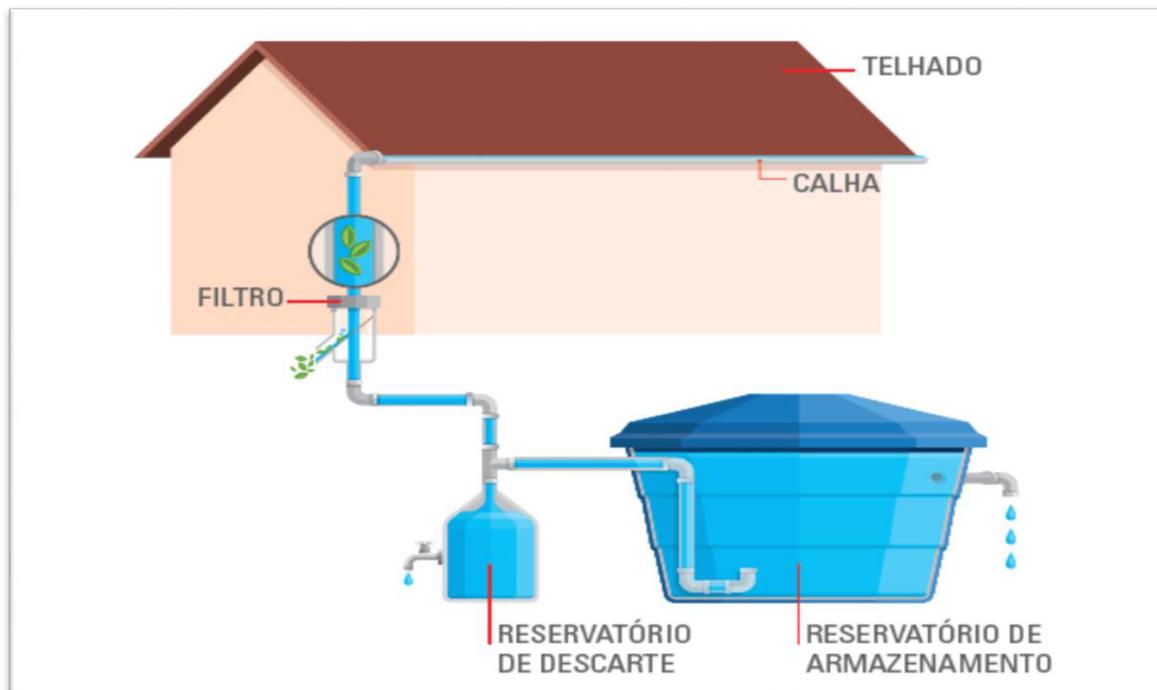
Figura 4 – Sistema de aproveitamento de água pluvial



Fonte: ANA, 2005.

A Figura 5 demonstra o esquema e os componentes do sistema de aproveitamento de água pluvial.

Figura 5 – Sistema de aproveitamento de água pluvial



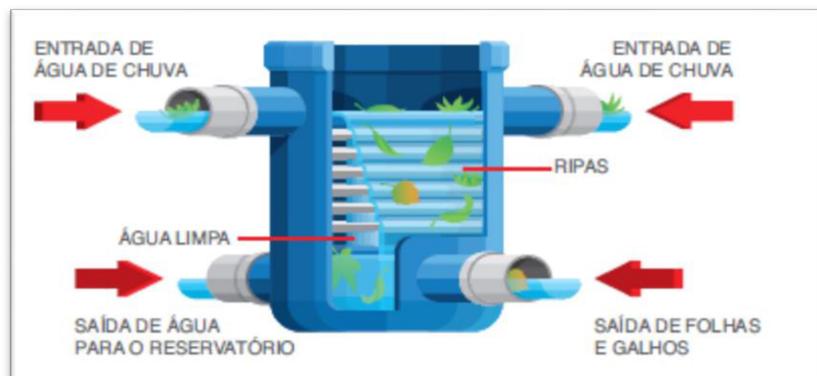
Fonte: SANTOS, 2016.

Santos (2016) destaca que para o desempenho eficiente do sistema, é necessária a determinação da demanda diária ou mensal, que representa os pontos de consumo que permitam a utilização da água da chuva, assim como a determinação do índice pluviométrico. A área de captação é determinada pela projeção do telhado horizontal, podendo ser qualquer superfície impermeabilizada, de preferência telhados com inclinações que favorecem a captação reduzindo as perdas.

As calhas e condutores devem possuir dispositivos de retenção que retenham sólidos como gravetos, folhas e galhos. Pode-se instalar grades ou telas para atuarem como dispositivos de retenção. É importante o descarte da primeira água da chuva para a promoção da limpeza da superfície de captação e desvio da água de qualidade inferior para o reservatório de armazenamento. Usualmente utiliza-se o descarte de 2mm por metro quadrado de área de captação. O reservatório de armazenamento da água pluvial deve estar em uma superfície plana e nivelada.

Os filtros autolimpantes removem os sólidos que podem ter sido carregados pela chuva conforme ilustrado na Figura 6.

Figura 6 – Filtro autolimpante



Fonte: SANTOS, 2016.

A manutenção no sistema deve ser feita com a frequência indicada no Quadro 13, segundo a NBR 15.527:2007.

Quadro 13 – Frequência de manutenção do sistema de aproveitamento de água pluvial

Componente	Frequência da manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal
	Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial	Limpeza mensal
Calhas, condutores verticais e horizontais	Semestral
Dispositivos de desinfecção	Mensal
Bombas	Mensal
Reservatório	Limpeza e desinfecção anual

Fonte: ABNT, 2007

Os reservatórios atuam como regularizadores das vazões naturais, acumulando parte da água disponível nos períodos chuvosos, atenuando deficiências eventuais nos períodos de estiagem (ANA, 2010). Dentre os principais benefícios da captação de água pluvial, pode-se destacar que a qualidade da água recolhida é relativamente boa o que possibilita o seu uso para diversos fins e pode servir de reserva em situações de interrupção do abastecimento do sistema público.

Além de proporcionar vantagens econômicas e ambientais, o sistema de aproveitamento de água pluvial apresenta simplicidade na sua

implementação. Ao ser implantado, o sistema propicia a redução do consumo de água e do custo do fornecimento da mesma assim como a melhoraria da distribuição da carga de água no sistema de drenagem urbana. A coleta de água da chuva pode reduzir a erosão local e inundações causadas pelo escoamento superficial (BONA,2014).

7.1.3 Sistema de reuso de águas cinzas claras

A reutilização de águas cinzas claras, ou seja, águas residuárias originárias de chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar roupas e banheiras, requer estudos sobre a sua viabilidade para analisar as suas propriedades, a qualidade da água tratada e ações que assegurem que ela será usada para fins não potáveis. O uso da reutilização de água cinza proporciona vantagens ambientais e econômicas, colaborando para a minimização da exploração de recursos hídricos, assim como estimulando o consumo racional da água potável.

A NBR 13.969 (ABNT,1997) define as seguintes classes de água para reuso e seus critérios de qualidade, assim como seus respectivos tratamentos conforme apresenta o Quadro 14.

Quadro 14 – Classificação e grau de tratamento necessário

Classificação	Utilização	Parâmetros	Tratamento
Classe 1	Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes	Turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 200 NMP/100 ml; sólidos dissolvidos totais inferiores a 200 mg/L; pH entre 6,0 e 8,0; cloro residual entre 0,5 mg/L e 1,5 mg/L	Tratamento aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido por filtração convencional (areia e carvão ativado) e, finalmente, cloração. Pode-se substituir a filtração convencional por membrana filtrante
Classe 2	Lavagens de pisos, calçadas e irrigação dos jardins, manutenção dos lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes	Turbidez inferior a cinco, coliforme fecal inferior a 500 NMP/100 ml, cloro residual superior a 0,5 mg/L	Tratamento biológico aeróbio (filtro aeróbio submerso ou LAB) seguido de filtração de areia e desinfecção. Pode-se também substituir a filtração por membranas filtrantes

Quadro 14 - Continuação

Classificação	Utilização	Parâmetros	Tratamento
Classe 3	Reuso nas descargas dos vasos sanitários	Turbidez inferior a 10, coliformes fecais inferiores a 500 NMP/100 ml	Normalmente, as águas de enxágue das máquinas de lavar roupas satisfazem a este padrão, sendo necessário apenas uma cloração. Para casos gerais, um tratamento aeróbio seguido de filtração e desinfecção satisfaz a este padrão
Classe 4	Reuso nos pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual	Coliforme fecal inferior a 5 000 NMP/100 ml e oxigênio dissolvido acima de 2,0 mg/L	As aplicações devem ser interrompidas pelo menos 10 dias antes da colheita

Fonte: Adaptado de ABNT, 1997.

