

TÉCNICAS CONSTRUTIVAS E PROCEDIMENTOS
SUSTENTÁVEIS – ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIO NA CIDADE DE
SÃO PAULO

**FÁBIO MASSAHARU FURUKAWA
BRUNO BRANCO DE CARVALHO**

**TÉCNICAS CONSTRUTIVAS E PROCEDIMENTOS
SUSTENTÁVEIS – ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIO NA CIDADE DE
SÃO PAULO**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Enos Arneiro Nogueira da Silva

Guaratinguetá-SP
2011

C331 Carvalho, Bruno Branco de
t Técnicas construtivas e procedimentos sustentáveis – estudo de
caso: edifício na cidade de São Paulo / Bruno Branco de Carvalho, Fábio
Massaharu Furukawa – Guaratinguetá : [s.n], 2011.
120 f. : il.
Bibliografia : f. 106

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade
Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2011.
Orientador: Prof. Dr. Enos Arneiro Nogueira da Silva

1. Construção civil – Edifícios sustentáveis I. Furukawa,
Fabio Massaharu II. Título

CDU 69:504

**TÉCNICAS CONSTRUTIVAS E PROCEDIMENTOS SUSTENTÁVEIS
ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIO NA CIDADE DE SÃO PAULO**

**FÁBIO MASSAHARU FURUKAWA
BRUNO BRANCO DE CARVALHO**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL


Prof. Dr. SILVIO JORGE COELHO SIMÕES

Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. ENOS ARNEIRO NOGUEIRA DA SILVA

Orientador / UNESP-FEG


Prof. Dr. WELLINGTON CYRO DE A. LEITE

UNESP-FEG

Prof. Dra. GRASIELE AUGUSTA F. NASCIMENTO

UNESP-FEG

Novembro de 2011

DEDICATÓRIAS

Dedico este trabalho à minha família, especialmente aos meus pais, como forma de agradecimento por tudo que fizeram por mim, pois sem eles não teria chegado até aqui.

Fábio Massaharu Furukawa

Aos meus pais e minha irmã, pessoas que representam tudo para mim, e, são responsáveis por tudo que eu sou.

Bruno Branco de Carvalho

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a *Deus* pela minha vida, minha saúde, minha família e meus amigos.

Aos meus pais *Cláudio* e *Lueli*, que sempre me incentivaram e me apoiaram em meus estudos, pois sem eles nada disto seria possível.

Ao meu irmão, *Rogério* que sempre estava do meu lado disposto a me ajudar, principalmente nos momentos de dificuldades.

Ao meu orientador, *Prof. Dr. Enos Arneiro Nogueira da Silva* que me incentivou e me deu conselhos para elaboração e conclusão deste estudo.

A minha namorada, *Karina* que dedicou todo seu amor e carinho nestes anos de faculdade.

Ao meu amigo e companheiro de turma, *Bruno Branco de Carvalho*, que me ajudou na elaboração deste trabalho.

A todos os meus amigos, principalmente os da República Coidiloco, que sempre me apoiaram e me deram forças durante estes anos de graduação.

Fábio Massaharu Furukawa

Primeiramente, à minha família, por ter me dado uma base sólida e a educação necessária para eu conseguir alcançar meus objetivos, e, também, sempre me deram apoio e força quando eu precisei,

Ao meu amigo e companheiro de trabalho de conclusão do curso, ***Fábio Massaharu Furukawa***, que contribui muito para a realização do nosso trabalho e, sempre procurou me ajudar,

Ao meu Orientador, o ***Prof. Dr. Enos Arneiro Nogueira***, que além de incentivar, colaborou de todas as formas possíveis para a conclusão desse trabalho.

E, finalmente, aos meus amigos, que muitos mesmo estando distantes, sempre me deram apoio nos momento difíceis.

Bruno Branco de Carvalho

“Você deve ser a mudança que deseja ver no mundo”

Mahatma Gandhi

FURUKAWA, F. M. / CARVALHO, B. B. **Técnicas construtivas e procedimentos sustentáveis – estudo de caso: edifício na cidade de São Paulo**. 2011. 109f. Monografia de Graduação em Engenharia Civil – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

RESUMO

Os problemas ambientais originados pela atividade da construção civil vêm sendo bastante discutidos no Brasil, país que tem começado a incorporar técnicas construtivas e ecomateriais em seus empreendimentos. Baseado nestes fatos, este trabalho focou-se em abordar as principais características de um projeto de edificação sustentável. Dentre eles estão o uso racional da água, a eficiência energética nas edificações, a gestão de um canteiro de obras de baixo impacto ambiental e o reuso de materiais e elementos de construção.

Este trabalho visa realizar, após apresentação das principais características de um projeto de edificação sustentável, um estudo de caso sobre a implantação da certificação ambiental LEED nível Gold em uma construção de grande porte, localizada em São Paulo – SP, Brasil.

Deseja-se, com isto, produzir um documento de pesquisa mais aprofundados sobre o tema edificações sustentáveis.

PALAVRAS-CHAVE: Sustentabilidade, Construção Sustentável, Eficiência Energética, Reuso de Materiais de Construção, Gestão Sustentável da Água.

FURUKAWA, F. M. / CARVALHO, B. B. **Sustainable construction techniques and procedures – case study: building in the city of São Paulo.** 2011. 109f. Monograph of Graduation in Civil Engineering – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2011.

ABSTRACT

The environmental problems generated by construction activity have been widely discussed in Brazil, which has begun to incorporate sustainable building techniques in your ventures. Based on these facts, this work focused on addressing the main characteristics of a sustainable building project. Among them are water conservation, energy efficiency in buildings, managing a construction site with little environmental impact and reuse of materials and construction elements.

This work, after the presentation of the main characteristics of a sustainable building project, shows a case study about the implementation of environmental certification LEED Gold level in a large building, located in São Paulo - SP, Brazil.

With that, we want to produce a research document about the topic of sustainable buildings.

KEY-WORDS: Sustainability, Sustainable Construction, Energy Efficiency, Building Materials Reuse, Management Sustainable of Water.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – O Tripé da Sustentabilidade.....	10
FIGURA 02 – Distribuição da água no Planeta Terra.....	14
FIGURA 03 – Sistema de águas recicladas para fins não potáveis.....	17
FIGURA 04 – Sistema residencial de captação de águas da chuva.....	19
FIGURA 05 – Esquema típico do vidro duplo termo acústico.....	24
FIGURA 06 – Detalhamento arquitetônico do sistema de cobertura verde plana.....	27
FIGURA 07 – Detalhamento arquitetônico do sistema de cobertura verde inclinada.....	27
FIGURA 08 – Esquema típico de um sistema de aquecimento solar de água por acumulação.....	30
FIGURA 09 – Turbina eólica de eixo vertical.....	34
FIGURA 10 – Turbina eólica de eixo horizontal.....	34
FIGURA 11 – Circulação de ar no interior das edificações.....	38
FIGURA 12 – Tipos de tijolos de solo-cimento e suas especificações.....	41
FIGURA 13 – Modos de utilização dos tijolos ecológicos.....	42
FIGURA 14 – Cimento ecológico.....	43
FIGURA 15 – Tubo PPR PN12 utilizado para instalações de água fria.....	44
FIGURA 16 – Torneira com sensor automático.....	45
FIGURA 17 – Bacia com descarga dupla.....	46
FIGURA 18 – Lâmpada Led Mine 3022.....	46
FIGURA 19 – Tintas de terra.....	47
FIGURA 20 – Uso do piso de bambu na construção de uma edificação localizada em São Paulo – SP, Brasil.....	48
FIGURA 21 – Uso da madeira plástica na construção de um deck em uma edificação.....	49
FIGURA 22 – Telhas ecológicas.....	50
FIGURA 23 – Principais etapas do projeto de gerenciamento de resíduos.....	52
FIGURA 24 – Construção localizada em Tewkesbury, Reino Unido, onde foram empregados tijolos reaproveitados.....	65

FIGURA 25 – Estacas de madeiras inspecionadas e consideradas em ótimas condições para o reuso.....	66
FIGURA 26 – Canos de aço reaproveitados pela empresa Greenpiles como estacas de fundações.....	69
FIGURA 27 – Brita derivada do processo de reciclagem do concreto, com diâmetro inferior a 39 mm.....	71
FIGURA 28 – Tabela de códigos de identificação de plásticos.....	74
FIGURA 29 – Modelo de telhas recicladas fabricadas em placas de tamanho reduzido.....	76
FIGURA 30 – Selo do Programa de Liderança em Projeto de Energia e Ambiental (LEED).....	82
FIGURA 31 – Diferentes níveis da certificação LEED de acordo com o desempenho do empreendimento.....	84
FIGURA 32 – Níveis de classificação de eficiência energética para edificações.....	85
FIGURA 33 – Selo do <i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i> (BREEAM).....	86
FIGURA 34 – Selo de Certificação do Processo de Alta Qualidade Ambiental (AQUA).....	88
FIGURA 35 – Sobra do concreto utilizado nos taludes da obra para minimizar os riscos de erosão.....	90
FIGURA 36 – Utilização da sobra do concreto para viabilização dos acessos dentro do canteiro de obras.....	91
FIGURA 37 – Proteção para as bocas de lobo do entorno da obra.....	92
FIGURA 38 – Portão de acesso de veículos da obra.....	92
FIGURA 39 – Execução da lavagem das rodas do caminhão betoneira na saída do mesmo da obra.....	93
FIGURA 40 – Caixa de decantação localizado ao lado da pista de acesso de veículos da obra.....	93
FIGURA 41 – Higienização das ruas e calçadas do entorno da obra.....	94
FIGURA 42 – Armazenamento preventivo do aço no canteiro de obras, conforme estabelecido pelos procedimentos de certificação LEED Gold.....	95
FIGURA 43 – Imagens da entrada da central de produtos químicos e armazenamento adequado dos tambores, respectivamente.....	96

FIGURA 44 – Utilização de bacias de contenção para evitar a contaminação do solo com a tinta.....	96
FIGURA 45 – Lona plástica pequena utilizada pelo colaborador durante atividade de pintura da cerca de madeira.....	97
FIGURA 46 – Controle tecnológico da obra fazendo a retirada do material do caminhão betoneira para posterior produção do corpo de prova.....	98
FIGURA 47 – Local de produção e armazenamento dos corpos de prova de concreto.....	98
FIGURA 48 – Corpos de prova armazenados e protegidos por lona plástica contra a chuva e outras intempéries.....	99
FIGURA 49 – Utilização de bacias de contenção na parte inferior do maquinário da obra.....	99
FIGURA 50 – “Kit” mitigação localizado na parte frontal do canteiro de obras.....	101
FIGURA 51 – Serragem utilizada para o “Kit” mitigação oriunda das atividades de carpintaria da construção.....	101
FIGURA 52 – “Kit” mitigação localizado nas frentes de serviço da construção.....	102
FIGURA 53 – Coletores de resíduos localizados na frente do canteiro de obras.....	103
FIGURA 54 – Coletores localizados na frente de serviço da construção.....	104
FIGURA 55 – Informativo sobre coleta seletiva e conscientização dos colaboradores, localizado na parede do escritório central da obra.....	104
FIGURA 56 – Locais para acondicionamento temporário dos resíduos provenientes da construção do empreendimento, localizados na parte lateral do canteiro de obras.....	105
FIGURA 57 – Transporte dos resíduos de madeira e aço oriundos da execução do empreendimento.....	105
FIGURA 58 – Transporte dos resíduos de plástico (sacos vermelhos) e papel/papelão (sacos azuis) oriundos da execução do empreendimento.....	106
FIGURA 59 - Treinamento semanal de qualidade, segurança e meio ambiente (TSQSMA) realizado no dia 15/06/2011.....	107
FIGURA 60 – Baias para segregação dos resíduos de madeira.....	108
FIGURA 61 – Baias para segregação dos resíduos de metais.....	108

FIGURA 62 – Escala <i>Ringelmann</i> reduzida.....	109
FIGURA 63 – Monitoramento do índice de fumaça emitido pelo caminhão pipa.....	110
FIGURA 64 – Cone de IMHOFF.....	112
FIGURA 65 – Ensaio do cone IMHOFF realizada no canteiro de obras do empreendimento.....	113

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Classificação dos resíduos oriundos da construção civil.....	54
TABELA 2 – Geração de resíduos por etapa de uma construção do tipo residencial.....	55
TABELA 3 – Critérios de Avaliação do LEED.....	83

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- WBCSD** - *World Business Council Sustainable Development*
- IPCC** - *Intergovernmental Panel on Climate Change*
- TBL** - Triple Bottom Line
- SABESP** - Saneamento Básico do Estado de São Paulo
- OMS** - Organização Mundial de Saúde
- ETE** - Estação de Tratamento de Esgoto
- PROCEL** - Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
- SHGC** - Coeficiente de Ganhos Térmicos Solares
- ABRAVA** - Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação e Equipamento
- CBCS** - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável
- BTC** - Bloco de Terra Comprimida
- PEAD** - Polietileno de Alta Densidade
- PPR** - Polipropileno Copolímero Random
- PRODESP** - Processamento de Dados do Estado de São Paulo
- ATT** - Áreas de Triagem e Transbordo
- CTR** - Controle de Transporte de Resíduos
- PCCRS** - Produtos de Construção com Conteúdo Reciclado
- PVC** - Cloreto de Polivinila
- LEED** - *Leadership in Energy and Environmental Design*
- BREEAM** - *BRE Environmental Assessment Method*
- HQE** - *Haute Qualité Environnementale*
- AQUA** - Alta Qualidade Ambiental
- GBC** - *Green Building Challenge*
- LabEEE** - Laboratório de Eficiência em Edificações
- Cepel** - Centro de Pesquisa de Energia Elétrica
- Confea** - Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia
- CEF** - Caixa Econômica Federal
- IAB** - Instituto de Arquitetos do Brasil
- SMO** - *Système de Management de l'Opération*

QEB - *Qualité Environnementale du Bâtiment*

TSQSMA - Treinamento Semanal de Qualidade, Segurança e Meio Ambiente

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	4
1.1. APRESENTAÇÃO	4
1.2. OBJETIVO	5
1.3. METODOLOGIA.....	5
2. SUSTENTABILIDADE	5
2.1. DEFINIÇÃO DE SUSTENTABILIDADE	6
2.2. A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL NO BRASIL	6
2.3. A INFLUÊNCIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO MEIO-AMBIENTE	7
2.4. CONCEITOS IMPORTANTES SOBRE SUSTENTABILIDADE	7
2.4.1. Principais características das construções sustentáveis.....	7
2.4.2. Desenvolvimento sustentável.....	8
2.4.3. O Tripé da sustentabilidade.....	8
2.4.4. Sustentabilidade na pós-ocupação.....	10
3. GESTÃO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA.....	10
3.1. HISTÓRICO DA GESTÃO DA ÁGUA	10
3.2. A IMPORTÂNCIA DA ÁGUA.....	12
3.3. A ESCASSEZ DA ÁGUA	13
3.4. ESTRATÉGIAS PARA REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA NO BRASIL.....	14
3.5. REUSO DE ÁGUAS CINZAS E NEGRAS.....	15
3.6. REUSO DAS ÁGUAS DA CHUVA.....	16
4. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS EDIFICAÇÕES	18
4.1. HISTÓRICO DA GESTÃO DE ENERGIA NO BRASIL	18
4.2. DEFINIÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	19
4.3. ALTERNATIVAS PARA ALCANÇAR A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS EDIFICAÇÕES	20
4.3.1 Uso eficiente de janelas e vidros	20
4.3.1.1. Características de análise para aplicação eficiente do vidro	21
4.3.2. Cobertura verde	23
4.3.3. O aquecimento de água pelo Sol	25
4.3.3.1. O sistema de aquecimento de água pelo sol: características, classificação e indicação.....	25
4.3.3.2. O sistema de aquecimento solar de água por acumulação	26
4.3.4. Energia fotovoltaica	28
4.3.5. Energia eólica.....	29
4.3.6. Ventilação.....	31
4.3.6.1. Características da ventilação	32
4.3.6.2. Tipos de ventilação.....	32
4.3.6.3. Processo de ventilação	33