Águas cinzas claras representam as águas residuária que apresentam características naturais, porém, perderam a potabilidade. O reuso abrange efluentes gerados pelo uso de banheiras, lavatórios, chuveiros, máquinas de lavar, dentre outros, excluindo a água proveniente da contribuição de bacias sanitárias e pias.

Segundo a ANA (2005) os principais critérios exigidos para a utilização de águas cinzas são a preservação da saúde do usuário e do meio ambiente, o atendimento às exigências relacionados às atividades a qual foi destinada e qualidade suficiente ao uso a qual será aplicada.

Os principais elementos necessários para o sistema de aproveitamento de reuso de águas cinzas são os pontos de coleta e de uso, determinação das vazões disponíveis, dimensionamento do sistema de coleta e transporte das águas cinzas brutas, definição do volume de água a ser armazenado baseado nas características ocupacionais do edifício, estabelecimento dos locais onde as águas cinzas tratadas serão usadas, definição dos parâmetros de qualidade da água em função da destinação em que serão usadas, tratamento da água e dimensionamento do sistema de distribuição (ANA, 2005).

A Figura 7 demonstra o esquema para sistema de reuso de água cinza.

Figura 7– Sistema de reuso de água cinza



Fonte: ANA, 2005.

8 GESTÃO DE ENERGIA EM EDIFICAÇÕES

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP (2007) destaca que a demanda de energia para fins de aquecimento, iluminação, refrigeração e outros serviços cresceu a uma taxa média de 2,2% ao ano de 1971 a 2002 e que os prédios comerciais apresentaram uma demanda de 50% a mais que os prédios residenciais. Observou-se também um aumento na demanda energética nos países em desenvolvimento. Os eletrodomésticos e iluminação correspondem 22% do total do consumo energético de uma residência.

A energia é essencial para o desenvolvimento humano, sendo fonte necessária para os inúmeros avanços já alcançados. O grande impacto ambiental causado pelo uso de energia abrange desde a derrubada de árvores, assim como o vasto nível de agentes poluidores lançados ao ar através da queima de combustíveis fósseis. A promoção da ideia do desenvolvimento e aplicação de fontes de energias renováveis juntamente com ações que promovam a eficiência energética em edificações são pontos importantes para a potencialização da gestão energética nas edificações.

8.1 Aquecimento solar ativo e geração fotovoltaica

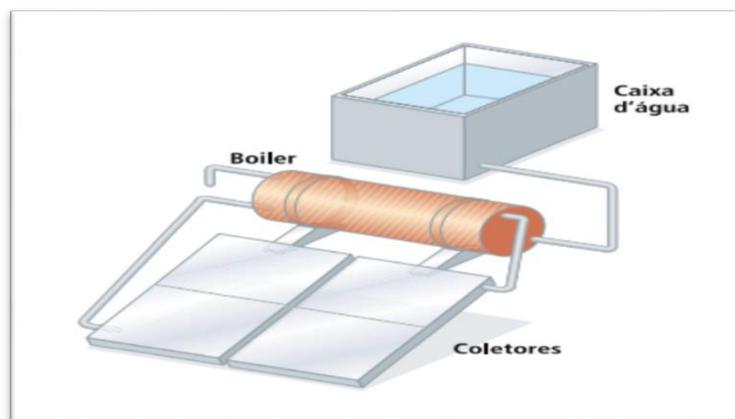
A energia solar pode ser usada no aquecimento do ambiente, produção de eletricidade e aquecimento da água, podendo reduzir em até 70% o consumo de energia convencional, sendo uma fonte de energia renovável, ou seja, proveniente de ciclos naturais, sendo praticamente inesgotável, de forma que seu uso de forma sustentada resulta em menores impactos ao meio ambiente (PACHECO, 2006).

A disponibilidade da radiação solar depende das condições de nebulosidade e umidade, assim como a latitude, hora e dia do ano. Os coletores e painéis solares devem ser instalados de forma a aproveitar da melhor maneira a movimentação do sol (MEDEIROS; NARDI, 2011).

As tecnologias de energia solar térmica podem ser usadas para o condicionamento de ar, tanto quente quanto frio em edifícios. Atualmente, é utilizada principalmente para o aquecimento de água (FAPESP, 2007).

A radiação pode ser utilizada para o aquecimento de água a temperaturas menores que 100°C , sendo absorvida por coletores solares, conforme mostra a Figura 8. Geralmente são usados no setor residencial, porém vêm sendo usados também nos setores comerciais, hospitais e edifícios públicos. São normalmente instalados no teto das edificações. Para o aquecimento de água para uma residência tradicional, com três ou quatro moradores, é necessária a instalação de 4m^2 de coletor (ANEEL,2005).

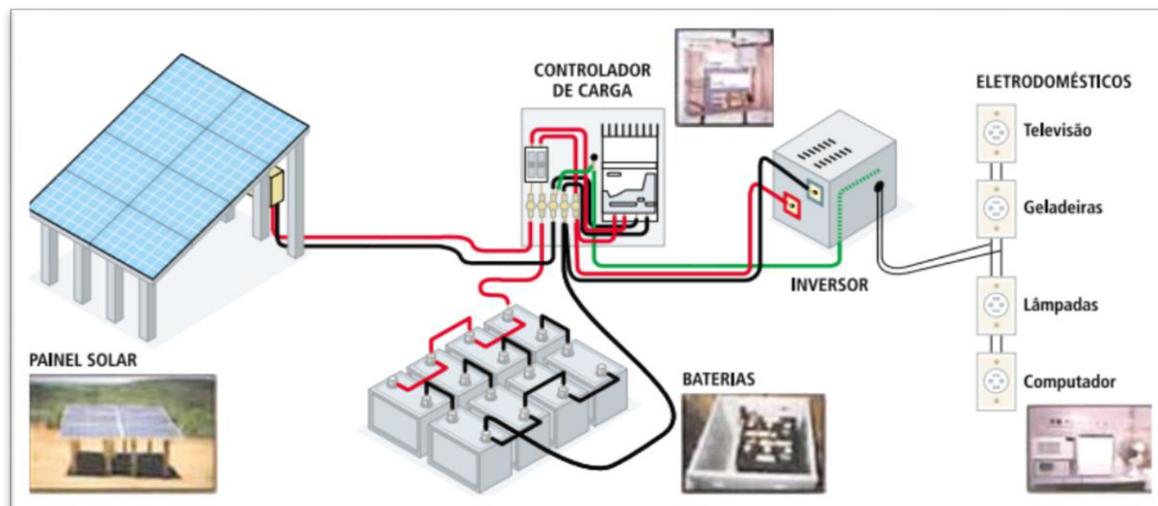
Figura 8 – Coletores solares



Fonte: ANEEL, 2005.

A radiação solar pode ser diretamente transformada em energia elétrica através de efeitos de luz e calor sobre semicondutores. O efeito termoelétrico é caracterizado pela diferença de potencial decorrente da união de dois metais, ou seja, quando a união desses metais está a uma temperatura maior que a das outras extremidades do fio. Inicialmente apresenta um custo elevado para a aquisição, porém sua aquisição é justificada pela redução dos custos com energia. A geração fotovoltaica é resultante da excitação dos elétrons de certos materiais, como o silício na presença de luz (ANNEEL,2005).