5. MATERIAIS DE BAIXO IMPACTO AMBIENTAL	35
5.1. CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE MATERIAIS SUSTENTÁVEIS	35
5.2. DIFICULDADES ENCONTRADAS NO EMPREGO DE MATERIAIS DE BAIXO IMPACTO AMBIENTAL.....	35
5.3. MATERIAIS DE BAIXO IMPACTO AMBIENTAL UTILIZADO EM EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS	36
5.3.1. Tijolo ecológico.....	36
5.3.2. Cimento ecológico.....	38
5.3.3. Tubulações PEAD e PPR	39
5.3.4. Torneiras automáticas	40
5.3.5. Bacia com descarga dupla.....	40
5.3.6. Lâmpadas de LED.....	41
5.3.7. Tintas de terra.....	42
5.3.8. Piso de bambu	43
5.3.9. Madeira plástica	44
5.3.10. Telhas ecológicas	45
6. GESTÃO DO CANTEIRO DE OBRAS DE BAIXO IMPACTO AMBIENTAL	46
6.1. ETAPAS DA GESTÃO DOS RESÍDUOS NO CANTEIRO DE OBRAS.....	47
6.1.1. Projeto	48
6.1.2. Caracterização dos resíduos	48
6.1.3. Triagem	50
6.1.4. Acondicionamento dos resíduos.....	51
6.1.5. Transporte interno/externo dos resíduos	51
6.1.6. Destinação dos resíduos	51
7. REÚSO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO.....	52
7.1. HISTÓRICO	52
7.1.1. Reuso de materiais <i>in loco</i>	53
7.2. CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS DE REUSO	54
7.3 PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO COM CONTEÚDO RECICLADO (PCCRS).....	55
7.4. UTILIZANDO PRODUTOS E MATERIAIS REAPROVEITADOS	55
7.5. OPORTUNIDADES PARA REUSO E RECICLAGEM DE MATERIAIS	57
7.6. PRINCIPAIS MATERIAIS RECICLADOS UTILIZADOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	57
7.6.1. Detritos de solo e escavação.....	57
7.6.2. Alvenaria estrutural e de vedação	58
7.6.3. Madeiras	59
7.6.4. Metais	61
7.6.4.1 Metais ferrosos	62
7.6.4.2. Metais não ferrosos	63
7.6.5. Alumínio.....	63
7.6.6. Concreto	63
7.6.7. Vidro.....	65
7.6.8. Plástico	66

7.6.9 Cobertura.....	68
7.7. CUSTOS E VALORES DE PROJETOS QUE UTILIZAM MATERIAIS E ELEMENTOS REAPROVEITADOS	69
8. SISTEMAS DE CERTIFICAÇÕES	70
8.1. HISTÓRICO DOS SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO	70
8.2. OBJETIVO DA CERTIFICAÇÃO	71
8.3. VANTAGENS DO EMPREGO DOS SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO	72
8.4. COMPARATIVO ENTRE OS MÉTODOS DE AVALIAÇÃO	72
8.5. GREEN BUILDING	73
8.6. OS PRINCIPAIS SISTEMAS DE CERTIFICAÇÃO	73
8.6.1. LEED.....	73
8.6.2. Procel Edifica	75
8.6.3. BREEAM	76
8.6.4. HQE.....	77
8.6.5. AQUA	78
8.6.6. Método IPT	79
9. ESTUDO DE CASO: EDIFICAÇÃO NA CIDADE DE SÃO PAULO.....	79
9.1. CONTROLE DE EROÇÃO E SEDIMENTAÇÃO DO SOLO.....	80
9.2. PROTEÇÃO DAS BOCAS DE LOBO DO ENTORNO DA OBRA	82
9.3. ACESSO DE ENTRADA E SAÍDA DA OBRA ATRAVÉS DE VEÍCULOS	82
9.4. EXECUÇÃO DE SISTEMA DE LAVA RODAS E “LAVA BICA DE CONCRETO”	83
9.5. LIMPEZA DAS RUAS E CALÇADAS	84
9.6. CONTROLE DE CONTAMINAÇÃO DO SOLO	85
9.6.1. Armazenamento de materiais	85
9.6.2. Produção de corpos de prova	88
9.6.3. Utilização de máquinas estacionárias.....	90
9.6.4. “Kit” mitigação	90
9.7. PLANO DE GESTÃO DE RESÍDUOS NO CANTEIRO DE OBRAS.....	93
9.7.1. Etapas para elaboração do plano de gestão de resíduos no canteiro de obras.....	93
9.7.2. Treinamento Semanal de Qualidade, Segurança e Meio Ambiente (TSQSMA)....	97
9.7.3. Identificação e destinação dos materiais utilizados no canteiro de obras	97
9.8. ESCALA <i>RINGELMANN</i> REDUZIDA.....	99
9.8.1. Preparação dos veículos, máquinas e equipamentos antes de iniciar os trabalhos	100
9.8.2. Execução da avaliação da escala <i>Ringelmann</i> reduzida.....	100
9.8.3 Análises dos resultados	101
9.9. METODOLOGIA DE ENSAIO IMHOFF	101
9.9.1. Procedimentos do ensaio IMHOFF.....	102
10. CONCLUSÃO.....	103
11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106

1. INTRODUÇÃO

1.1. Apresentação

As cadeias de atividades relacionadas à execução de um empreendimento produzem, direta ou indiretamente, os gases do efeito estufa, contribuindo desta forma com o aquecimento global. É por esse e outros motivos que a construção e o uso das edificações são os principais responsáveis pelo impacto ambiental no mundo todo, e também pela grande demanda de energia e de materiais.

A construção sustentável tem papel fundamental no desenvolvimento e incentivo de toda uma cadeia produtiva que possa alterar seus processos para um foco mais ecologicamente correto, de forma a reverter o quadro de degradação ambiental e poluição.

Faz-se, no capítulo 2, a abordagem do histórico de aplicação da sustentabilidade na construção civil, seus principais conceitos e desafios a serem superados.

O capítulo 3 promove o aprofundamento maior sobre a gestão sustentável da água, seu histórico de desenvolvimento no Brasil e no mundo e, também, estratégias para redução do consumo da água, como o reuso das águas cinzas e sistema de captação das águas da chuva.

Já no capítulo 4 remete a questão da eficiência energética nas edificações, seu histórico e definição, além de alternativas utilizadas nas edificações sustentáveis atuais, como o uso eficiente do vidro, cobertura verde, entre outros.

Os principais materiais de baixos impactos ambientais utilizados atualmente, em construções residenciais e comerciais, estão presentes no capítulo 5, nos quais se demonstram suas vantagens com relação aos materiais convencionais.

O capítulo 6 mostra como deve ser a gestão do canteiro de obras de baixo impacto ambiental, suas principais características e quais são os procedimentos necessários para se obter sucesso na execução desta prática.

O capítulo 7 se inicia com um breve histórico do reuso de materiais e elementos de construção. Em seguida, são abordados os principais materiais utilizados na construção civil atual, suas classificações e vantagens de utilização.

Já os sistemas de certificações mais empregados nas edificações sustentáveis atuais, no Brasil e no mundo, são apresentados no capítulo 8.

O capítulo 9, a partir de um estudo de caso realizado em uma edificação no estado de São Paulo – SP, Brasil, são apresentados alguns procedimentos para a implantação da certificação sustentável LEED nível Gold.

1.2. Objetivo

Este trabalho tem como objetivo apresentar os principais conceitos aplicados nas construções sustentáveis, verificar possibilidades de reuso de materiais e elementos de construção, abordar soluções técnicas construtivas e ecomateriais e, por fim, realizar um estudo de caso de uma edificação em processo de certificação sustentável LEED nível Gold.

1.3. Metodologia

- Revisões bibliográficas sobre sustentabilidade na construção civil (principais desafios, técnicas e materiais empregados, sistemas de certificação e qualidade, impacto ambiental, etc.);
- Visitas em empreendimentos sustentáveis a fim de familiarizar-se melhor com o assunto;
- Entrevistas com engenheiros responsáveis por empreendimentos premiados com, no mínimo, um dos sistemas de certificação sustentável;
- Pesquisa de campo: um estudo de caso na cidade de São Paulo – SP, Brasil, para verificar a implantação da certificação sustentável nas edificações.

2. SUSTENTABILIDADE

2.1. Definição de sustentabilidade

Sustentabilidade é o termo utilizado para definir todas as atividades e ações que, possuem como objetivo suprir as necessidades atuais dos seres humanos, relacionadas à qualidade de vida no geral, sem comprometer as futuras gerações. A sustentabilidade está ligada ao desenvolvimento econômico e social de uma determinada região, sem agredir de modo significativo o meio ambiente, minimizando o consumo dos recursos naturais primários, substituindo-os por recursos renováveis.

Em outras palavras: “Sustentabilidade é a característica de um sistema que responde às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de responder às suas necessidades” (MATTAR, 2007).

2.2. A construção sustentável no Brasil

A sociedade atual tem buscado um padrão de vida cada vez melhor para suprir suas necessidades, proporcionado pelas novas construções que, hoje estão em ritmo acelerado de crescimento, principalmente no Brasil. Porém, a mesma também necessita de uma maior conscientização dos efeitos causados pelas construções ao meio ambiente, a fim de minimizar o impacto ambiental e a qualidade de vida no futuro.

Além das necessidades relacionadas às construções de infraestrutura no Brasil, a demanda pelas construções residenciais vem crescendo de modo acelerado e fora de controle. Devido à velocidade deste processo, é necessário que haja com urgência uma intervenção sustentável neste setor.

Atualmente, algumas incorporadoras brasileiras estão utilizando técnicas de construções sustentáveis em suas obras como forma de estratégia de negócios, ou seja, como sendo um diferencial de venda para o consumidor. Porém, ainda existem muitos desafios a serem superados para que a maioria das edificações espalhadas por todo território brasileiro sejam sustentáveis.

Entre os desafios para o desenvolvimento de construções residenciais sustentáveis no Brasil, está a necessidade de maiores investimentos em pesquisas no setor (estudo de

novas tecnologias construtivas sustentáveis, ecomateriais e sistemas de gestão sustentáveis), adoção de novos paradigmas para todos os profissionais da área envolvidos, desde o projeto até a execução do empreendimento, implantação de regulamentações e conscientização das empresas públicas e privadas visando um menor impacto ambiental.

2.3. A influência da construção civil no meio-ambiente

Na execução de uma edificação, por exemplo, um Shopping Center, existe um alto índice de consumo de materiais e recursos, grandes quantidades de entulho são geradas e também existe um elevado consumo de água e de energia.

Segundo dados obtidos da WBCSD (*World Business Council Sustainable Development*) e IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), a construção civil é:

- A atividade que consome 75% de todos os recursos naturais;
- 30% das emissões de gases de efeito estufa são oriundas da indústria da construção;
- As edificações são responsáveis por mais de 40% da demanda de energia mundial;
- Até 2025 está previsto um aumento do consumo de materiais e recursos de 45% se comparado ao ano de 2000;
- Produção de grandes quantidades de entulho.

Hoje, o ramo da construção civil é um dos maiores colaboradores para o desgaste ambiental. Grandes quantidades de resíduos são originadas nas obras e muitos recursos naturais são utilizados. Tendo isso em foco, foi verificado que com a racionalização da construção boa parte da produção dos resíduos pode ser evitada.

2.4. Conceitos importantes sobre sustentabilidade

2.4.1. Principais características das construções sustentáveis

Uma construção sustentável, seja ela de pequeno ou grande porte, leva em consideração o processo na qual o projeto é concebido, quanto tempo terá sua vida útil, quais materiais serão empregados e, se esses, poderão ser reaproveitados no futuro, quem irá

usufruir a edificação e qual o impacto que este causa em seu entorno. Dessa forma, os principais conceitos relacionados ao processo de construção sustentável são:

- Eficiência energética das edificações;
- Gestão sustentável da água;
- Reuso de materiais e elementos de construção;
- Uso de materiais e técnicas ambientalmente corretas;
- Conforto e qualidade interna dos ambientes;
- Gestão do canteiro de obras de baixo impacto ambiental.

2.4.2. Desenvolvimento sustentável

A definição sobre desenvolvimento sustentável teve início na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pelas Nações Unidas, com o objetivo de alinhar o desenvolvimento econômico de uma cidade, estado ou país, sem impactar de forma relevante o meio-ambiente.

Com o crescente agravamento dos problemas ambientais, a população mundial vem se mobilizando para atingir o desenvolvimento sustentável. Lembrando que: “desenvolvimento sustentável deve ser ao mesmo tempo ecologicamente equilibrado, economicamente viável e socialmente justo” (COELHO, 2008).

São características do desenvolvimento sustentável:

- Gestão eficiente dos recursos naturais;
- Redução significativa da perda da biodiversidade;
- Controle dos níveis de poluição oriundos do desenvolvimento de uma região;
- Aumento da reutilização e da reciclagem de produtos;
- Interação do homem com o meio-ambiente.

2.4.3. O Tripé da sustentabilidade

O Tripé da sustentabilidade (Figura 1), também conhecido como “TBL – Triple Bottom Line” do inglês, consiste em um modelo de gestão que engloba aspectos econômicos,

sociais e ambientais. Para existir o Desenvolvimento Sustentável é necessário que exista uma integração entre esses setores. Fazendo-se uma analogia a um tripé utilizado como suporte para uma câmera fotográfica, se retirarmos uma “perna” do conjunto o tripé perde sua função de sustentação, conseqüentemente a câmera cai.

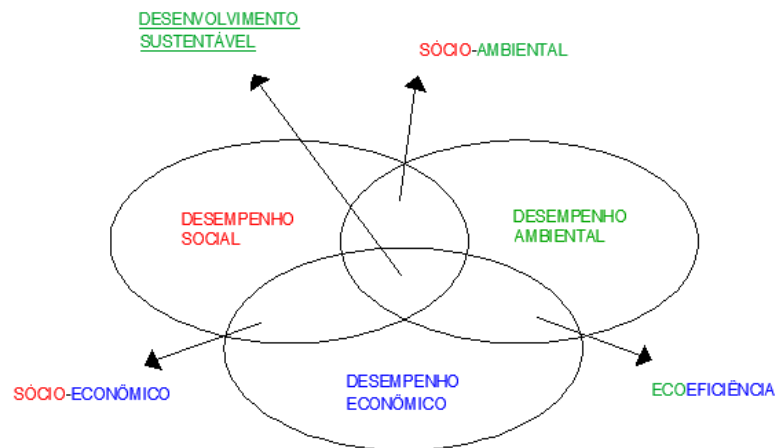


Figura 1– O Tripé da Sustentabilidade.

No mundo inteiro, este modelo está sendo incorporado por empresas de quase todos os setores, visto que a preocupação com o meio-ambiente vem crescendo constantemente com o passar dos anos. O modelo de gestão do Tripé da sustentabilidade possui foco em orientar as empresas não mais apenas pelos ganhos econômicos, mais sim para os possíveis impactos ambientais e sociais envolvidos em cada negócio.

“Muitos autores vindos de áreas como economia, marketing, administração e gestão demonstram a rentabilidade, o diferencial competitivo e a sustentabilidade das empresas que passaram a incorporar normas e procedimentos relacionados à Responsabilidade Socioambiental.” (Bicalho, 2010).

Benefícios da utilização do Tripé da sustentabilidade como ferramenta de gestão:

- Desenvolvimento da economia local através da geração de emprego e renda;
- Integração do edifício com o seu entorno (vizinhança);
- Aumento do retorno financeiro aos empreendedores e acionistas;
- Diminuição dos gastos com energia e água;

- Diminuição da produção de resíduos durante a fase de construção da edificação;
- Otimização do uso de materiais, com menor volume de desperdício.

2.4.4. Sustentabilidade na pós-ocupação

A sustentabilidade na pós-ocupação consiste na preocupação com a edificação ao longo de sua vida útil, ou seja, se os materiais empregados na sua construção irão causar danos futuros ao meio-ambiente e, principalmente, se os usuários terão o mesmo conforto e qualidade de vida inicialmente proposto pelo empreendimento.

Para se atingir a sustentabilidade na pós-ocupação é necessária que haja uma mudança de paradigma no início no projeto arquitetônico, onde a construção deve ser orientada com foco na climatização natural do ambiente, dimensionada conforme o clima no qual ela está inserida. Dessa forma, consegue-se minimizar os gastos futuros com aparelhos eletrônicos climatizadores como, por exemplo, o ar condicionado.

Além disso, o projeto inicial deve prever instalações hidráulicas com separação das águas potáveis e não potáveis, para que futuramente possa-se executar um sistema de reaproveitamento de águas da chuva. Outra característica que deve ser incorporada ao projeto é a instalação elétrica que, deve ser dimensionada de forma que a edificação seja apta para implantação de equipamentos de baixo consumo de energia (eficiência energética).

3. GESTÃO SUSTENTÁVEL DA ÁGUA

3.1. Histórico da Gestão da Água

O desenvolvimento da gestão dos recursos hídricos no Brasil passou por etapas semelhantes a dos países desenvolvidos, mas com a diferença que essas etapas ocorreram em períodos distintos. Após a segunda guerra mundial, ocorreu um grande crescimento econômico nos países desenvolvidos que, aproveitaram o momento favorável para construir grandes obras hidráulicas de abastecimento, navegação e hidroeletricidade.

Após essa etapa, houve o início da “pressão” ambiental nos países desenvolvidos, devido à forte degradação das águas superficiais. Como resultados foram criadas as primeiras legislações relacionadas ao despejo de efluentes, que contribuíram para uma melhora da qualidade da água. O problema é que não houve uma preocupação com a água subterrânea, e, devido a isso, grande parte dos resíduos foi transferida para o subsolo, contaminando dessa forma os lençóis d’água.

Já no Brasil, durante esse mesmo período, começaram a surgir às primeiras grandes obras hidráulicas e, não foram criadas leis para um controle ambiental.

Em 1970, teve o início ao incentivo ambiental nos países em desenvolvimento, como o Brasil, e assim, começaram a aparecer às primeiras leis de controle e uso dos recursos hídricos no país. Já nos países desenvolvidos, esse processo de controle foi criando raízes mais fortes, devido, principalmente, à deterioração de grandes áreas ambientais.

Na década de 80, houve aprovação da legislação ambiental e dos critérios de controle de sistemas hídricos no Brasil, que começou a investir fortemente em irrigação. Nesse mesmo período, os países desenvolvidos começaram a dar uma maior atenção à contaminação dos aquíferos, à poluição e aos impactos globais, promovendo uma maior fiscalização, onde surgiram as primeiras idéias sobre a gestão sustentável da água.

Já a década de 90, foi marcada pela idéia do desenvolvimento sustentável, principalmente pelas idéias abordadas na Conferência Rio-92. Os países começaram a buscar um equilíbrio entre o investimento para o desenvolvimento e a conservação ambiental. Com isso, os investimentos que antigamente eram voltados apenas ao crescimento das cidades, começaram a ter foco para a melhoria e conservação ambiental das mesmas. Isso passou a ocorrer nas grandes metrópoles mundiais, inclusive nas brasileiras.

No final da década de 90 até os dias atuais, tem se consolidado cada vez mais a busca pela eficiência no uso dos recursos hídricos, mas ainda existem grandes desafios a serem superados.

Segundo TUCCI (2001), os grandes desafios que esses países têm hoje, é obter o gerenciamento eficiente dos recursos hídricos, o monitoramento destes recursos nas grandes metrópoles, o uso e controle do solo rural e, o controle da poluição no âmbito de visão racional.

3.2. A importância da água

Segundo a Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), 97,5% das águas neste planeta são impróprias para o consumo humano e encontram-se nos oceanos (águas salgadas). As águas doces, que correspondem aos 2,5% restantes, são encontradas em regiões polares ou subterrâneas de difícil acesso. As águas provenientes das calotas polares e da atmosfera, que juntas totalizam 77,24% das águas doces não estão disponíveis para consumo (Figura 2).

A água é essencial para a existência e manutenção da vida no Planeta Terra, já que é fonte para a agricultura e pecuária, além de manter as atividades humanas. Porém, somente 0,007% da água doce disponível são próprias para o consumo humano.

A falta de água de qualidade adequada pode comprometer o desenvolvimento econômico-social, pois as populações necessitam de grandes volumes de água para sua sobrevivência e, além disso, produzem uma grande quantidade de detritos (fezes e urina), os quais requerem um tratamento imediato para não contaminar as águas superficiais e subterrâneas.

Com isso, a água é um elemento que vem se tornando cada vez mais um recurso estratégico para a humanidade, devido, principalmente, às pesquisas que vem sendo realizadas mostram que ocorrerá falta de água para uma parcela da população daqui a 30 anos, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS).

Isso mostra que deve haver uma conscientização das pessoas sobre o melhor uso da água e, também, uma mudança no planejamento e gerenciamento das águas superficiais e subterrâneas.

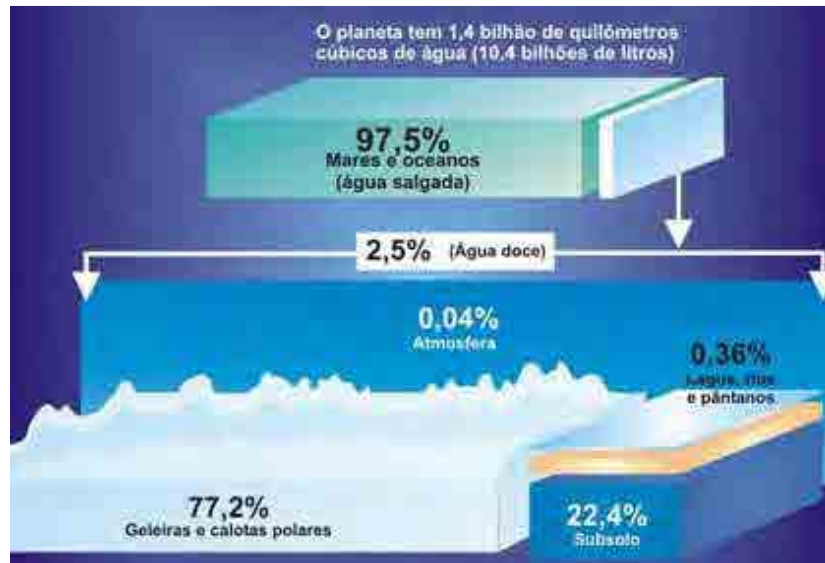


Figura 2 – Distribuição da água no Planeta Terra.

Fonte: www.sabesp.com.br.

3.3. A escassez da água

A água é indispensável para a sobrevivência e o desenvolvimento econômico e social, porém, grande parte da população polui e degrada as fontes deste recurso. A poluição acontece por causa de diversos fatores, como: a deposição de resíduos sólidos em rios, lagos e represas; pelo despejo irregular de esgotos domésticos e industriais; pelo desmatamento e; ocupação de bacias hidrográficas.

Segundo TUNDISI (2006):

Como se chegou a este ponto no uso e degradação de um recurso natural vital para a sobrevivência de todas as espécies de animais e plantas?

Isso aconteceu porque se acreditava que o recurso era infinito, assim como a capacidade de autodepuração do sistema. Pensava-se que a tecnologia desenvolvida pelo homem poderia tratar qualquer tipo de água contaminada e recuperá-la. Na verdade, o recurso é finito, pois a quantidade de água líquida depende de demanda, e a capacidade de autodepuração dos sistemas tem limite; é bom ter em mente, também, que os custos para transformar água de qualquer qualidade em água potável estão se tornando proibitivos. (TUNDISI, 2006).

Fatores como o crescimento demográfico fora de controle e o uso abusivo da água têm contribuído para o agravamento da escassez hídrica, a qual já começa a gerar conflitos econômicos, sociais e ambientais em alguns países.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), atualmente, mais de 1 bilhão de pessoas no mundo não possuem água suficiente para suprir as suas necessidades domésticas, que se baseia em uma quantidade de 200 litros/dia. Estima-se que, em 30 anos, a população será de 10 a 12 bilhões de habitantes e, se não houver medidas corretivas, haverá 5,5 bilhões de pessoas vivendo em áreas com moderada ou elevada escassez de água.

Além disso, existe uma distribuição irregular da água doce no planeta. No Brasil, por exemplo, 89% do volume total de água doce do país se encontram nas regiões Norte e Centro-Oeste, onde se localiza apenas 14,5% da população. Já nas regiões Nordeste, Sudeste e Sul, onde estão localizados 85,5% da população, encontra-se apenas 11% do potencial hídrico do país. Além desta natural carência para o atendimento da demanda de abastecimento de água, essa diferença de distribuição gera alguns problemas, tais como cheias catastróficas e períodos de secas.

A escassez hídrica já afeta países como Arábia Saudita, Argélia, Barbados, Bélgica, Burundi, Cabo Verde, Cingapura, Egito, Kuwait, Líbia, Jordânia e Tailândia, e poderão ocorrer também em médio prazo na China, Estados Unidos, Etiópia, Hungria, México, Síria e Turquia, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS).

3.4. Estratégias para redução do consumo de água no Brasil

No Brasil, pesquisas têm mostrado que uma pessoa gasta por dia 100 a 200 litros de água, consumo distribuído entre o uso de torneiras, bacias, chuveiros, máquinas de lavar, etc. Este consumo está diretamente ligado com a qualidade de vida do usuário da edificação, com seus hábitos e costumes diários.

Dessa forma, fica claro que devem ser empregadas soluções para diminuir o consumo de água, como por exemplo, sistemas de armazenagem e reaproveitamento de águas da chuva, estratégias para conservação dos recursos hídricos e tratamentos das águas cinzas.

O reuso de água possui grande potencial de emprego nas seguintes atividades:

- Irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, quadras de golfe, jardins de escolas e universidades, gramados, árvores e arbustos decorativos

ao longo de avenidas e rodovias;

- Irrigação de áreas ajardinadas ao redor de edifícios públicos, residenciais e industriais;
- Reserva de proteção contra incêndios;
- Controle de poeira em movimentos de terra;
- Sistemas decorativos aquáticos tais como fontes, chafarizes, espelhos e quedas d'água;
- Descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais;
- Lavagem de automóveis;
- Construção civil, incluindo preparação e cura de concreto, e para compactação do solo.

3.5. Reuso de águas cinzas e negras

Primeiramente, é necessário diferenciar as águas cinzas, que são as águas provenientes das banheiras, pias de banheiros, tanques, chuveiros e máquinas de lavar; das águas negras, originárias das pias de cozinha, que contribuem com águas com gordura, e das bacias sanitárias, que possuem águas com detritos. As águas cinzas são mais abundantes nas residências e seu tratamento é mais viável e econômico para se obter a qualidade necessária para fins não potáveis (Figura3).

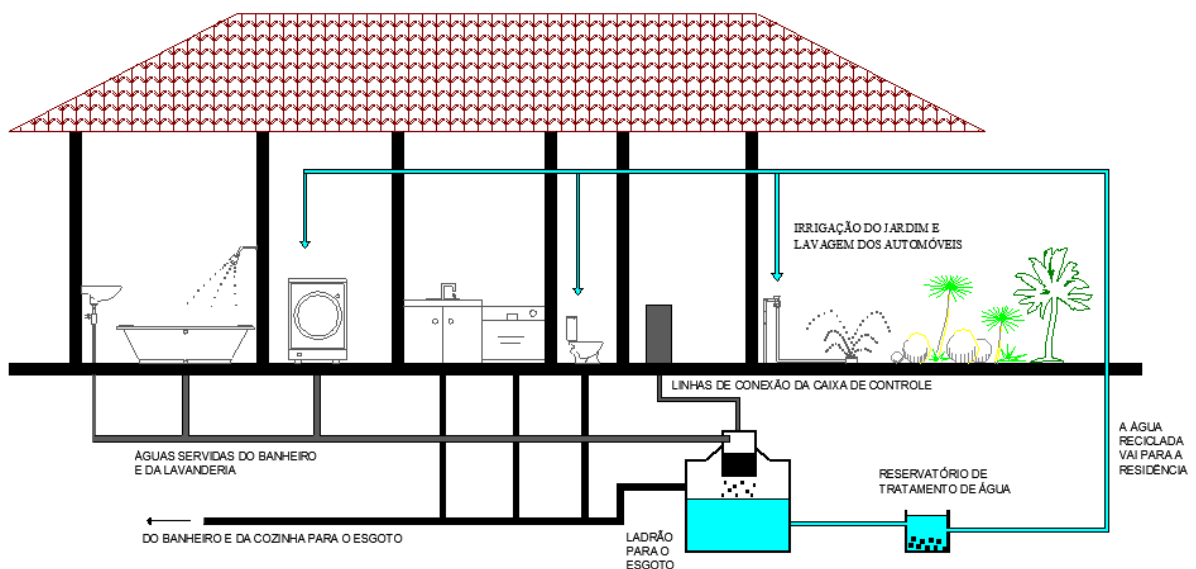


Figura 3 – Sistema de águas recicladas para fins não potáveis.