Figura 9 – Geração fotovoltaica



Fonte: ANEEL, 2005.

8.2 Eficiência energética

Medeiros e Nardi (2011) destacam medidas simples que podem ser aplicadas em edificações a fim de torná-las mais eficientes em termos energéticos, são essas:

- a) Iluminação: substituição de lâmpadas convencionais por outras energeticamente eficientes, que consomem cerca de 20 a 25% das incandescentes, possuindo vida útil de 10 a 20 vezes maior. O uso de lâmpadas LED, apresenta inicialmente um custo final cerca duas vezes maior que o custo das lâmpadas fluorescentes compacta, porém, o custo final da conta de luz compensa pois apresenta uma economia de 40%, representando uma vantagem significativa tanto econômica quanto ecologicamente em cinco anos;
- b) Isolamento termo acústico: o uso de janelas com vidro duplo e revestimentos de baixa emissividade podem reduzir cerca de 60% do consumo de energia de refrigeração e aquecimento, além de proporcionarem conforto;
- c) Controles: a adição de controles modernos como sensores de acendimento e desligamento automático de lâmpadas podem ser muito eficientes econômica e energeticamente.

9 COBERTURAS VERDES

A crescente urbanização e a redução das áreas verdes trazem a necessidade de criar soluções que permitam melhorar o ambiente, como é o caso da cobertura verde, sistema que é capaz de proporcionar melhoria da qualidade do ar, do nível de umidade e ainda deter enchentes, diminuir custos de refrigeração em épocas de calor, melhorar a paisagem além de reduzir as expansões e contrações dos tetos em concreto armado. Podem ser usadas em todos os tipos de construções, geralmente aplicadas em coberturas com inclinação de cerca de 5% para que seja possível o escoamento não muito rápido da água (TOMAZ, 2008).

A Figura 10 mostra um exemplo de cobertura verde.

Figura 10 – Cobertura verde



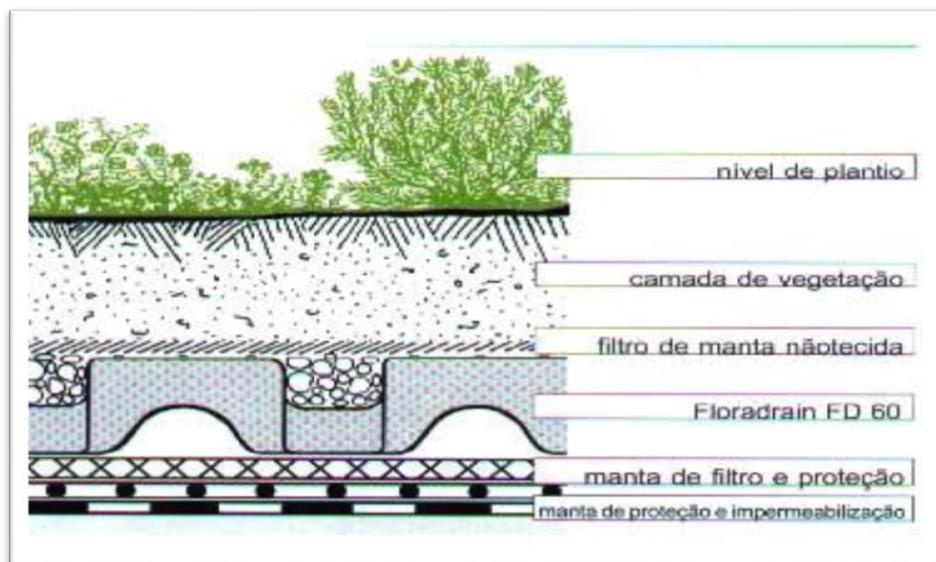
Fonte: TOMAZ, 2008.

Segundo Silva (2011), o telhado verde ou cobertura verde é um sistema construtivo onde uma cobertura feita com plantas ou grama pode ser instalada sobre telhados ou lajes a fim de proporcionar conforto acústico e térmico em ambientes internos. A cobertura verde aumenta as áreas verdes além de diminuir as ilhas de calor. São constituídos de 5 camadas que compõem sua estrutura segundo demonstra a Figura 11, sendo essas:

- a) Camada impermeabilizante: protege o telhado contra infiltrações;
- b) Sistema de drenagem: drena a água da chuva e separa os poluentes, agindo como filtro;

- c) Camada filtrante: retém partículas que seriam conduzidas pela água pluvial;
- d) Solo substrato: o substrato deve ser escolhido de forma adequada segundo o fluxo no telhado.
- e) Membrana de proteção contra raízes: controla o crescimento das raízes que podem causar danos ao sistema;
- f) Vegetação: a vegetação deve ser escolhida conforme a o objetivo do telhado e a quantidade de carga que a estrutura da edificação pode suportar.

Figura 11– Estrutura da cobertura verde



Fonte: SILVA, 2011.

O telhado verde traz inúmeros benefícios, como o aumento da biodiversidade, redução da velocidade de escoamento da água pluvial no telhado, assim como sua retenção, auxiliando nas condições da drenagem urbana, contribui para a redução da poluição e da emissão de carbono e ajuda na redução da temperatura de ambientes internos (MEDEIROS; NARDI, 2011).

10 ANÁLISE DE APLICAÇÕES SUSTENTÁVEIS EM EDIFICAÇÕES BRASILEIRAS

Neste capítulo foram estudadas quatro edificações brasileiras que fizeram uso de materiais e técnicas sustentáveis e ainda, que obtiveram certificação LEED, AQUA ou Selo Casa Azul. Para esse estudo foi realizado um levantamento bibliográfico de quatro edificações: o Edifício Eldorado Business Tower, Edifício True Chácara Klabin, Residencial Bonelli e o Centro de Cultura Max Feffer, com a finalidade de obter um comparativo que permitirá identificar quais os materiais e técnicas são mais utilizados, assim como suas respectivas importâncias para a adoção da sustentabilidade nas edificações.

10.1 Edifício Eldorado Business Tower

O edifício Eldorado Business Tower (Figura 12), conta com 115.000 m² de área construída. Construído e incorporado pela Gafisa e São Carlos SA, localizado em São Paulo e concluído no ano de 2007 está entre as primeiras edificações corporativas de grande porte do Brasil a receber a classificação LEED Platina versão v2.0, seguindo os requisitos do *Core and Shell Development Projects* (LEED-CS). Apesar de ter nascido antes da implementação do selo de qualidade ambiental no Brasil, o edifício foi idealizado com a intenção de economizar energia, além de oferecer conforto ambiental e reduzir gastos com manutenção (LIMA, 2009).

Figura 12 – Edifício Eldorado Business Tower



Fonte: LIMA, 2009.

Lima (2009) destaca que o empreendimento é localizado em uma área com fácil acesso a serviços de transportes públicos e dispõe de uma vasta área de infiltração e sistema de retenção e filtração de água pluvial, reduzindo o volume destinado à rede pública, minimizando o potencial de enchentes nos arredores da edificação. O Eldorado Business Tower desfruta de cobertura verde e ainda possui revestimentos de cores claras, visando a diminuição dos efeitos das ilhas de calor nas coberturas e pisos, além de possuir vidros esverdeados com desempenho térmico classificado entre bom e elevado, permitindo a passagem de 70% da luminosidade, aumentando a eficiência energética.

A preocupação com a conservação da água incentivou o uso de dispositivos de economia compostos de válvulas de descargas com acionamentos independentes para sólidos e líquidos, torneiras com sensores ou temporizadores em mictórios e chuveiros providos de redutores de vazão. A água gerada pelo sistema de ar condicionado que possui menor consumo energético, o VRV III (volume refrigerante variável) é reutilizada em vasos sanitários, lavagem de pisos e garagens, irrigação e espelhos d'água.

Pode-se destacar a utilização de cerca de 30% produtos reciclados, uso de madeira certificada e a promoção da coleta seletiva de metal, madeira, entulhos etc. durante a obra e operação (Figura 13). O edifício ainda conta com elevadores que possuem um sistema que recupera a energia durante a frenagem e sistema de antecipação de chamadas, artifícios que podem gerar cerca de 40% de economia de energia em relação aos elevadores convencionais.

Figura 13 – Gestão de resíduos no Edifício Eldorado Business Tower



Fonte: LIMA, 2009.

A edificação foi projetada de forma a aproveitar o máximo possível a iluminação e a ventilação natural. As tintas, vernizes e selantes possuem baixo teor de emissão de compostos voláteis orgânico.

O Quadro 15 dispõe dos principais critérios atendidos pela edificação de acordo com a sua classificação para a obtenção do selo LEED.

Quadro 15 – Pontuação obtida pelo Edifício Eldorado Business Tower

Requisito	Máxima Pontuação	Pontuação obtida
Espaço Sustentável	15	14
Eficiência do uso da água	5	4
Energia e Atmosfera	14	7
Materiais e Recursos	11	7
Qualidade ambiental interna	12	9
Inovação e Processos	5	5
Total	62	46

Fonte: Adaptado USGBC, s.d.

Os principais resultados obtidos pelo empreendimento comprovam o alto desempenho ambiental, sendo esses:

- a) Redução de 25% do volume e vazão da água lançada na rede pública durante a época de chuva;
- b) Economia de 33% do consumo de água potável em comparação ao padrão norte-americano;
- c) Uso de 30% de materiais com conteúdo reciclado;
- d) Economia de 100% de água potável para irrigação;
- e) Economia de 18% no consumo de energia;
- f) Desvio de aterros de 74% de todo o resíduo produzido na obra.

10.2 Edifício True Chácara Klabin

O Edifício True Chácara Klabin (Figura 14), localizado no estado de São Paulo, realizado pela incorporadora Even, foi o primeiro empreendimento residencial a receber a certificação AQUA do projeto ao fim da obra no Brasil (Quadro 16). Dentre as ações que proporcionam a sustentabilidade na edificação, pode-se destacar o uso de cimento com escória de alto-forno que

proporciona menor liberação de gases que provocam o efeito estufa, além da utilização formas reaproveitáveis para a produção das lajes, gestão de RCD, uso de madeira certificada e sistema de paredes *drywall* (COLTRI, 2013).

Quadro 16 – Classificação obtida pelo Edifício True Chácara Klabin

Categoria		Níveis
1	Relação do edifício com o seu entorno	Superior
2	Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos	Superior
3	Canteiro de obras com baixo impacto ambiental	Excelente
4	Gestão da energia	Bom
5	Gestão da água	Excelente
6	Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício	Excelente
7	Manutenção - permanência do desempenho ambiental	Excelente
8	Conforto higrotérmico	Bom
9	Conforto acústico	Bom
10	Conforto visual	Superior
11	Conforto olfativo	Bom
12	Qualidade sanitária dos ambientes	Bom
13	Qualidade sanitária do ar	Excelente
14	Qualidade sanitária da água	Superior

Fonte: MINÉ FILHO, 2013.

Figura 14 – Edifício True Chácara Klabin



Fonte: COLTRI (2013).

As bacias sanitárias dos seus banheiros possuem duplo acionamento, sendo mais econômicos, além de serem abastecidos por água de reuso. O edifício conta também com um sistema de aproveitamento da água pluvial, usada para a irrigação e na sua cobertura verde. Esses sistemas acarretam em uma economia de 27% no consumo de água.

Coltri (2013) destaca que no quesito de gestão energética, a edificação conta com um sistema de acionamento nos elevadores que torna as desacelerações e acelerações mais suaves, o que acarreta em uma economia de cerca de 40% em relação aos equipamentos convencionais.

A casa de máquinas do elevador é revestida com lã acústica aplicada em todas as paredes. O sistema de aquecimento solar composto por 86 placas de captação de energia (Figura 15), juntamente com a utilização de lâmpadas LED nas áreas de circulação, máximo aproveitamento da iluminação natural através do uso de caixilhos e os seus sistemas luminárias de acionamento automático de acordo com a posição solar completam o sistema de eficiência energética. Pode-se observar uma economia de 39% do consumo da eletricidade na edificação.

Figura 15 – Placas de captação de energia no Edifício True Chácara Klabin



Fonte: COLTRI (2013).

10.3 Residencial Bonelli

O Residencial Bonelli, incorporado pela Construtora Rôgga (Figura 16), localizado na cidade de Joinville no estado de Santa Catarina possui o Selo Ouro da certificação Casa Azul Caixa por atender 32 dos seus critérios conforme demonstra o Quadro 17. O projeto apresenta flexibilidade e adequação às condições físicas do terreno, diminuindo os movimentos de terra. Segundo a empresa, as implantações dos critérios para atender as exigências do selo custaram cerca de 1 a 3% do orçamento total (MOTTA, 2011).

Figura 16 – Residencial Bonelli



Fonte: MOTTA (2011).

Quadro 17– Critérios atendidos pelo Residencial Bonelli

Categorias	Critérios atendidos
Qualidade urbana	3
Projeto e conforto	7
Eficiência energética	4
Conservação de recursos materiais	6
Gestão da água	4
Práticas sociais	8
Total	32

Fonte: Adaptado de CEF (2016).

Dentre as características sustentáveis do residencial, pode-se destacar o amplo aproveitamento da iluminação e ventilação natural em áreas comuns e banheiros, além de contar com fontes alternativas de energia, como o sistema de aquecimento solar. O empreendimento conta com dispositivos economizadores de energia, lâmpadas de baixo consumo e sensores de presença nas áreas comuns. Possui também um sistema de elevador eficiente que reduz o consumo de energia.

Na escolha dos materiais na fase da obra, se priorizou materiais de baixo impacto ambiental, como o uso de cimento de alto-forno e pozolânico, concreto com dosagem otimizada e componentes pré-fabricados. A pavimentação foi realizada com a utilização de resíduos de construção e demolição e as madeiras usadas na construção foram plantadas ou certificadas.

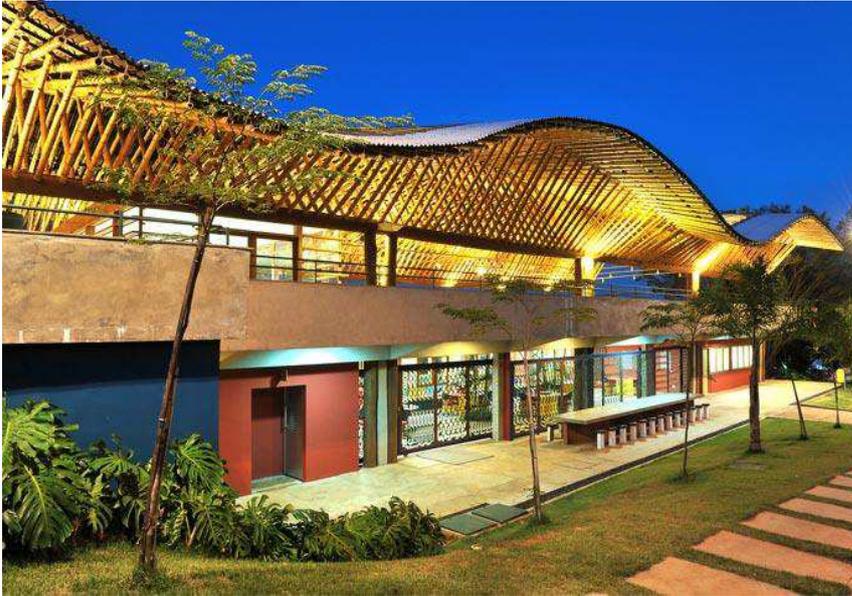
A gestão da água na edificação é feita através da medição individualizada, presença de áreas permeáveis, bacias sanitárias com duplo acionamento e presença de dispositivos economizadores, como arejadores e reguladores de vazão, conta também com sistema de aproveitamento, retenção e infiltração de água pluvial.