Em geral, devem-se executar dois sistemas hidráulicos separados, um para a água potável e outro para o efluente reaproveitado. As instalações de água para consumo direto são as usuais, onde a tubulação do sistema público abastece uma caixa d'água responsável pela alimentação dos chuveiros e das torneiras dos banheiros e das cozinhas. Em vez do efluente ser conduzido à rede de esgoto, o resíduo é encaminhado para um tanque de tratamento, onde passará pelos seguintes processos: lodos ativados; desinfecção com cloro em primeiro estágio; filtração; ozonização e; desinfecção com cloro em segundo estágio; etapas estas realizadas no próprio edifício. Parte da água servida é encaminhada para a rede pública de esgoto, mas outra volta para o prédio, em uma segunda caixa d'água. Esse segundo tanque alimenta as descargas e o sistema de irrigação dos jardins, além de torneiras para lavagem de piso nas áreas comuns e, até mesmo, utilizada nas máquinas de lavar.

Para o reaproveitamento não causar problemas, deve haver um controle rigoroso no tratamento do efluente entre uma caixa d'água e outra. O reaproveitamento também pode ser feito pela concessionária dos serviços de saneamento que ao coletar o esgoto, pode fazer um tratamento primário ainda na ETE (estação de tratamento de esgoto) e realimentar as edificações.

3.6. Reuso das águas da chuva

Outra opção bastante viável, ainda mais em um país com índices pluviométricos altos como o Brasil, é a utilização do sistema de captação de água de chuva nas edificações (Figura 4). Essa solução, além de diminuir a escassez de água, reduz o risco de enchentes.

O sistema de aproveitamento de águas pluviais consiste em captação, condução, armazenamento e utilização da água para fins não potáveis. Para a captação das águas pluviais, são instaladas calhas nas coberturas, as quais devem sofrer limpeza constante. Essa água é encaminhada através de tubos que levam a água para um filtro responsável por reter as partículas maiores e, posteriormente, estas são destinadas para um reservatório próprio, situado abaixo da laje de cobertura. Logo em seguida, com a utilização de uma bomba, a água passa por um segundo filtro que realiza a retenção das impurezas menores. Finalmente, a água é encaminhada para um reservatório específico para armazenamento, o qual alimenta as descargas sanitárias, o sistema de irrigação dos jardins e as torneiras externas utilizadas para a lavagem das garagens.

O emprego deste sistema de reaproveitamento de águas da chuva, além de agregar um maior valor para o projeto, gera grande economia da água potável, visto que a descarga na bacia sanitária é responsável pelo maior gasto em uma residência, chegando a 41% do consumo total.

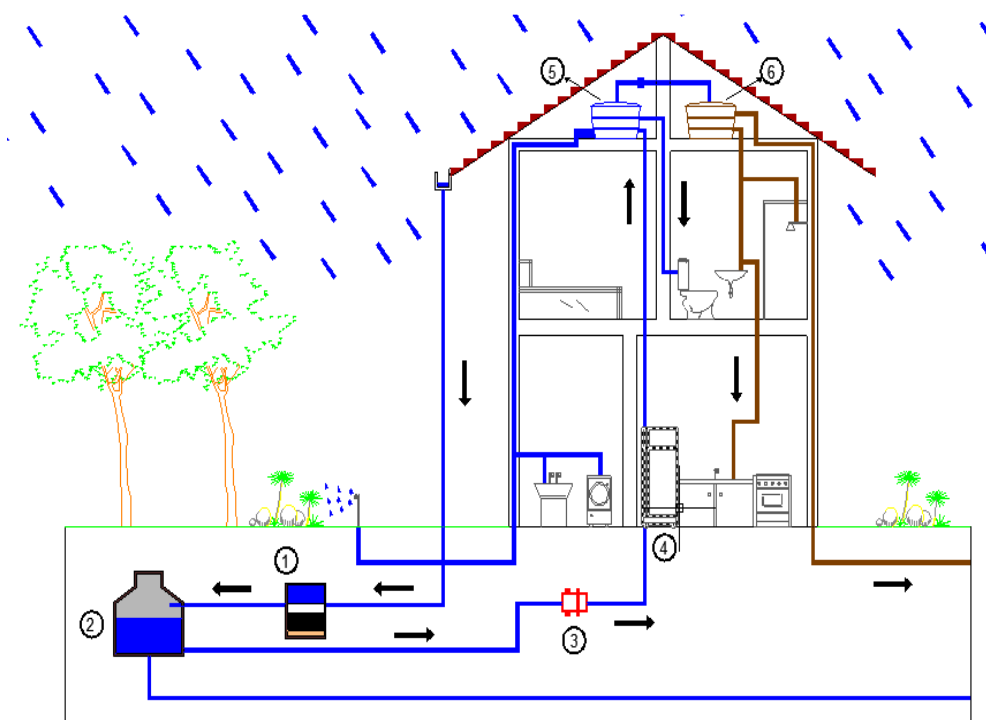


Figura 4 – Sistema residencial de captação de águas da chuva.

Partes constituintes do sistema residencial de captação de águas da chuva:

- 1 – Filtro bruto: responsável por reter as partículas maiores;
- 2 – Reservatório;
- 3 – Bomba;
- 4 – Filtro fino: responsável por reter as impurezas menores;
- 5 – Caixa d'água específica para armazenamento de águas da chuva;
- 6 – Caixa d'água comum.

4. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NAS EDIFICAÇÕES

4.1. Histórico da gestão de energia no Brasil

O conceito de gerenciamento e racionamento de energia é recente no Brasil, comparando-se ao tempo que a energia vem sendo utilizada no país. Há pouco mais de um século, as fontes de energia que na época eram o carvão vegetal e outros combustíveis fósseis, eram abundantes e, assim, não houve um grande controle sobre a sua utilização e exploração na época. Os governantes e as concessionárias de energia elétrica estimulavam o consumo para aumentar seus negócios e gerar mais lucros. Assim, havia uma preocupação maior em ampliar o acesso à energia do que utilizá-la de maneira racional e eficiente.

No começo do século XX, houve a construção das primeiras hidrelétricas no Brasil, o que gerou uma maior quantidade de energia. Isso, associado a outras fontes de energia, permitiu um grande desenvolvimento das indústrias, melhorias na infraestrutura e nas condições de vida da população. Porém no Brasil, assim como no resto do mundo, a principal fonte de energia ainda era a de combustíveis fósseis, principalmente, o petróleo.

Em 1973, ocorreu a primeira grande crise no setor energético mundial, pois o preço do barril do petróleo chegou a triplicar de preço em apenas três meses. Foi nesse momento em que os países começaram a se preocupar em gerenciar sua energia, pois viram que a energia não era um bem inesgotável.

O Brasil foi altamente prejudicado por essa crise, pois na época, 80% do petróleo consumido no país eram importados. Com isso, houve um estímulo nacional para a mudança da matriz energética.

O Brasil, influenciado pelo apelo ambiental mundial, começou a investir em fontes renováveis de energia e, assim, teve o surgimento do Programa Nacional do Alcool, que estimulou a troca de combustíveis derivados do petróleo pelo etanol proveniente da cana-de-açúcar.

Já década de 80 foi criado o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel) no Brasil, que estabeleceu que todas as empresas do setor elétrico deveriam aplicar 1% de seu lucro em medidas para a conservação de energia. Em 1993, foi criado o Selo Procel, que indica o nível de eficiência energética de vários produtos (eletrônicos, eletrodomésticos e equipamentos industriais) de diferentes categorias. O Selo Procel existe até

hoje e, tem a finalidade de criar e gerir ações para a conservação da energia elétrica no país.

Para conseguir se alcançar uma maior eficiência energética, o governo brasileiro criou algumas medidas extremas, como por exemplo, o chamado “apagão energético” que aconteceu no país durante o período de junho de 2001 até março de 2002, em que se não houvesse o racionamento da energia o país não conseguiria suprir a demanda da época. A partir daí diversas ações foram tomadas pelo governo, como incentivos fiscais para empresas que economizassem energia. Criou-se com isso o Programa de Eficiência Energética, em que as concessionárias de energia elétrica eram obrigadas a investir 0,25% de seu lucro em medidas contribuintes para a eficiência energética.

Atualmente, existem dois grandes problemas relacionados à energia no Brasil:

- O primeiro é a questão financeira, já que o país possui recursos limitados para investir na construção de usinas geradoras, as quais têm um alto custo incorporado.
- O segundo é que a implantação dessas usinas hidrelétricas gera um enorme impacto sócio-ambiental, pois podem ocasionar desapropriações rurais e o alagamento de grandes áreas com a destruição da fauna e da flora.

4.2. Definição de eficiência energética

A eficiência energética pode ser definida como a obtenção de um serviço com baixo gasto de energia incorporada. Ou seja, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando este proporciona as mesmas condições ambientais com menos consumo de energia.

O uso eficiente de energia nas edificações está diretamente relacionado os objetivos e interesses da construtora e/ou incorporadora, como por exemplo:

- Contribuir para aumentar qualidade do sistema elétrico da construção;
- Reduzir impactos ambientais (locais e globais) especialmente relacionados com a produção de eletricidade;
- Reduzir custos de energia para o consumidor final.

4.3. Alternativas para alcançar a eficiência energética nas edificações

Neste tópico, serão abordadas algumas alternativas para se alcançar a eficiência energética nas edificações.

Para diminuir o consumo de energia e os impactos ambientais das edificações, várias medidas devem ser implantadas logo no início do projeto.

A implantação do futuro empreendimento deve ser estrategicamente estudada e planejada, de forma a se atingir a melhor integração do edifício ao clima da região a onde o mesmo será construído. Dessa forma, a separação térmica entre as partes internas e externas da edificação é atingida, minimizando assim os gastos com equipamentos de climatização, como por exemplo, o ar condicionado.

Segundo SALVATERRA (2010), as metas energéticas de projetos habitacionais se apoiam nos seguintes elementos:

- O uso do projeto voltado ao clima, que incorpora técnicas passivas para reduzir o consumo de energia associado à calefação, à refrigeração e ao aquecimento de água;
- A utilização de sistemas de vedação externa capazes de criar uma separação térmica adequada entre o interior e o exterior por meio de estanqueidade ao ar, isolamento térmico, eliminação de pontes de térmicas, seleção de materiais de acabamento externos adequados, localização e uso de janelas e vidros de alto desempenho apropriados;
- A possibilidade de controle da ventilação;
- Escolha de equipamentos e eletrodomésticos eficientes em energia.

4.3.1 Uso eficiente de janelas e vidros

O desenvolvimento da tecnologia de vidros e janelas cresceu muito ao longo dos últimos 30 anos. Nos Estados Unidos, por exemplo, o uso de janelas com vidros duplos e isolamento térmico virou regra. Ainda que não sejam comuns, janelas com vidros triplos já estão disponíveis no mercado, e também janelas com vidros duplos que incorporam uma ou mais películas de poliéster, que podem alcançar ou até superar o desempenho de janelas com vidros triplos sem o peso adicional da terceira vidraça.

Outra solução comumente encontrada nas edificações sustentáveis é o vidro duplo termo-acústico, composto por lâminas de vidro intercaladas de diferentes espessuras e uma camada de ar seco (Figura 5). A utilização deste sistema proporciona uma economia de energia considerável, com a redução do emprego do ar condicionado e aquecedores, além de gerar um maior isolamento acústico.

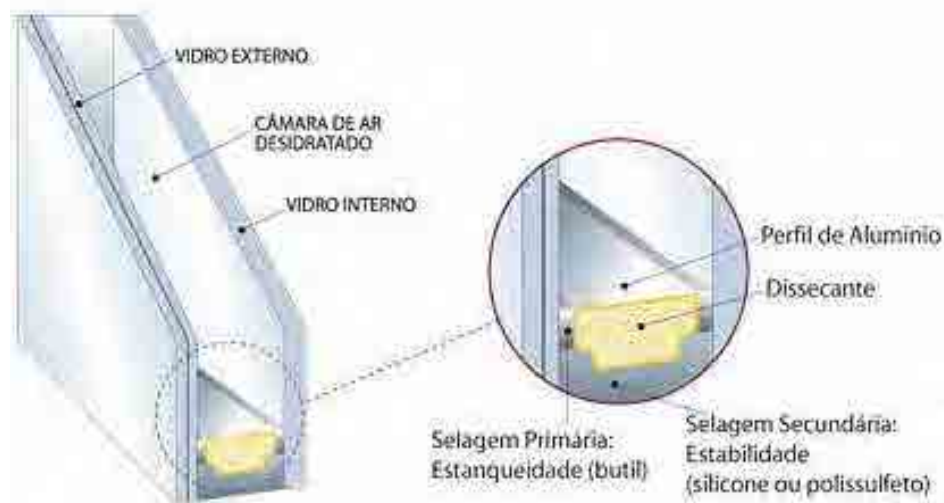


Figura 5 – Esquema típico do vidro duplo termo-acústico.

Fonte: <http://www.scheid.com.br>.

4.3.1.1. Características de análise para aplicação eficiente do vidro

Os três valores mais importantes que devem ser verificados para se selecionar vidros e janelas são: o fator-U (taxa de perdas térmicas dos sistemas de janelas), o coeficiente de ganhos térmicos solares (SHGC) e a transmitância visível (TV). Para avaliar estes coeficientes, deve-se considerar o desempenho do sistema como um todo, isto é, tanto em relação à esquadria como ao vidro.

O fator-U é mais importante em relação às perdas térmicas no inverno a partir do interior da edificação, pois representa a taxa de perdas térmicas com os sistemas de janelas. O fator-U baixo indica uma baixa taxa de perdas térmicas e um melhor isolamento térmico, sendo recomendado para todos os tipos de clima. O fator-U muito baixo se torna importante quando as condições climáticas ficam mais frias.

O coeficiente de ganhos térmicos (SHGC) é importante em relação a ganhos térmicos, principalmente no caso da radiação solar direta que passa pelo sistema de janelas e atinge o interior da edificação. A radiação solar incidente em uma janela é transmitida ao interior, refletida de volta ao exterior e/ou absorvida pelas vidraças e esquadrias e, posteriormente, irradiada para o interior e exterior. O coeficiente de ganhos térmicos solares é a relação entre a radiação solar que entra por um sistema de janela e a quantidade de radiação incidente nele, sendo um número entre 0 e 1. Um coeficiente equivalente a 0,5 significa que metade da radiação incidente chegou ao interior da edificação. Quanto mais baixo for esse número, menor calor a janela transmitirá. Esse número baixo é importante quando as janelas não são sombreadas e o clima é quente, sendo segundo SALVATERRA (2010) recomendado um coeficiente de 0,30 ou menor para essas condições.

A transmitância visível (TV) significa o percentual de luz visível que incide sobre o sistema de janelas e é transmitido para o interior, sendo considerado o impacto da esquadria, a qual não transmite luz visível. A transmitância visível de uma abertura de parede sem inserção da janela equivaleria a 1,0. No caso das janelas disponíveis no mercado, este número varia entre 0,3 e 0,8. Quanto mais alto for este número, mais luz será transmitida.