10.4 Centro de Cultura Max Feffer

Desenvolvido no município de Pardinho, São Paulo o Centro de Cultura Max Feffer (Figura 17) foi projetado e pautado em soluções sustentáveis e em 2010 recebeu a certificação LEED-NC Gold na sua versão v2.2. A edificação conta com a utilização de madeiras de reflorestamento e telhas de

fibra vegetal pintadas de branco (Figura 18), para reflexão dos raios solares. Além das madeiras de reflorestamento, a edificação faz uso de madeiras e tijolos reciclados, obtidos de demolições da região e também conta com a utilização de materiais reciclados de ônibus para a produção de corrimãos para o edifício (LEITE, 2011).

Figura 17 – Centro de Cultura Max Feffer



Fonte: CENTRO MAX FEFFER (2016).

Figura 18 – Telhas de fibra vegetal



Fonte: CENTRO MAX FEFFER (2016).

O Centro foi construído utilizando-se tijolo solo-cimento, produzido no local da obra. O uso da alvenaria acrescentou ainda um maior conforto térmico, pois seus furos favorecem a ventilação natural.

O sistema de aproveitamento de água pluvial juntamente com o sistema de reuso de águas cinzas contribui para a gestão hídrica do edifício, assim como o uso de dispositivos economizadores de água nas bacias sanitárias e torneiras com o fechamento automático. A água reaproveitada é utilizada na irrigação de jardins e o esgoto é tratado por meio de fossa séptica

A gestão energética foi realizada através de painéis fotovoltaicos para a iluminação externa, iluminação com lâmpadas LED, sensores de presença nos banheiros e aproveitamento máximo da iluminação natural.

Foram usadas tintas à base d'água e com baixo compostos orgânicos voláteis. Os resíduos gerados durante a fase de obra foram coletados corretamente e encaminhados para centros de reciclagem ou reutilizados na própria obra.

O Quadro 18 dispõe da pontuação adquirida pelo Centro Cultural Max Feffer pelos requisitos atendidos de acordo com a sua classificação.

Quadro 18 – Pontuação obtida pelo Centro de Cultura Max Feffer

Requisito	Máxima Pontuação	Pontuação obtida
Espaço Sustentável	14	9
Eficiência do uso da água	5	5
Energia e Atmosfera	17	12
Materiais e Recursos	13	5
Qualidade ambiental interna	15	11
Inovação e Processos	5	5
Total	69	47

Fonte: Adaptado de USGBC, s.d.

Os principais resultados obtidos pelo projeto, afirmando suas características sustentáveis foram, segundo o Centro Max Feffer (2016):

- a) A ocupação de apenas 15% da área colaborou com a permeabilidade do solo, facilitando a captura e o reuso de águas pluviais;

- b) Redução das ‘ilhas de calor’ devido a utilização das cores claras no piso;
- c) Redução de 25,6% do consumo de energia;
- d) Ventilação natural eficiente, tornando inexistente a utilização de ar condicionado.

10.5 Resumo dos casos

O Quadro 19 dispõe do resumo sobre os principais materiais e sistemas que contribuem para a sustentabilidade utilizados nas edificações citadas ao longo do capítulo e o Gráfico 2 sintetiza a frequência de cada iniciativa nos casos.

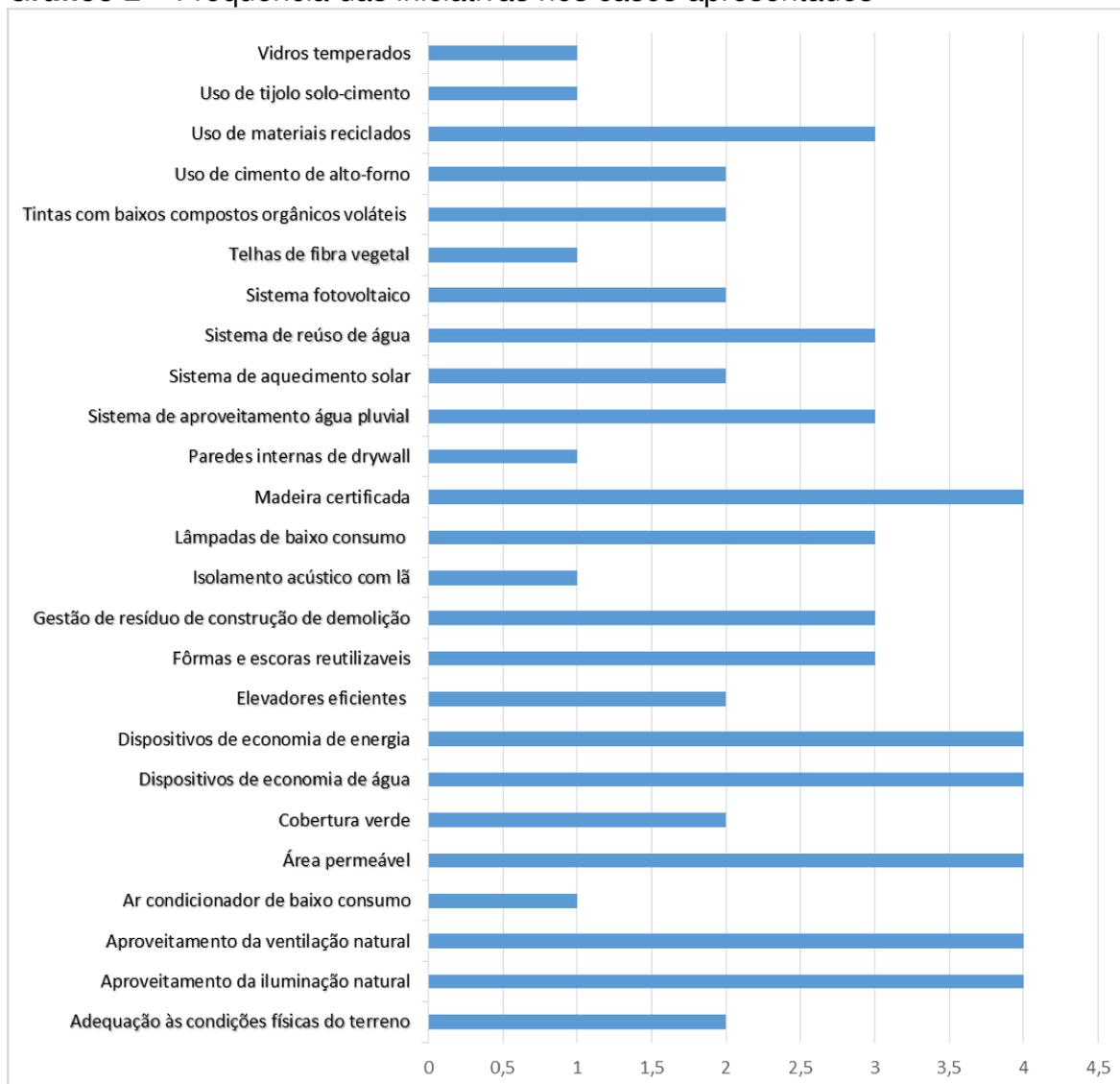
Quadro 19 – Resumo dos casos

Edificação	Certificação	Iniciativas sustentáveis
Eldorado Business Tower	LEED - CS Platina	Aproveitamento da iluminação natural
		Aproveitamento da ventilação natural
		Ar condicionado de baixo consumo
		Área permeável
		Cobertura verde
		Dispositivos de economia de água
		Dispositivos de economia de energia
		Elevadores eficientes
		Fôrmas e escoras reutilizáveis
		Gestão de resíduo de construção de demolição
		Madeira certificada
		Sistema de reuso de água
		Tintas com baixos compostos orgânicos voláteis
		Uso de materiais reciclados
		Vidros temperados
True Chácara Klabin	AQUA	Aproveitamento da iluminação natural
		Aproveitamento da ventilação natural
		Cobertura verde
		Dispositivos de economia de água
		Dispositivos de economia de energia
		Elevadores eficientes
		Fôrmas e escoras reutilizáveis
		Gestão de resíduo de construção de demolição
		Isolamento acústico com lã
		Lâmpadas de baixo consumo em áreas comuns
		Madeira certificada

Quadro 19 - Continuação

Edificação	Certificação	Iniciativas sustentáveis
True Chácara Klabin	AQUA	Paredes internas de <i>drywall</i>
		Sistema de aproveitamento água pluvial
		Sistema de aquecimento solar
		Sistema de reuso de água
		Sistema fotovoltaico
		Uso de cimento de alto-forno
Residencial Bonelli	Selo Casa Azul Caixa - Ouro	Adequação às condições físicas do terreno
		Aproveitamento da iluminação natural
		Aproveitamento da ventilação natural
		Área permeável
		Dispositivos de economia de água
		Dispositivos de economia de energia
		Fôrmas e escoras reutilizáveis
		Lâmpadas de baixo consumo em áreas comuns
		Madeira certificada
		Sistema de aproveitamento água pluvial
		Sistema de aquecimento solar
		Uso de cimento de alto-forno
		Uso de materiais reciclados
Centro de Cultura Max Feffer	LEED - NC Gold	Adequação às condições físicas do terreno
		Aproveitamento da iluminação natural
		Aproveitamento da ventilação natural
		Área verde
		Dispositivos de economia de água
		Dispositivos de economia de energia
		Gestão de resíduo de construção de demolição
		Área permeável
		Lâmpadas de baixo consumo
		Madeira de reflorestamento ou reciclada
		Sistema de aproveitamento água pluvial
		Sistema de reuso de água
		Sistema fotovoltaico
		Telhas de fibra vegetal
		Tintas com baixos compostos orgânicos voláteis
		Uso de materiais reciclados
Uso de tijolo solo-cimento		

Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, 2016.

Gráfico 2 – Frequência das iniciativas nos casos apresentados

Fonte: ELABORAÇÃO PRÓPRIA, 2016.

10.6 Considerações finais acerca dos exemplos apresentados

Inicialmente, a consideração a ser feita acerca das edificações brasileiras que utilizam materiais e sistemas que contribuem para sustentabilidade, é que o maior direcionamento das iniciativas adotadas é pautado na gestão de água e na gestão energética, possivelmente explicado não só pela preocupação com as limitações dos recursos naturais, mas também pelo retorno econômico trazido pelo investimento em mecanismos que utilizam fontes alternativas ou que estimulem o uso racional tanto da água, quanto da energia.

Nos casos estudados, pode-se observar que todos fazem uso de dispositivos de economia de água e energia, além de priorizarem o

aproveitamento da iluminação e ventilação natural, seja por uso de vidros ou por aberturas. Ainda referente a economia energética, observa-se que o uso de lâmpadas de baixo consumo é significativo, contribuindo para a gestão energética da edificação. Tais fatos podem ser explicados também por serem requisitos comuns às certificações citadas neste trabalho, ao LEED, AQUA e ao Selo Casa Azul.

Ainda em relação aos critérios comuns às três edificações citadas, pode-se observar a presença de iniciativas relacionadas ao uso de materiais que contribuem com a sustentabilidade. O uso de materiais alternativos como o tijolo-solo cimento e cimento de alto forno ainda é pouco representativo, porém o uso de materiais reciclados, geralmente provenientes da própria obra, resultados da gestão dos resíduos da construção e demolição, é observado com frequência nos casos estudados. O uso de madeiras de reflorestamento e certificadas bem como o uso de fôrmas e escoras reutilizáveis são observados em todas as certificações apresentadas.

As iniciativas referentes ao estímulo de áreas verdes, bem como a presença de áreas permeáveis e ainda, o sistema de reuso de água ou sistema de aproveitamento de água pluvial para a irrigação das mesmas são observados em todos os casos. As coberturas verdes são utilizadas apenas no Eldorado Business Tower e no True Chácara Klabin e o uso de telhas de fibras, material proveniente de árvores de rápido replantio é observado no Centro de Cultura Max Feffer.

Desta forma, pode-se concluir que a aplicação de boas práticas na construção civil vem sendo disseminadas e aumentando ao longo dos anos, sendo notória, principalmente no que se refere ao gerenciamento de recursos naturais. O uso de materiais alternativos ainda é pouco difundido, em contrapartida os sistemas de aproveitamento de água, assim como os sistemas de aproveitamento de energia solar vêm sendo usados com frequência, pois além de proporcionarem o consumo consciente, são alternativas de diminuição de custos ao longo dos anos. Nota-se o incentivo à gestão de RCD e ao uso desses resíduos na própria obra.

11 CONCLUSÃO

Ao longo de toda a pesquisa foi evidenciado que o setor da construção civil é responsável por uma considerável parte da degradação ambiental do planeta Terra, especialmente devido ao massivo uso de recursos naturais e energéticos assim como pela emissão de poluentes.

A preocupação com as questões ambientais é notada desde os primórdios da sociedade e vêm sendo evidenciada ao longo dos anos, através de incentivos, como por exemplo, por meio de leis, acordos mundiais e certificações. Neste trabalho foi possível identificar as principais características dos materiais e sistemas capazes de proporcionar melhorias significativas no que se refere a sustentabilidade.

As atividades que proporcionam o desenvolvimento sustentável vêm ganhando ênfase na construção civil, tanto pela necessidade do uso racional dos recursos, quanto pelo incentivo ao às boas práticas no setor. Outro fator decisivo para o incentivo dessas atividades é que materiais ou sistemas alternativos muitas vezes podem significar redução dos custos para a edificação, seja na fase construtiva ou no seu uso propriamente dito.

Atualmente as certificações ambientais são instrumentos essenciais para a difusão de práticas que envolvam a sustentabilidade, pois incentivam o uso de materiais e sistemas que causem menor impacto ambiental. Um empreendimento certificado, além de proporcionar uma melhor imagem para a empresa é capaz de proporcionar menor custo à obra, devido além dos fatores já citados, ao gerenciamento adequado do projeto. Ainda acerca das certificações, pode-se destacar a sua importância para a dimensão social, pois todas as citadas neste trabalho de alguma forma estimulam a promoção de boas práticas sociais.

O uso de materiais de construção alternativos implica na justificativa da sua escolha, ou seja, a sua utilização deve causar menor impacto em relação aos materiais convencionais que juntamente com sistemas não convencionais, devem tornar as edificações cada vez mais ecoeficientes e ambientalmente corretas.

Apesar da crescente difusão e incentivo ao uso dessas alternativas, pode-se dizer que suas utilizações ainda são tímidas, devido à falta de

conhecimento e ao receio à aplicação das novas metodologias, tendência condizente à dificuldade do levantamento de edificações que adotam essas boas práticas, abordadas no Capítulo 10. O uso desses materiais e sistemas ainda são boa parte relacionados apenas à obtenção de uma certificação. Para reverter esse cenário e promover o desenvolvimento sustentável nas edificações, faz-se necessário o seu incentivo massivo, principalmente do setor público.

O estudo sobre os materiais e sistemas sustentáveis foi de extrema importância para a verificação dos parâmetros de seleção dos mesmos, pois a sua eficiência na questão sustentável está ligada tanto à sua fase de produção quanto ao contexto o qual será inserido, ou seja, é analisado o seu desempenho ao longo do seu ciclo de vida.

Para trabalhos futuros, pode ser sugerida uma análise comparativa entre a viabilidade econômica de cada material ou sistema, assim como sua aplicabilidade em obras de baixo custo para a população de baixa renda.