Existem também as películas com baixa emissividade (ou baixo “*valor-E*”) que podem reduzir tanto o fator-U quanto o coeficiente de ganhos térmicos solares. Estas impedem a entrada de sol nas edificações durante o verão, reduzindo a necessidade de resfriamento, e assim são indicadas para climas quentes já que em climas frios só prejudicariam por evitar a entrada de sol no interior das edificações.

Os primeiros vidros com baixo “*valor-E*” que chegaram ao mercado buscavam reduzir a perda de calor para o meio externo no inverno, mas quase não contribuíam para reduzir os ganhos térmicos no verão. A redução de emissividade de uma superfície de vidro de uma janela com vidros duplos resulta na diminuição das perdas térmicas para o exterior quando as condições externas estão frias. Alguns anos depois, surgiu a segunda geração de películas com baixo *valor-E*, destinada ao controle solar, e foram nomeadas de películas espectro seletivas. Essas películas além de reduzir o fator-U e o SHGC, elas mantêm uma transmitância de alta visibilidade.

É possível aprimorar o desempenho térmico das janelas que contém duas ou mais chapas de vidro, ou vidro e películas de poliéster, substituindo-se o ar da câmara por um gás injetado, o qual seria um gás mau condutor térmico, como o argônio ou o criptônio, que reduzem a transferência térmica no espaço, diminuindo o fator-U. O argônio é mais usado por

ser mais barato, mas o criptônio possui um melhor desempenho térmico. É sempre bom ressaltar que estes dois gases são atóxicos, incolores e inodoros.

4.3.2. Cobertura verde

As coberturas verdes, ou telhados ecológicos, possuem muitos benefícios em sua utilização, sendo uma técnica construtiva bastante eficaz para minimizar os gastos de energia com o aquecimento ou resfriamento interno das edificações. Pode ser aplicado tanto em superfícies planas (Figura 6), quanto em superfícies inclinadas (Figura 7).

As plantas utilizadas na cobertura verde resistem a grandes períodos de secas, tornando dessa forma sua manutenção simples e barata, podendo ser realizada por qualquer profissional de jardinagem.

Sua aplicação nas edificações proporciona os seguintes efeitos positivos:

- Melhora o conforto térmico interno da edificação;
- Ajuda no isolamento da transmissão de ruídos;
- Devolvem o verde as cidades;
- Agrega valor ao projeto arquitetônico;
- Reduzem o escoamento da água da chuva, ajudando desta forma no combate as enchentes;
- Contribuição significativa para diminuição da poluição do ar, efeito produzido pela vegetação da cobertura;
- Melhoria da qualidade do ar, devido à absorção do dióxido de carbono (CO₂) pelas plantas e árvores;
- Promove uma nova área de lazer para os usuários do empreendimento.

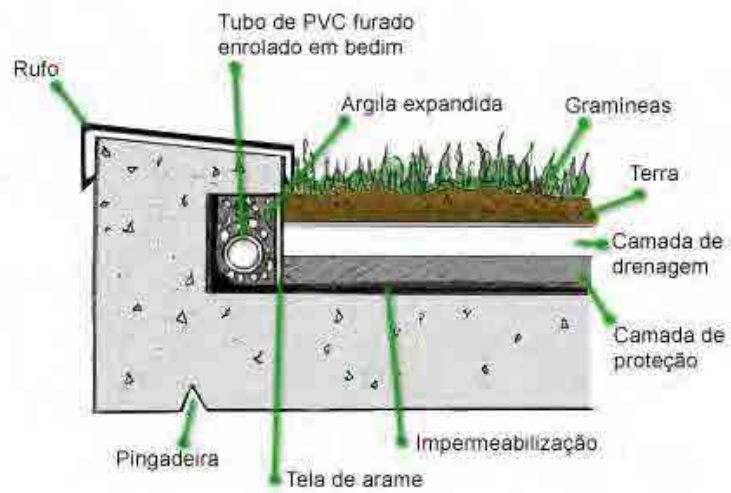


Figura 6 – Detalhamento arquitetônico do sistema de cobertura verde plana.

Fonte: Arq. Fernando Neves Bussoloti, 2007.

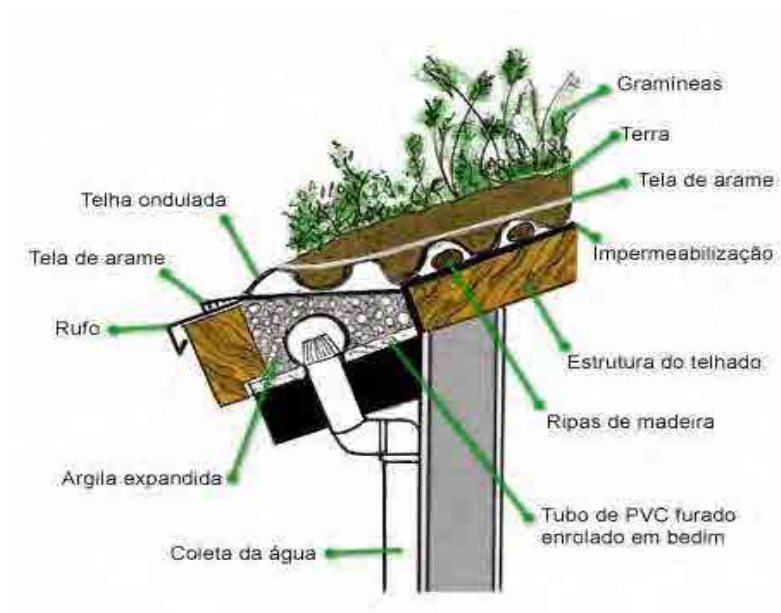


Figura 7 – Detalhamento arquitetônico do sistema de cobertura verde inclinada.

Fonte: Arq. Fernando Neves Bussoloti, 2007.

4.3.3. O aquecimento de água pelo Sol

A maneira mais simples e de menor custo para se reduzir o consumo de energia de um empreendimento é diminuir a demanda de água quente. A princípio essa afirmação parece ser trivial, porém ainda é pouco utilizada nos projetos de edificações espalhados por todo o Brasil. Através desta prática, o tamanho do sistema solar de aquecimento de água pode ser reduzido, diminuindo desta forma os custos iniciais de sua incorporação.

O aquecimento da água pelo Sol é muito efetivo na redução dos custos, principalmente quando aplicado nas construções residenciais. Para reduzir a energia utilizada no aquecimento da água, é necessário se pensar em todas as partes constituintes de uma instalação, selecionar os tipos de equipamentos e materiais de forma a potencializar a eficiência energética da edificação.

4.3.3.1. O sistema de aquecimento de água pelo sol: características, classificação e indicação

A grande maioria dos sistemas de aquecimento de água pelo Sol possui um aquecedor elétrico ou a gás de apoio. Este aquecedor é responsável por elevar a temperatura da água até um nível confortável de utilização quando o sistema de aquecimento solar não é suficiente para suprir as necessidades do usuário.

Os sistemas de aquecimento de água pelo Sol podem ser classificados em:

- Ativos e passivos;
- Diretos e indiretos;
- Abertos e fechados;
- Acumulação e termossifão.

Os sistemas ativos utilizam bombas para promover a circulação de água entre o coletor e o reservatório. Já os sistemas passivos, só utilizam as propriedades termodinâmicas para os mesmos fins.

Os sistemas diretos são aqueles a onde a água usada pelos usuários do empreendimento passa pelo coletor solar, onde é aquecida. Já nos sistemas indiretos, é utilizada uma mistura de anticongelamento (geralmente de glicol propileno) que passa pelo coletor solar.

A principal problemática do sistema aberto, é que, por estar em contato direto com o oxigênio, estão sujeitos ao processo de corrosão. Por este motivo, para utilização desse sistema se faz necessário o emprego de materiais resistentes à essas patologias, como cobre, latão, aço inoxidável, fibra de vidro, plásticos, entre outros. Já os sistemas fechados, possuem um custo menor, pois não existe o problema de corrosão.

Os sistemas de acumulação e de termossifão, normalmente possuem o coletor e o reservatório instalados em sua cobertura, o que gera um ganho significativo de peso à cobertura, podendo desta forma afetar no dimensionamento da estrutura.

Os aquecedores de acumulação são os mais indicados para o uso em edificações situadas em regiões de clima elevado, isto porque os reservatórios de água quente sofrem uma perda de temperatura durante a noite. Normalmente, se comparado com os outros sistemas de aquecimento de água, os aquecedores de acumulação são considerados os de menor custo de instalação e os que exigem menor manutenção durante sua vida útil.

Já os sistemas de termossifão, possuem em suas instalações a separação do reservatório dos coletores. Com isso, é possível aumentar a área dos coletores, o que proporciona por sua vez numa ampliação da quantidade de água aquecida.

4.3.3.2. O sistema de aquecimento solar de água por acumulação

No aquecedor de água por acumulação (Figura 8), o reservatório também funciona como coletor. O resultado é que uma parte do calor coletado durante o dia é perdido durante a noite. Para limitar as perdas, o reservatório é colocado dentro de uma caixa isolada, que por sua vez, deve ser colocada em um local capaz de maximizar a captação do calor do sol, instalada normalmente na cobertura da edificação. Uma das laterais da caixa é coberta por vidro e orientada para o sol, que entra pelo vidro e aquece a água dentro do reservatório. A água entra pela parte inferior do reservatório e é evacuada pela saída em sua parte superior. Quando a água quente é usada, a pressão do sistema faz com que a água fria passe pela entrada de água do aquecedor de acumulação. Como a água presente no reservatório solar é estratificada pela temperatura, a água mais quente é forçada para a saída de água na parte

superior do reservatório e é conduzida para a tubulação que abastece a residência. Quando é necessário um aquecimento adicional, usa-se gás ou eletricidade, e quando o Sol aquecer a água acima da temperatura programada acrescenta-se água fria, mediante o uso de uma válvula para impedir o fornecimento de água esaldante.

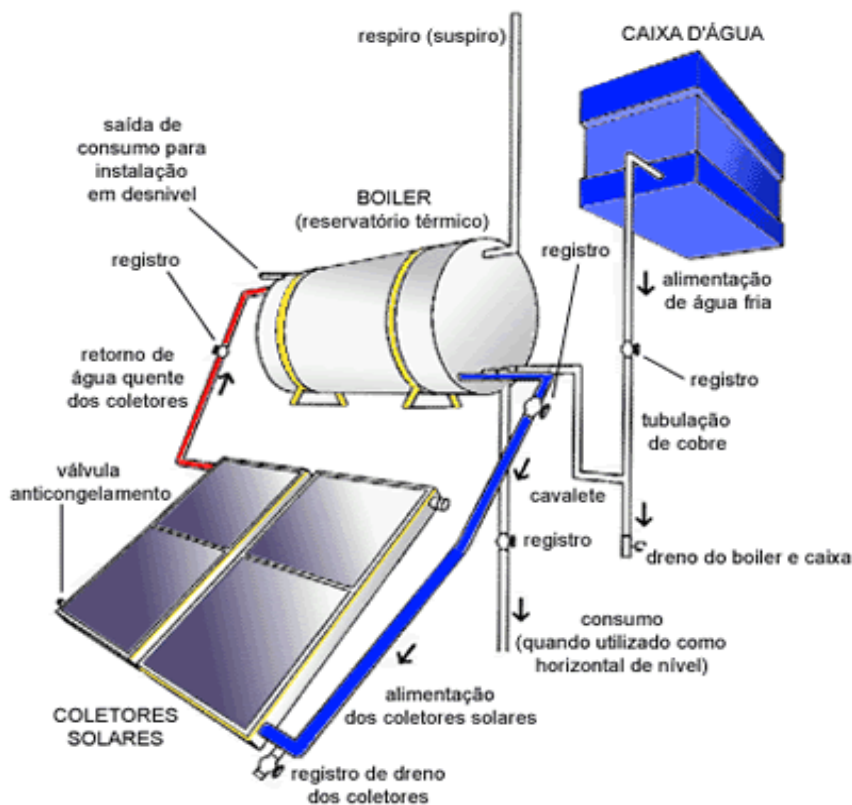


Figura 8 – Esquema típico de um sistema de aquecimento solar de água por acumulação.

Fonte: <http://www.mastersol.com.br>.

O sistema de aquecimento solar de água por acumulação, além de contribuir diretamente para a diminuição do impacto ambiental, por ser uma alternativa de tecnologia sustentável, possui como principal vantagem a economia financeira para o usuário. Apesar do custo inicial de instalação ser maior do que o custo de uma instalação convencional, durante pouco tempo fica visível a valorização da edificação que incorpora esse tipo de sistema, por quê:

- O Gasto mensal com a conta de energia pode ser reduzido em até 40%, já que o maior consumo nas residências é devido ao uso do chuveiro elétrico;

- Em geral, em cinco anos o dono da edificação que utiliza essa tecnologia sustentável já consegue recuperar o investimento inicial;
- O projeto que possui em seu escopo a instalação do aquecimento solar de água é mais valorizado, visto que a eficiência energética das edificações têm se tornado um diferencial na compra e venda de imóveis.

4.3.4. Energia fotovoltaica

O Sol gera eletricidade, através do uso de células fotovoltaicas, que são responsáveis por converter a energia da luz em energia elétrica.

O seu funcionamento se inicia quando a radiação solar incide sobre uma célula fotovoltaica, o que ocasiona a liberação de elétrons pelo silício gerando, dessa forma, a eletricidade. Lembrando que a radiação solar depende da latitude local e das condições atmosféricas, tais como nebulosidade e umidade relativa do ar.

As células fotovoltaicas são agrupadas para dar origem aos painéis fotovoltaicos. Estes podem ser fixados e posicionados de forma a maximizar a exposição aos raios solares. São utilizados conectores elétricos para realizar as ligações entre os componentes do sistema de energia fotovoltaica.

Normalmente, são utilizados nos sistemas de energia fotovoltaica, inversores para converter a corrente contínua proveniente dos painéis, para corrente alternada comumente utilizada nas edificações.

Além disso, a energia produzida por esse sistema pode ser ligada a rede pública. Isto proporcionada uma vantagem, pois se o sistema solar produzir mais energia do que a demanda exigida pela residência, a rede pública pode obter o excedente e o reverter em créditos para o usuário, diminuindo dessa forma o valor dos gastos com a energia elétrica.

Atualmente, consideram-se os sistemas fotovoltaicos como sendo um investimento de médio em longo prazo, já que o custo para a implantação do sistema é alto. Porém, o custo dos componentes de um sistema fotovoltaico vem diminuindo com o passar dos anos, enquanto o custo da energia elétrica vem aumentando.

Segundo MOCELLINI (2011), num prazo de cinco até dez anos, o preço da energia elétrica compensará a utilização de sistemas fotovoltaicos já como um investimento de curto prazo.

Segundo a ABRAVA (Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação e Equipamento), apenas um metro quadrado de coletor solar instalado evita:

- O uso de 215 quilos de lenha por ano;
- O consumo de 66 litros de diesel por ano;
- O consumo de 55 litros de gás por ano;
- Evita a inundação de quase 56 m² de terras férteis para a construção de hidrelétricas e usinas nucleares que trazem enormes riscos a população.