REFERÊNCIAS

- ABCP. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. 7.ed. São Paulo, 2002. 28p.
- ABNT **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.
- ABNT. **NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural. Rio de Janeiro, 2004.
- ABNT. **NBR 15527**: Água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.
- ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo: Grappa Editora e Comunicação, 2014.
- ALBUQUERQUE, Rayse Thaynare Oliveira; LIMA, Nelson Luiz de Andrade. Adições minerais ao concreto: melhores propriedades, maior economia e mais sustentabilidade. **Revista Interdisciplinar da Universidade Veiga de Almeida**, Rio de Janeiro, p.57-59, jul. 2014. Disponível em: <[http://ojs.uva.br/index.php?journal=revistaaquila&page=article&op=download&path; \[\]=191&path; \[\]=144](http://ojs.uva.br/index.php?journal=revistaaquila&page=article&op=download&path; []=191&path; []=144)>. Acesso em: 06 nov. 2016.
- ALMEIDA, Fernando. **O bom negócio da sustentabilidade**. [s. l]: Nova Fronteira, 2002.
- AMBROZEWICZ, Paulo Henrique Laporte. **Materiais de construção: Normas, especificações, aplicações e ensaios de laboratório**. São Paulo: Pini, 2012.
- ANA. **Abastecimento urbano de água**. Brasília: Engecorps/Cobrape, 2010.
- ANA. **Conservação e reuso da água em edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.
- ANEEL. **Atlas de energia elétrica no Brasil**. 2. ed. Brasília, 2005.
- ANGULO, S. C.; ZORDAN, S. E.; JOHM, V.M. **Materiais reciclados e suas aplicações**. IV Seminário: Desenvolvimento Sustentável e a Reciclagem na Construção civil. IBRACON-Instituto Brasileiro do Concreto. Comitê Técnico CT 206-Meio Ambiente. Anais. Pp 43-56, São Paulo-SP, 2001.
- ARAÚJO, M. A. **A moderna construção sustentável**. Disponível em:<<http://www.idhea.com.br/pdf/artigos1.asp>> Acesso em: 12 de jul. de 2016.
- ASBEA. **Guia sustentabilidade na arquitetura: Diretrizes de escopo para projetistas e contratantes**. São Paulo: Prata Design, 2012.

BARBOSA, M. T. *et al.* **Concreto Ecológico**. Universidade Federal de Juiz de Fora/UFJF. 18º Concurso Falcão Bauer. 2011.

BONA, Berenice de Oliveira. **Aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis em edificação multifamiliar na cidade de Carazinho (RS)**. 2014. 34 f. TCC - Curso de Curso de Especialização em Eficiência Energética Aplicada Aos Processos Produtivos, Universidade Federal de Santa Maria, Panambi, 2014.

BRASIL. **Resolução Nº 307, de 5 de julho de 2002**. Brasília, 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/36_09102008030504.pdf>. Acesso em: 20 out. 2016.

BRASIL. **Lei Nº 10.257, de 10 de Julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, 10 jul. 2001. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 20 set. 2016.

BRASIL. **Lei Nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Brasília, 5 jan. 2007. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Lei/L11445.htm>. Acesso em: 20 set. 2016.

BRASIL. **Lei Nº 12.305, de 2 de Agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2 ago. 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 20 set. 2016.

BRASIL. **Lei Nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, 31 ago. 1981. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm>. Acesso em: 15 set. 2016.

BRASIL. **Lei Nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 8 ago. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 15 set. 2016.

BRASIL. **Lei Nº 9.605, de 12 de Fevereiro de 1998**. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, 12 fev. 1998. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9605.htm>. Acesso em: 15 set. 2016

BRASIL. **Lei no 9.985, de 18 de Julho de 2000.** Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, 18 jul. 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9985.htm>. Acesso em: 20 set. 2016.

BRASIL. **Portaria MS Nº 2914 de 12 de Dezembro de 2011.** Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. Brasília, 12 dez. 2011.

CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra; MOREIRA, Kelya Maria de Vasconcelos. **Manual sobre os Resíduos Sólidos da Construção Civil.** Fortaleza: Expressão Gráfica, 2011.

CARSON, Rachel. **Primavera silenciosa.** 2. ed. [s. l]: Pórtico, 1962.

CBCS. **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas:** Subsídios para a promoção da Construção Civil Sustentável. [s.l]: Capitular Design Editorial, 2014.

CBCS. **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas.** [s. l]: Capitular Design, 2014.

CBCS. **Condutas de Sustentabilidade no Setor Imobiliário Residencial.** [S. l]: Brother Cast Comunicação, 2009.

CEF. **Selo Casa Azul. 2016.** Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/sustentabilidade/produtos-servicos/selo-casa-azul/Paginas/default.aspx>>. Acesso em: 19 nov. 2016.

CEF. **Selo Casa Azul:** Boas práticas para habitação mais sustentável. Brasília: Páginas & Letras, 2010.

CENTRO MAX FEFFER. **Arquitetura Verde.** 2016 Disponível em: <<http://www.centromaxfeffer.com.br/arquitetura-verde.php>>. Acesso em: 22 nov. 2016.

CEPINHA, Eloísa; SANTOS, Sofia. **Implementação de um sistema de avaliação de desempenho ambiental da construção – LEED.** Research, Lisboa, v. 2, p.3-23, jan. 2009. Disponível em: <<http://www.sustentare.pt/pdf/Research2 - LEED-sistema-de-avaliacao.pdf>>. Acesso em: 17 out. 2016.

CIMGC. **Contribuição do projeto “Uso da escória de alto-forno na produção de cimento na Cimento Mizu” para o desenvolvimento sustentável.** [s. l], 2003.

CMMAD (Brasil). **Nosso Futuro comum.** 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1987

COLTRI, Gustavo. Comum no aspecto, sustentável na essência. **Folha de São Paulo**. São Paulo, p. 2-2. 18 maio 2013. Disponível em: <<http://sites.unisanta.br/hemeroteca/arquivos/a540.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2016.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. **Agenda 21**. Rio de Janeiro: Câmara dos Deputados, 1995. Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento: d. **Declaração do rio sobre meio ambiente e desenvolvimento**. Rio de Janeiro, 1992.

CORAL, Eliza. **Modelo de planejamento estratégico para a sustentabilidade empresarial**. 2002. 275 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/82705/189235.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 07 set. 2016.

CORRÊA, Lásaro Roberto. **Sustentabilidade na construção civil** 2009. 70 f. Monografias (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <[http://www.especializacaocivil.demc.ufmg.br/trabalhos/pg1/Sustentabilidade na Construção Civil.pdf](http://www.especializacaocivil.demc.ufmg.br/trabalhos/pg1/Sustentabilidade%20na%20Construcao%20Civil.pdf)>. Acesso em: 05 jul. 2016.

ELKINGTON, John. **Canibais com garfo e faca: o Livro Conceito - Triple Bottom Line - Profit - Planet - People**. [s. l]: Pearson, 1999.

FAPESP. **Um futuro com energia sustentável: iluminando o caminho**. São Paulo: Fabracor, 2007.

FERRAZ A. L. N., SEGANTINI A. A. S.. **Engenharia Sustentável: Aproveitamento de resíduos de construção na composição de tijolos de solo-cimento**. In Proceedings of the 5th Encontro de Energia no Meio Rural. Campina, SP, 2004.

FRAGA, Marcel Faria. **Panorama da geração de resíduos da construção civil em belo horizonte: medidas de minimização com base em projeto e planejamento de obras**. 2006. 89 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006. Disponível em: < http://www.lumeambiental.com.br/pos_marcel.pdf |>. Acesso em: 20 nov. 2016.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Edifícios Habitacionais**. São Paulo: Fundação Vanzolini, 2013.

FUNDAÇÃO VANZOLINI. **Indicadores**. Disponível em: <<http://vanzolini.org.br/aqua/indicadores/>>. Acesso em: 19 nov. 2016.

GALDINO XAVIER, Alvino ; FREIRE, Sheila Azevedo ; PEREIRA XAVIER, Maria Angela . **Uso de solo-cimento com tijolo Mattone em construções de estabelecimentos assistenciais de saúde**. In: VI Simpósio de Engenharia

Ambiental de Espírito Santo e I Simpósio de Construção Civil e Urbanismo do Espírito Santo, 2011, Vitória. VI Simpósio de Engenharia Ambiental do Espírito Santo e I Simpósio de Construção Civil e Urbanismo do Espírito Santo, 2011. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/9885622-Uso-do-solo-cimento-com-tijolo-mattone-em-construcoes-de-estabelecimentos-assistenciais-de-saude.html>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

GBC BRASIL. **Gráfico do crescimento no Brasil**. 2014. Disponível em: <<http://gbcbrasil.org.br/graficos-empreendimentos.php>>. Acesso em: 19 nov. 2016.

GBC BRASIL. **Sobre o certificado**. 2014. Disponível em: <<http://gbcbrasil.org.br/sobre-certificado.php>>. Acesso em: 19 nov. 2016.

HAGEMANN, S. E. **Materiais de Construção Básicos**. Ministério da Educação. Brasil. 2011.

JURAS, Ilidia da A. G. Martins. **Rio +10: O plano de ação de Joanesburgo**. [s. l]: Consultoria Legislativa, 2002.

LAGO, André Aranha Correa do. **Estocolmo, Rio, Joanesburgo: O Brasil e as três conferências**. São Luís: Instituto Rio Branco, 2006.

LE PRESTRE, P. G. **Ecopolítica internacional**. 2 ed. São Paulo: Senac – SP, 2005.

LEAL, Georla Cristina Souza de Gois; FARIAS, Maria Sallydelandia Sobral de; ARAUJO, Aline de Farias. O processo de industrialização e seus impactos no meio ambiente urbano. **Qualitas Revista Eletrônica**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p.1-11, jan. 2008. Disponível em: <<http://www.ceap.br/material/MAT2004201302831.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2016.

LEITE, Vinicius Fares. **Certificação ambiental na construção civil – Sistemas Leed e Aqua**. 2011. 59 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2011. Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg2/76.pdf>>. Acesso em: 22 nov. 2016.

LIMA, Patrícia Helen. **Projeto sustentável: Exigência para o século XXI: Percepção do projeto sustentável na produção imobiliária atual**. 2009. 241 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16138/tde-27042010-100121/publico/Dissertacao_ProjetoSustentavel.pdf> Dissertação Projeto Sustentável.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2016.

MARANHÃO (Estado). **Lei Nº 5.405 de 08 de Abril de 1992**. Institui o Código de Proteção de Meio Ambiente e dispõe sobre o Sistema Estadual de Meio Ambiente e o uso adequado dos recursos naturais do Estado do Maranhão. São

Luís. 8 ABR. 1992. Disponível em: <<http://www.stc.ma.gov.br/legisla-documento/?id=1823>>. Acesso em: 01 nov. 2016.

MEDEIROS, Virgilio Almeida; NARDI, Vivianne. **Casa sustentável**. Minas Gerais: Viveiros, 2011.

MINÉ FILHO, Ary. **Caminhos para a sustentabilidade empresarial em incorporadoras e construtoras**. [s. l]: Centro de Treinamento em Engenharia, 2013. Color. Disponível em: <https://commondatastorage.googleapis.com/eventoscte/uploads/talk/slides/22/02___Ary_Filhov2.pdf 19:24>. Acesso em: 19 nov. 2016.

MOTA, Jose Aroudo et al. TRAJETÓRIA DA GOVERNANÇA AMBIENTAL. In: BRASIL. IPEA. **Boletim Regional, Urbano e Ambiental**. Brasília. 2008. p. 11-20.

MOTTA, Mara Luísa Alvim. **SELO CASA AZUL CAIXA Seminário Construções Sustentáveis**. [s. l]: Imagem, 2011. Color.

NASCIMENTO, Otávio Luiz do. **Alvenarias**. 2. ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Siderurgia, 2004. Disponível em: <<https://edificacoes.files.wordpress.com/2009/12/5-mat-alvenaria-ii.pdf>>. Acesso em: 18 out. 2016.

OLIVEIRA, Leandro Dias de. Os “Limites do crescimento” 40 ANOS DEPOIS: Das “Profecias do Apocalipse Ambiental” ao “Futuro Comum Ecologicamente Sustentável”. **Revista Continentes**, Rio de Janeiro, p.56-71, jul. 2012. Disponível em: <<http://r1.ufrj.br/revistaconti/pdfs/1/ART4.pdf>>. Acesso em: 27 out. 2016.

OLIVEIRA, Talita Yasmin Mesquita de. **Estudo sobre materiais de construção alternativos que otimizam a sustentabilidade em edificações**. 2015. 99 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://monografias.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10014837.pdf>>. Acesso em: 23 ago. 2016.

ONU. **A ONU e o meio ambiente**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/acao/meio-ambiente/>>. Acesso em: 26 ago. 2016.

PACHECO, Fabiana. Energias Renováveis: breves conceitos. **Conjuntura e Planejamento**, Salvador, p.4-11, out. 2006. Disponível em: <http://ieham.org/html/docs/Conceitos_Energias_renovaveis.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE. **Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano**. Estocolmo, 1972.

PISANI, M. A. J. **Um material de construção de baixo impacto ambiental: o tijolo de solo-cimento**. In: SINERGIA. v.6. n.1. 2005. São Paulo, 2005. 53-59p. Disponível

em:<http://www2.ifsp.edu.br/edu/prp/sinergia/complemento/sinergia_2005_n1/pdf_s/segmentos/artigo_07_v6_n1.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2016.

RODRIGUES, Raquel dos Santos. **As dimensões legais e institucionais do reúso de água no Brasil: proposta de regulamentação do reúso no Brasil**. 2005. 192 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Hidráulica e Sanitária, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/.../3/.../dissertacao_raquelrodrigues_regulamentacaoreuso.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2016.

ROSSA JUNIOR, José. **Utilização de escória de alto forno como adição em argamassa colante tipo AC-I**. 2009. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná., Curitiba, 2009. Disponível em: <<http://www.pipe.ufpr.br/portal/defesas/dissertacao/162.pdf>>. Acesso em: 3 nov. 2016.

SANTOS, Leidiane Santana. **Aproveitamento de água pluvial: Conceitos e informações gerais**. Minas Gerais: Feam, 2016.

SÃO LUÍS (Município). **Lei Municipal N° 4.872 de 21 de Novembro de 2007**. Dispõe sobre a instalação e o funcionamento da secretaria municipal de meio ambiente- SEMMAM e dá outras providências. São Luís, 21 nov. 2007.

SEBRAE. **Certificação ambiental**. Cuiabá: Instituto Envolver de, 2015.

SEBRAE. **Como montar uma fábrica de tijolos ecológicos**. [s. l]: Staff Art Marketing e Comunicação Ltda., [2013].

SERRÃO, Monica; ALMEIDA, Aline; CARESTIATO, Andréa. **Sustentabilidade - Uma Questão de Todos Nós**. Rio de Janeiro: Senac Nacional, 2012.

SILVA, Flavia Martins da; LACERDA, Paulo Sérgio Berço de; JONES JUNIOR, Joel. **Desenvolvimento sustentável e química verde**. Química Nova, Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p.103-110, set. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v28n1/23046.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2016.

SILVA, Neusiane da Costa. **Telhado verde: Sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental**. 2011. 63 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2011. Disponível em: <<http://pos.demc.ufmg.br/novocecc/trabalhos/pg2/73.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2016.

SOUZA, Rogério Frade da Silva. **Breve histórico da questão ambiental**. São Luís: Universidade Estadual do Maranhão, 2015. Color.

TOMAZ, 2008. **Cobertura Verde**. 2008. In: Curso de manuseio de águas pluviais. Capítulo 51.

USGBC. **EED BD+C: New Construction v2 - LEED 2.2:** Centro de Cultura Max Feffer. Disponível em: < <http://www.usgbc.org/projects/centro-de-cultura-max-feffe>>. Acesso em: 27 nov. 2016.

USGBC. **LEED BD+C: Core and Shell v2 - LEED 2.0:** Eldorado Business Tower. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/search/eldorado>>. Acesso em: 27 nov. 2016.

WCSD. **History.** Disponível em: <<http://www.wbcd.org/Clusters/Sustainable-Lifestyles/History>>. Acesso em: 27 nov. 2016.