4.3.5. Energia eólica

Igualmente a energia solar, a energia eólica é uma fonte renovável de energia, limpa e intermitente. Porém a produção de energia é considerada descontínua, pois nem sempre atua com 100% da potência já que a velocidade do vento é muito variável. A força do vento pode ser usada nas construções de várias maneiras, como por exemplo:

- No bombeamento da água;
- No acionamento de alguns tipos de máquinas;
- No funcionamento de moinhos e;
- Na transformação de energia eólica para energia elétrica.

Existem as turbinas com eixo vertical (Figura 9) e as com eixo horizontal (Figura 10). A potência das turbinas depende, principalmente, de dois fatores, que são a altura e a aerodinâmica do projeto. Quanto à altura, as turbinas podem chegar a 80 metros, sendo que quanto maior for sua altura, maior será a força do vento, o que proporcionará desta forma, mais energia. Já quanto à aerodinâmica, leva-se em consideração a ação do empuxo que atua perpendicularmente ao fluxo do vento e, o arrasto, que atua paralelamente ao mesmo.

Para a construção de uma usina eólica, é de extrema importância o conhecimento da região na qual ela será implantada, suas principais características geográficas como latitude e longitude, e físicas como a velocidade e duração dos ventos.

A obtenção de energia eólica é feita pelas turbinas eólicas, que são constituídas por quatro partes fundamentais: pás do rotor, eixo, rotor e gerador elétrico.

As pás do rotor atuam como barreiras para o vento, captando a energia cinética produzida pela força destes e transferindo-as para o rotor. Por sua vez, o rotor gira transformando a energia cinética em mecânica. Esta energia é transferida para o eixo e, logo em seguida, para o gerador elétrico.

O gerador elétrico que é conectado a extremidade do rotor, recebe essa energia mecânica e transforma-a em eletricidade. Esse sistema necessita de baterias para realizar o armazenamento da energia (para dias sem vento).

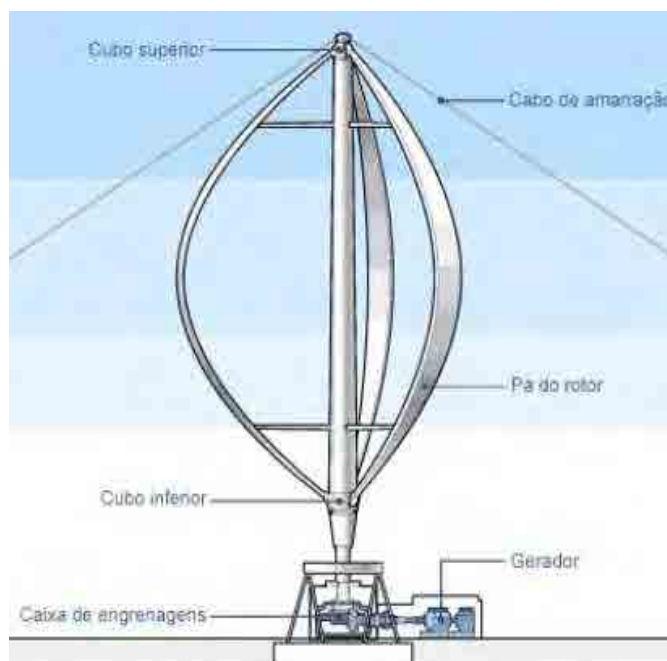


Figura 9 – Turbina eólica de eixo vertical.

Fonte: <http://poderdosventos.wordpress.com>.

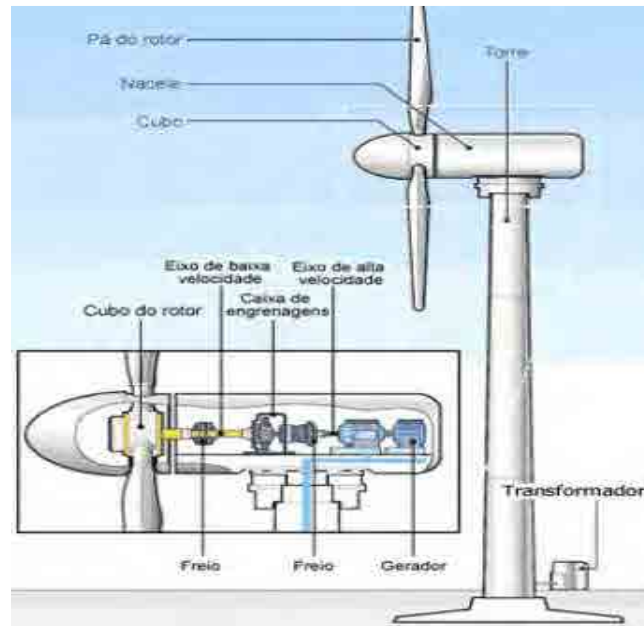


Figura 10 – Turbina eólica de eixo horizontal.

Fonte: <http://poderdosventos.wordpress.com>.

4.3.6. Ventilação

Nas zonas urbanas com uma alta densidade de população, a falta de ventilação gera desconforto, tensão ou até mesmo transmissão de doenças aos usuários da edificação.

Além disso, uma situação que deve ser destacada é a relação do conforto interno com o movimento do ar externo, assim como os fluxos do ar no ambiente interno. Para solucionar este problema, é recomendada a utilização da ventilação cruzada, que é essencial não só no projeto de apenas um cômodo, mas também na organização do edifício e da sua urbanização.

Zonas que possuem micro climas de ar calmo devem ser evitadas ao executar as construções, sendo mais indicado desenvolver urbanizações de baixa densidade, para que os vizinhos não sejam prejudicados com as zonas de ar calmo que são formadas entre os edifícios.

4.3.6.1. Características da ventilação

A velocidade do ar é considerada mais importante que o seu volume para um melhor resfriamento do ambiente interno. Caso seja necessário incrementar a velocidade, alternativas podem ser aplicadas, como por exemplo, o efeito *Venturi*, que ocorre quando se tem uma entrada de ar menor que sua saída, sendo que a localização da saída pouco importa com o padrão do movimento interno dos cômodos. Pelo contrário, a entrada deve estar localizada estrategicamente, para que ocorra a circulação do ar na área ocupada pelo andar. Independente de qualquer circunstância, o importante é focar que o número ideal de trocas de ar por hora num determinado espaço depende do número de cômodos, da quantidade de usuários, bem como de seus modos de vida.

Para maior entendimento do funcionamento da ventilação que ingressa num determinado cômodo, é necessário saber se essa quantidade de ar depende não só da quantidade e do tamanho das aberturas nas paredes, mas também da arquitetura do edifício.

Em relação ao conforto nas regiões tropicais, pode-se dizer que ele não depende unicamente da quantidade de trocas de ar por hora nos espaços interiores. O ponto fundamental é conseguir uma maior ventilação do ar sobre a pele dos usuários, a fim de ajudar na evaporação do suor.

Através dessa simultaneidade entre conforto e movimento do ar, pode-se chegar a uma regra que é usada no geral, que quanto mais rápido é o movimento do ar, tanto mais pode subir a temperatura interna sem o conforto ser afetado.

Para indução do movimento do ar, a zona urbana torna-se um lugar complicado de trabalhar. Explica-se pelo fato de que se os prédios forem altos, a tendência é elevar as brisas até a parte superior, ocorrendo uma perda subsequente da velocidade no nível dos andares mais baixos. A situação de ausência de movimento do ar faz com que a vida nas regiões tropicais torne-se pouco suportável.

4.3.6.2. Tipos de ventilação

No intuito de promover o movimento do ar sem recorrer a sistemas mecânicos, dois modos são empregados: um deles é permitir a ventilação cruzada por pressão de vento e o outro é estimular o movimento do ar por meio de chaminés.

Entre a atmosfera, o edifício e a região existem um intercâmbio térmico, seja ele diário ou sazonal, que resulta num processo contínuo do movimento do ar. Esse movimento possui dois aspectos: um deles, por gravitação, o qual é o processo catabático, que significa que o ar frio está em movimento devido à pressão do vento; o outro, por levitação, denominado anabático, que expressa o movimento do ar quente devido às diferenças na temperatura do ar.

A diferença entre a pressão das capas baixas e altas do ar faz com que ocorra uma variação na velocidade do ar. Esta oscilação tem uma causa não específica, que está ligada as temperaturas quentes e frias das superfícies, tanto naturais e rurais, como urbanas e artificiais.

Em relação aos processos catabático e anabático, pode-se dizer que, o primeiro, onde se usam as forças gravitacionais do ar frio – ventiladores de pressão não são tão conhecidos, somente em regiões quente-secas. Já o segundo, que aproveita da subida por convecção – ventiladores no telhado, chaminés, escadas interiores, telhados que produzem ventilação por sucção devido à pressão negativa - é conhecido em todo o mundo.

4.3.6.3. Processo de ventilação

Na arquitetura chamamos de ventilação natural aquela que regula o clima interno de uma edificação por meio de uma troca de ar controlada pelas aberturas. Seus pontos negativos são relacionados principalmente a terrenos próximos a vias movimentadas, indústrias pesadas ou fontes de ruídos. A ventilação natural permite projetos espaçosos e iluminados, redução significativa do custo energético da edificação e um clima interno agradável, que é uma condição prévia para um bom rendimento do trabalho executado pelas pessoas no interior da edificação e para o bem-estar das pessoas.

Para o conforto e saúde humana são sugeridos para todos os tipos de edificação, taxas de ventilação superiores às requeridas pelos códigos. O projeto de uma boa ventilação depende do equilíbrio entre as prioridades e preocupações do terreno.

No caso de necessidade de ventilação mecânica, existem inúmeras tecnologias capazes de garantir uma ventilação adequada a cada caso. Uma das soluções mecânicas mais utilizadas é o sistema de climatização com fluxo de ar por deslocamento, onde se utiliza o efeito chaminé, no qual a diferença de temperatura e de umidade entre o ar interno e o externo faz com que o ar quente suba e o ar frio entre na edificação.

Outra solução utilizada é o sistema de distribuição do ar sob o piso, no qual se utilizam dutos, que são instalados embaixo do piso e estes percorrem até o exterior da edificação para promover a ventilação entre o ar externo e interno. Esses sistemas de ventilação mecânica podem ser terceirizados, que é o mais recomendado para garantir a boa qualidade do ar interno. Além disso, deve ser feita manutenção, limpeza e troca de filtros periodicamente.

No caso de edificações sustentáveis, costuma-se usar sensores de dióxido de carbono (CO_2), assim o acionamento do alarme indica que as taxas de ventilação são insuficientes.

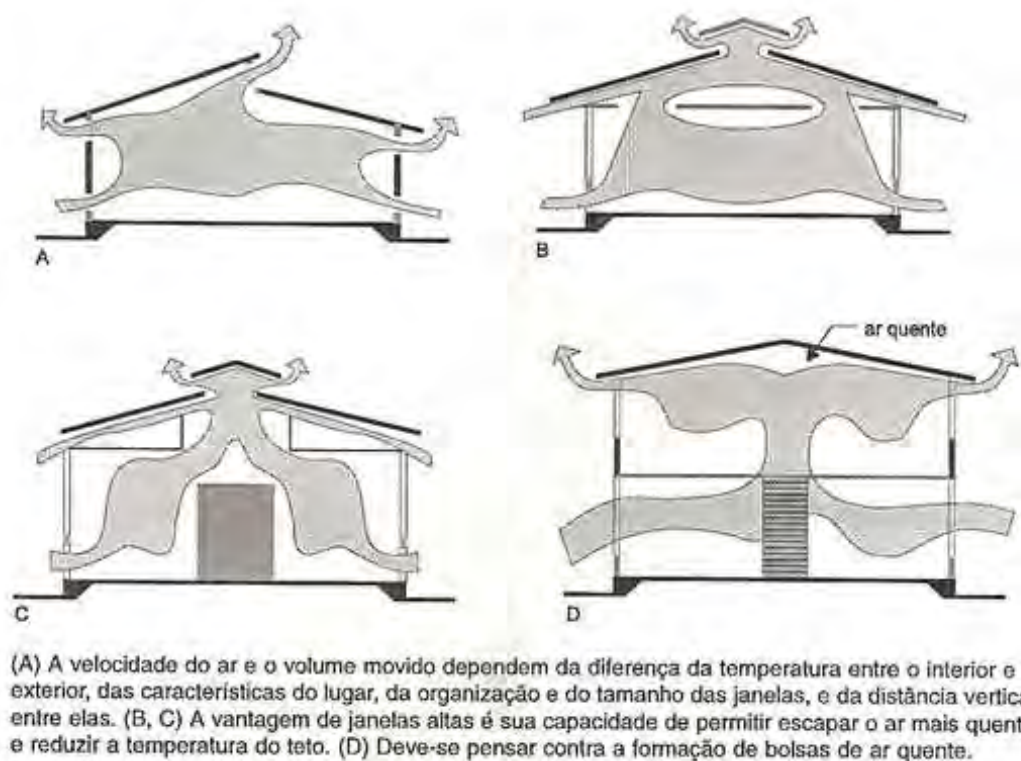


Figura 11 – Circulação de ar no interior das edificações.

Fonte: Kukreja, 2005.

5. MATERIAIS DE BAIXO IMPACTO AMBIENTAL

Toda atividade da cadeia produtiva da construção civil, desde a terraplanagem ao uso efetivo das edificações, utiliza uma grande diversidade de materiais. O desenvolvimento de novos materiais de baixo impacto ambiental vem crescendo com o passar dos anos, visto que os recursos naturais estão se tornando cada vez mais escassos.

A utilização de materiais regionais também é considerada atividade de baixo impacto ambiental. Isso porque através desta iniciativa, a emissão de gás carbônico proveniente da queima do combustível dos veículos utilizados no transporte dos materiais é reduzida, diminuindo desta forma os danos à camada de ozônio.

5.1. Critérios para seleção de materiais sustentáveis

Segundo o Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS), existem seis passos que devem ser seguidos para escolha de insumos e fornecedores para se incorporar materiais sustentáveis em um empreendimento:

- 1º: verificação da formalidade, qualidade e legalidade da empresa fornecedora de insumos;
- 2º: verificação da licença ambiental da empresa fabricante dos materiais desejados;
- 3º: selecionar os materiais de forma a se atingir as necessidades do projeto, com eficiência e sem prejudicar de forma significativa o meio ambiente;
- 4º: Respeito às normas técnicas que garantem a qualidade do produto adquirido;
- 5º: Análise da durabilidade do produto;
- 6º: Produtos que garantam a saúde e segurança dos usuários.

5.2. Dificuldades encontradas no emprego de materiais de baixo impacto ambiental

As maiores dificuldades encontradas pelas construtoras e/ou incorporadoras é realizar a especificação dos materiais que serão utilizados em seus empreendimentos.

Uma das dificuldades para escolha correta dos materiais é conseguir alinhar conceitos de sustentabilidade com a disponibilidade do material desejado no mercado.

Muitas vezes, dependendo da região em que se deseja construir a edificação, o emprego de materiais sustentáveis não é viável devido aos custos. É um contra-senso usar um material de baixo impacto ambiental se em seu processo de fabricação for incorporado grandes quantidades de energia. É por isso motivo que um planejamento estratégico é fundamental para que o material adequado seja incorporado na construção.

5.3. Materiais de baixo impacto ambiental utilizados em edificações residenciais

A seguir, serão apresentados os principais materiais utilizados em construções residenciais sustentáveis.

5.3.1. Tijolo ecológico

Também conhecido como tijolo de solo-cimento – BTC (bloco de terra comprimida). O tijolo ecológico possui em sua composição: cimento, água e terra.

É considerado um produto mais ecológico porque sua produção não utiliza a queima da madeira, como os tijolos cerâmicos. Sua produção é realizada através da prensagem hidráulica. Com isso, o consumo de recursos naturais é nulo, tornando-o dessa forma um material de menor impacto ambiental. São muito eficazes na construção de alvenarias estruturais externas, pois depois de secos adquirem uma alta resistência e ótimas propriedades acústicas.

Hoje, esse tipo de produto pode ser facilmente encontrado no mercado da construção civil, com diversos formatos e tamanhos (Figura 12).

Os tijolos ecológicos possuem saliências e rebaixos, permitindo dessa forma o perfeito encaixe entre as peças.

		reto	canto	canaleta	coluna	meio tijolo
	Tipo					
MÓDULO 30	Tijolos por m ² :	45 unidades	45 unidades	45 unidades	45 unidades	90 unidades
	Modulação:	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm	7,5 cm
	Dimensões (cm):	30 x 15 x 7,5	30 x 15 x 7,5	30 x 15 x 7,5	30 x 15 x 7,5	15 x 15 x 7,5
	Peso:	4,2 kg	4,2 kg	4,2 kg	4,2 kg	2,1 kg
MÓDULO 25	Tijolos por m ² :	64 unidades	64 unidades	64 unidades	64 unidades	128 unidades
	Modulação:	12,5 cm	12,5 cm	12,5 cm	12,5 cm	6,25 cm
	Dimensões (cm):	25 x 12,5 x 6,25	25 x 12,5 x 6,25	25 x 12,5 x 6,25	25 x 12,5 x 6,25	12,5 x 12,5 x 6,25
	Peso:	2,7 kg	2,7 kg	2,7 kg	2,7 kg	1,3 kg
MÓDULO 25 ESPECIAL	Tijolos por m ² :	53 unidades	53 unidades	53 unidades	53 unidades	106 unidades
	Modulação:	12,5 cm	12,5 cm	12,5 cm	12,5 cm	6,25 cm
	Dimensões (cm):	25 x 12,5 x 7,5	25 x 12,5 x 7,5	25 x 12,5 x 7,5	25 x 12,5 x 7,5	12,5 x 12,5 x 7,5
	Peso:	3,0 kg	3,0 kg	3,0 kg	3,0 kg	1,5 kg

Figura 12 – Tipos de tijolos de solo-cimento e suas especificações.

Fonte: <http://www.tijol-eco.com.br/produto.html>.

O encaixe entre as peças requer apenas a utilização de um filete de cola branca, dispensa o uso da argamassa e, conseqüentemente, reduz em até 50% no tempo de execução da obra. A instalação dos dutos elétricos e hidráulicos em uma construção com esse material é facilitada, devido à presença dos furos nas peças. Esse material, assim como os blocos de concreto e blocos cerâmicos, pode ser utilizado de diversos modos, tais como:



Figura 13 – Modos de utilização dos tijolos ecológicos.

Fonte: <http://www.tijol-eco.com.br/produto.html>.

5.3.2. Cimento ecológico

O cimento ecológico (Figura 14) foi originalmente desenvolvido para aplicação em construções de barragens, tubulações e obras de saneamento (com aplicação em projetos de adutoras de água), porém é comum sua utilização em obras residenciais.

Sua fabricação incorpora cerca de 35 a 70% de resíduos oriundos dos altos fornos das siderúrgicas. Além disso, esse material causa um menor impacto ambiental, pois emite menor quantidade de gás carbônico para a atmosfera durante seu processo de fabricação. Possui as seguintes vantagens:

- Maior impermeabilidade;
- Grande flexibilidade de aplicação, compatível com todas as etapas da obra;
- Maior resistência se comparado ao cimento comum, devido ao processo de hidratação mais lento;
- Menor probabilidade de fissuras térmicas;
- Durabilidade 40% superior à do cimento CII.



Figura 14 – Cimento ecológico.

Fonte: <http://construindosustentavel.blogspot.com/2011/05/para-uma-construcao-mais-sustentavel.html>.

5.3.3. Tubulações PEAD e PPR

As tubulações de PEAD (polietileno de alta densidade) e as de PPR (polipropileno copolímero random) incorporam em sua fabricação materiais menos agressivos ao meio ambiente. As primeiras, feitas de PEAD, são indicadas para o uso em instalações de água fria, pois resistem a temperaturas entre 40 °C e 60 °C. Já as de PPR (Figura 15), servem tanto para água fria como para água quente e ainda suportam temperaturas de até 110 °C.

Esses dois tipos de materiais, além de mais resistentes, são totalmente atóxicos, dispensam o isolamento térmico das peças e proporcionam uma redução de 20% no custo se comparados a instalações de água quente de cobre.



Figura 15 – Tubo PPR PN12 utilizado para instalações de água fria.

Fonte: www.amanco.com.br.

5.3.4. Torneiras automáticas

Um dos principais desperdícios de água nas edificações decorre das torneiras. Segundo a Companhia de Processamento de Dados do Estado de São Paulo (PRODESP), uma torneira pingando pode desperdiçar em um único dia 46 litros de água. Com isso, a busca pelo uso racional da água, principalmente em lugares públicos como shoppings, restaurantes, bares, clubes, entre outros, tem crescido cada dia mais.

As torneiras com sensores automáticas (Figura 16) têm sido incorporadas as edificações visando o uso racional da água.

As torneiras automáticas possuem sensores que só são ativados quando detectam a presença de alguma pessoa e possuem fechamento automático com tempo pré-determinado. Chegam a economizar até 55% de água, se comparada a outros produtos convencionais.



Figura 16 – Torneira com sensor automático.

Fonte: <http://www.docol.com.br/pt/produtos>.

5.3.5. Bacia com descarga dupla

Uma empresa de origem espanhola desenvolveu a bacia de descarga dupla (Figura 17) foi desenvolvida por uma empresa de origem espanhola. O sistema agrega todas as características dos modelos de bacias comuns, porém, possui um diferencial com duas opções de volume de descarga, de três e seis litros.

A incorporação da bacia de descarga dupla apresenta as seguintes vantagens:

- São resistentes a altas pressões;
- Possuem fácil instalação e regulagem;
- Economia de 60% se comparado aos modelos de bacias comuns;
- Funcionamento silencioso, tanto na descarga quanto no abastecimento de água.



Figura 17 – Bacia com descarga dupla.

Fonte: <http://www.rocabrasil.com.br>.

5.3.6. Lâmpadas de LED

Mais eficientes do que as lâmpadas comuns, as lâmpadas de LED consomem apenas quatro watts e são muito mais eficientes do que as lâmpadas comuns (dicrónica tradicional), gerando uma economia de energia de 80%.

Esse tipo de lâmpada produz um foco de alta intensidade, não gerando raios infravermelhos ou ultravioletas, e com vida útil de 35 mil horas (10 vezes mais que as lâmpadas comuns).

No Brasil, uma empresa pioneira na fabricação de lâmpadas de baixo consumo de energia, desenvolveu uma modelo de lâmpada LED (Figuras 18) que consome apenas 1 watt, normalmente aplicada em forros falsos e nichos.



Figura 18 – Lâmpada Led Mine 3022.

Fonte: http://www.ledpoint.com.br/lum_mime3022.htm.

5.3.7. Tintas de terra

Um material que vem sendo comumente utilizado nas edificações novas são as tintas de terra.

Estas tintas ecológicas são produzidas sem a utilização de insumos derivados do petróleo. São formuladas com matérias-primas naturais, de forma a minimizar os impactos ao meio ambiente.

As tintas de terra possuem como seu principal componente a terra crua. É um material atóxico, ao contrario da maioria das tintas convencionais, preservando dessa forma o meio ambiente e a camada de ozônio.

Essas tintas podem ser aplicadas em fachadas ou nas paredes interiores de uma edificação, com as seguintes vantagens:

- Aplicação em paredes internas, o que proporciona um ambiente mais saudável por não fechar os poros das superfícies;
- Aplicação em paredes externas auxilia no isolamento térmico da construção, diminuindo dessa forma os gastos com aparelhos climatizadores;
- Produto disponível no mercado atual em sete cores: terracota, cerâmico, amarelo, verde, chocolate, preto e branco;
- Rendimento de um m² por litro com duas demãos;
- Não desbotam.



Figura 19 – Tintas de terra.

Fonte: <http://www.ecocasa.com.br/produtos.asp?it=2332>.

5.3.8. Piso de bambu

Bambu é o nome que se dá as plantas da subfamília Bambusoideae, da família das gramíneas. O bambu é considerado um recurso natural abundante e renovável, de altíssima taxa de absorção de carbono, o que o torna uma excelente opção para renovação do ar que respiramos.

O piso de bambu apresenta muitas vantagens em sua aplicação, se comparado com os pisos convencionais de madeira, como:

- Maior resistência e durabilidade em comparação aos pisos de madeira comuns;
- Maior facilidade de instalação e manutenção;
- Apresenta diversas tonalidades diferentes, podendo de essa forma ser combinado com todos os tipos de projetos.



Figura 20 – Uso do piso de bambu na construção de uma edificação localizada em São Paulo – SP, Brasil.

Fonte: <http://www.bamboolook.com.br>.

5.3.9. Madeira plástica

A madeira plástica é a alternativa ideal para um uso eficientemente ecológico de forma consciente e lucrativa.

É fabricado com diversos tipos de plásticos reciclados e resíduos vegetais de agroindústrias. É uma opção para ser utilizada preferivelmente em áreas externas, por exemplo, em “*decks*” (Figura 21), “*piers*”, fachadas, entre outros, já que a madeira plástica é resistente à corrosão de intempéries, imune às pragas, cupins, insetos e roedores. Podem ser comprados como madeira convencional e trabalhados com as mesmas ferramentas. São ainda apresentados em diversas cores para que atendam às principais necessidades de quem projeta e constrói. Como vantagens têm-se:

- Não empena, não racha e não solta farpas;
- Não absorve umidade;
- Não mofa e não cria fungos;
- Não é pintada, é pigmentada, portanto não desbota;
- Alta durabilidade (centenas de anos);
- Antiderrapante.



Figura 21 – Uso da madeira plástica na construção de um deck em uma edificação.

Fonte: <http://curitiba.olx.com.br/deck-painel-madeira-plastica-iid-210959709>.

5.3.10. Telhas ecológicas

A aplicação desse material, além de não prejudicar o meio ambiente e a saúde dos usuários, possui características mecânicas melhores e são mais leves do que as telhas de fibra de vidro, por exemplo. As telhas ecológicas (Figura 22) são feitas de placas prensadas de fibras naturais ou de materiais reciclados, principalmente, os plásticos.

Além disso, as telhas recicladas produzidas por embalagens de Tetra Pak (embalagem composta por papel, polietileno de baixa densidade e alumínio), por apresentar uma película de alumínio, refletem a luz solar garantindo uma condição térmica agradável nos ambientes internos da edificação.



Figura 22 – Telhas ecológicas.

Fonte: <http://sacolaecologica.wordpress.com/2010/01/26/telhas-ecologicas>.

6. GESTÃO DO CANTEIRO DE OBRAS DE BAIXO IMPACTO AMBIENTAL

Durante a construção de um edifício, o canteiro de obra pode mudar de lugar, ou seja, conforme a obra vai sendo executada o canteiro de obra vai sendo deslocado. Estes canteiros de obras, portanto, são responsáveis por originar uma grande quantidade de resíduos, poluição e incômodos para o empreendedor e a vizinhança da obra.

Hoje, devido principalmente ao crescente aumento do número de canteiros de obras no Brasil, torna-se necessário encontrar soluções para diminuir a produção de resíduos.

A gestão de resíduos de um canteiro de obras pode ser aperfeiçoada com a intervenção do construtor/incorporador da obra, em duas etapas sucessivas:

- A preparação técnica: consiste na redução dos resíduos na origem, no caso de haver uma demolição prévia, se faz um trabalho cuidadoso para minimizar os incômodos a vizinhança, diminuir a poluição gerada e, aumentar a possibilidade de reaproveitamento e reciclagem de resíduos. Além disso, modos construtivos coerentes com o projeto devem ser especificados detalhadamente, áreas para o armazenamento de resíduos dentro do canteiro de obras devem ser previstos, assim como a logística de coleta e fluxo de materiais gerados.
- Gestão do canteiro de obras: são compostos das etapas de caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação dos resíduos dentro do canteiro de obras, de forma segura e com qualidade, seguindo as premissas da NBR ISO 14001 Sistemas de gestão ambiental - Especificação e diretrizes para o uso.

6.1. Etapas da gestão dos resíduos no canteiro de obras

A figura 23 abaixo ilustra as principais etapas para elaboração de um projeto de gerenciamento de resíduos para um canteiro de obras de baixo impacto ambiental:



Figura 23 – Principais etapas do projeto de gerenciamento de resíduos.

6.1.1. Projeto

A preocupação com a geração dos resíduos em um canteiro de obras deve ser iniciada a partir do projeto arquitetônico. De acordo com o processo construtivo adotado e materiais empregados à geração de resíduos sólidos pode ser maior ou menor. Outra característica fundamental para redução dos resíduos em uma obra é o nível de detalhamento dos projetos, evitando desta forma a perda de materiais por quantitativos inexatos. Por isso, a fase de projeto é considerada fundamental para minimizar o desperdício durante a execução do empreendimento.

6.1.2. Caracterização dos resíduos

Nesta etapa, são realizadas as classificações dos resíduos gerados durante o período da construção (Tabela 1). Os resíduos são gerenciados quanto aos seus riscos físicos, químicos, biológicos e potenciais para gerar acidentes.

É também nesta etapa que a geração média dos resíduos é quantificada (em kg ou m³), seguindo o cronograma executivo do empreendimento, para dessa forma, atingir um melhor planejamento quanto ao seu tratamento e destinação final.

Os resíduos provenientes do canteiro de obras são classificados seguindo as premissas da Resolução CONAMA nº 307/2002 e nº 348/2004:

- Classe A: entulho de alvenaria e concreto, pedras, restos de argamassas, telhas, solo escavado, etc.;
- Classe B: aço, alumínio (esquadrias), fio de cobre, madeira, latas, papéis (embalagens, documentos, argamassa), papelão, perfis metálicos, plástico (PVC, embalagens), vidro, zinco, tubo de ferro, etc.;
- Classe C: gesso, isopor, lixas, massa de vidro, manta asfáltica, papel (sacos de cimento), etc.;
- Classe D: sobras de aditivos, tintas, sobras de materiais de pintura, etc.

Resíduo Orgânico	MARROM - Alimentos Estragados ou Vencidos, Restos de Alimentos, Verduras e Legumes, Pó de Café, Chá, Cascas e Bagaços de Frutas, Coador de Café, Cabelos, Folhas Secas, Flores, Aparas de Grama, Mato, etc.
Plásticos	VERMELHO - Canudos, Baldes, Bacias, Copos Plásticos, Embalagens de Material de Limpeza, de Margarina, Embalagem Plástica de Pasta de Dentes, Pratos e Talheres Plásticos, Garrafas Plásticas PET, Sacos Plásticos em Geral, etc.
Papel / Papelão	AZUL - Papel, Caixas de papelão, Envelopes, Embalagens de Sabonete, Jornais, Livros, Revistas, Folhetos, Guardanapo, Embalagens Cartonadas e Longa Vida, etc.
Vidros	VERDE - Copos e Embalagens de Vidro, Garrafas em Geral, Potes de Alimentos, Vidros de Perfumes, Cacos de Vidro, Vidros Planos, etc.
Madeira	PRETO - Compensado, Móveis, Eucalipto, Tábuas, Pontaletes, Lenha, Árvores Caídas, Pedacos de Madeira, Serragem, Cavaco de Madeira, etc.
Metal	AMARELO - Alumínio, Clips, Cobre, Colher, Garfo, Grampos, Ferro, Vergalhão, Aço, Fios Elétricos, Latas de Alumínio em Geral, Papel Alumínio, Parafusos, Pregos, Sucatas de Reformas, Tampa metálica de Embalagens, Tambores e Latas não Contaminados, etc.
Resíduos Perigosos (Contaminados)	LARANJA - Baterias e Pilhas, Embalagem de Agrotóxicos, Inseticidas, Lâmpadas Fluorescentes ou de Vapor de Mercúrio, Pesticidas, Produtos Químicos, Tintas e Solventes, Papel, Papelão, Plásticos e Embalagens Contaminadas, Tonner, Cartuchos de Impressoras, Filtros, Sucatas Metálicas Contaminados, EPI Contaminado, Estopas, Trapos e Panos Contaminados, Madeira, Borracha, Mangueiras e Lonas Contaminadas, Óleo Lubrificante, etc.
Não Reciclável, Misturado, ou Contaminado	CINZA - Balões de Festa, Bitucas de Cigarro, Borrachas, Cabo de Panela, Cerâmica, Embalagens Aluminizadas de Biscoitos, Elástico, Esponjas de Aço, Etiquetas Adesivas, Filmes Fotográficos de Raio X, Fita Crepe, Fitas Adesivas, Flanelas, Fotografias, Gesso, Lâmpadas Comuns, Luvas de Látex, Papel Carbono, Papéis Parafinados, Plastificados e Metalizados, Pano de Chão, Pneus, Porcelana, Produtos Eletrônicos, Tomadas, Tubos de TV, Embalagem Metálica de Pasta de Dentes, Escovas de Dentes, Papel higiênico, etc.
Resíduos Ambulatoriais e Resíduos de Saúde	BRANCO - Agulhas, Ampola, Lâmina de Bisturi, Luvas Descartáveis, Frascos de Remédio, Órgãos e Tecidos Removidos, Remédios Vencidos, Vacina Vencida, Sangue Coagulado, Seringas, Curativos, etc.

Tabela 1 – Classificação dos resíduos oriundos da construção civil.

Fonte: Setor de Qualidade, Segurança e Meio Ambiente de empresa de grande porte do setor da construção civil brasileira.

Na Tabela 2 abaixo, encontra-se a identificação dos resíduos gerados por etapa de uma construção do tipo residencial:

FASES DA OBRA	TIPOS DE RESÍDUOS POSSIVELMENTE GERADOS
LIMPEZA DO TERRENO	SOLOS
	ROCHAS, VEGETAÇÃO, GALHOS
MONTAGEM DO CANTEIRO	BLOCOS CERÂMICOS, CONCRETO (AREIA; BRITA)
	MADEIRAS
FUNDAÇÕES	SOLOS
	ROCHAS
SUPERESTRUTURA	CONCRETO (AREIA; BRITA)
	MADEIRA
	SUCATA DE FERRO, FÓRMAS PLÁSTICAS
ALVENARIA	BLOCOS CERÂMICOS, BLOCOS DE CONCRETO, ARGAMASSA
	PAPEL, PLÁSTICO
INSTALAÇÕES HIDRO-SANITÁRIAS	BLOCOS CERÂMICOS
	PVC
INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	BLOCOS CERÂMICOS
	CONDUITES, MANGUEIRA, FIO DE COBRE
REBOCO INTERNO/EXTERNO	ARGAMASSA
REVESTIMENTOS	PISOS E AZULEJOS CERÂMICOS
	PISO LÂMINADO DE MADEIRA, PAPEL, PAPELÃO, PLÁSTICO
FORRO DE GESSO	PLACAS DE GESSO ACARTONADO
PINTURAS	TINTAS, SELADORAS, VERNIZES, TEXTURAS
COBERTURAS	MADEIRAS
	CACOS DE TELHAS DE FIBROCIMENTO

Tabela 2 – Geração de resíduos por etapa de uma construção do tipo residencial.

Fonte: VALOTTO, 2007.

6.1.3. Triagem

A triagem dos resíduos constitui na elaboração dos procedimentos necessários para a segregação de todos os resíduos sólidos originados durante a execução da obra, sendo classificados e separados em locais adequados. Caso o espaço do canteiro de obras seja limitado para segregação dos resíduos sólidos, esta poderá ocorrer em Áreas de Triagem e Transbordo (ATT), com identificação adequada da área e do responsável técnico.

6.1.4. Acondicionamento dos resíduos

Nesta etapa, são definidos os procedimentos a serem adotados para o correto acondicionamento dos resíduos sólidos, segundo sua classe/tipo, de forma a garantir a integridade dos materiais coletados.

Os locais destinados à armazenagem de cada resíduo são definidos e identificados na planta do canteiro de obras, antes do início da execução do empreendimento. Além disso, também é realizado o dimensionamento (capacidade volumétrica, espaço utilizado, material destinado, etc.) dos pontos de segregação dos resíduos sólidos.

Dependendo do estágio em que se encontra a obra, o armazenamento poderá ser feito, utilizando os espaços já construídos, que ainda não entraram na fase de acabamento.

6.1.5. Transporte interno/externo dos resíduos

Os procedimentos para realização do transporte interno e externo dos resíduos sólidos no canteiro de obras são definidos nesta etapa, onde a logística de movimentação vertical e horizontal mais adequada é utilizada. Também são definidos os procedimentos a serem adotados para reutilização e reciclagem dos materiais anteriormente armazenados.

O transporte externo deve ser realizado com o documento de Controle de Transporte de Resíduos (CTR). Este documento contém a identificação do gerador dos resíduos sólidos, dos responsáveis pela execução da obra e a identificação da unidade de destinação final (empresa licenciada). Além disso, são pré-definidos os horários de coletas, a frequência e itinerário, obedecendo ao planejamento executivo da obra.

6.1.6. Destinação dos resíduos

Após a triagem, acondicionamento e transporte dos resíduos, devem seguir as condições estabelecidas pela Resolução CONAMA nº 307/2002 e nº 348/2004. Para realização desta etapa é necessária a apresentação da carta de viabilidade da empresa responsável pelo recebimento e destinação dos resíduos coletados na obra. Sendo esta licenciada e qualificada para exercer tais atividades.

Os resíduos considerados Classe A (ver item 6.1.2 – Caracterização dos resíduos), são destinados para áreas de triagem, reciclagem ou aterros da construção civil. Já os resíduos da Classe B, são comercializados para empresas corporativas ou associações, responsáveis por reciclar ou reutilizar esses resíduos como combustíveis para fornos, por exemplo. Para os resíduos das Classes C e D, é necessário um estudo junto aos fornecedores desses tipos de materiais para uma decisão mais adequada quanto a sua destinação final.

7. REUSO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

7.1. Histórico

Na década de 1990, tiveram início as primeiras idéias sobre a vida útil dos materiais, tendo como foco principal os problemas causados pelo desperdício dos mesmos. Assim, houve uma preocupação com o que poderia ser feito com materiais descartados, em vez de jogá-los em aterros.

Nos últimos anos, houve um grande incentivo para que se faça o reuso e a reciclagem de produtos e materiais, tanto aqueles utilizados na indústria da construção civil, como também oriundos de outros setores. A conversão dos resíduos comumente descartados em novos recursos possui caráter essencial para os desafios da sustentabilidade na construção civil atual.

Hoje, é cada vez mais comum encontrar arquitetos e engenheiros com a intenção ou, pelo menos, com o desejo de utilizar materiais recicláveis e/ou reconicionados (processo de restauração de um elemento para uma condição que permita o seu reuso) em seus projetos. Esta é uma prática bastante utilizada em construções de pequeno porte ou em projetos de restauração. Porém, em obras de grande porte ainda são pouco utilizadas.

Grande parte dos componentes e materiais utilizados no setor da construção civil pode ser obtida no mercado de reciclados, reconicionados e reaproveitados. Para se obter esses produtos será necessária muito da paciência do cliente e da determinação constante da equipe envolvida em todo o projeto.

Atualmente, no Brasil, encontrar produtos reciclados ou reaproveitados adequados para se fazer um projeto que nele possam ser incorporados, exigirá uma maior dificuldade comparada com as construções convencionais, onde são utilizados materiais novos e a geração de resíduos e entulho ainda é muito grande. Para cada produto e/ou material encontrado, é necessário ser abordado e discutido as seguintes questões:

- Comparar e avaliar os principais benefícios ambientais da utilização de produtos e materiais reaproveitados e reciclados;
- Estudar os procedimentos de instalação desses materiais e, dessa forma, discutir sua viabilidade para um determinado empreendimento;
- Análise quanto ao seu desempenho, qualidade, durabilidade, segurança e garantia;
- Custo-benefício, em relação à utilização de outros produtos;
- Processo de compra, levando em consideração principal o seu preço e prazo de entrega.

7.1.1. Reuso de materiais *in loco*

Segundo ADDIS (2010), o reuso *in loco* representa a reutilização de materiais, elementos e componentes de uma determinada construção em seu local de origem para outros fins, por exemplo, reutilizar as fundações de uma igreja antiga após sua remoção para projetar uma edificação comercial. Para garantir maior segurança, durabilidade e adequação da construção, os projetistas podem realizar uma análise *in loco* do que será reutilizado.

Para realizar tal procedimento de reuso *in loco*, é necessário fazer um estudo de viabilidade antes da execução da nova construção, ou seja, antes de se aproveitar as partes estruturais de um prédio antigo, por exemplo, é necessário saber se existirá uma mudança significativa no seu tipo de uso futuro para não colocar em risco os novos proprietários. Para isso, talvez seja necessário à realização de alguns reparos e reformas, mas mesmo assim o trabalho seria menor do que demolir e construir.

O uso desta prática minimiza o volume de entulhos oriundos das demolições e diminui os gastos com a utilização de novos materiais.

7.2. Classificação dos materiais de reuso

Há duas classificações de materiais e elementos de construção, os recuperados e os reconicionados. Os materiais recuperados são aqueles que anteriormente foram utilizados em uma obra e, foram simplesmente removidos e armazenados para colocação em um novo local, denominados produtos recuperados. Como exemplo, pode-se citar um vidro de fachada de um prédio comercial que agora faz parte do projeto de uma janela de um sobrado.

Já os produtos reconicionados, normalmente encontrados em depósitos de componentes arquitetônicos, são aqueles que sofreram um pequeno ou grande ajuste antes de serem utilizados para o reuso, como exemplo tem-se:

- Janelas e portas recuperadas de uma obra do tipo residencial prestes a ser demolida, que passaram por um tratamento para serem usadas agora na construção de algumas lojas de um Shopping Center;
- Uma bomba d'água ajustada para ser utilizada em um novo local e finalidade;
- Uma viga de madeira pertencente ao telhado de uma churrasqueira que será agora aproveitada como componente estrutural de um galpão industrial.

Segundo ADDIS (2010), existem três fontes primárias de produtos e materiais que podem ser retirados de um local e reutilizados em outro:

- Construções prestes a ser demolidas;
- Revendedores de vários produtos e materiais recuperados de demolições;
- Especialistas em equipamentos reconicionados.

A melhor oportunidade para se utilizar elementos recuperados, de um prédio a ser demolido, é no local do novo empreendimento. Seguindo esse raciocínio, como para o reconicionamento de produtos recuperados de uma construção prestes a ser demolida existe um grande custo envolvido devido ao transporte, limpeza, tratamento e armazenamento dos mesmos, a solução de menor custo seria reutilizar os materiais e elementos recuperados de um prédio no próprio local da nova obra.

7.3 Produtos de Construção com Conteúdo Reciclado (PCCRS)

Nessa categoria de elementos de construção, classificados como PCCRS (produtos de construção com conteúdo reciclado), incluem todos os produtos feitos a partir de materiais reaproveitados, que podem ser:

- Resíduos pós-industriais: são os materiais descartados de processos de manufatura, como obras de carpintaria, por exemplo;
- Resíduos pós-consumos: são os materiais que foram utilizados e posteriormente descartados como lixo, como madeiras retiradas de um prédio demolido, garrafas plásticas de bebidas, etc.;
- Produtos de madeira com aglomerados;
- Concreto feito de produtos que substituem o cimento;
- Agregados feitos do concreto triturado ou da demolição de prédios de alvenaria.

7.4. Utilizando produtos e materiais reaproveitados

Segundo KRISTINSSON *et. al.* (2001), para se incorporar materiais e produtos provenientes de demolições, são necessários estudos de projeto e construção completamente diferente do “habitual”.

Em uma construção convencional, a equipe de projeto desenvolve o projeto completo, e então os produtos e materiais ideais são procurados e comprados conforme o andamento da obra. Já em projeto de um prédio que utiliza materiais reaproveitados e/ou reciclados, muitas vezes será necessário primeiro comprar os produtos e materiais antes que o projeto seja iniciado.

Em outras palavras, em projetos com a utilização de produtos e/ou materiais reaproveitados são necessários encontrar os elementos a serem aplicados na construção antes da definição de qual método construtivo utilizar, pois existem fases em que as etapas construtivas de uma obra são diretamente interligadas. Como exemplo, pode-se citar a reutilização de um tipo de esquadria metálica, mas para isso é preciso saber se a mesma não terá interferências com a alvenaria de blocos de concreto por ser um projeto muito detalhado.

ADDIS (2010) afirma que é necessário seguir alguns (ou todos) os treze passos para concepção desse tipo de projeto, são eles:

- 1º: preparar uma lista inicial de produtos desejados e identificar possíveis lugares onde encontrá-los;
- 2º: preparar o esboço do projeto de construção;
- 3º: especificar tipos, tamanhos, quantidades e desempenho aproximados dos produtos/materiais necessários;
- 4º: identificar onde encontrar os materiais (em um prédio a ser demolido, em um depósito de itens recuperados de demolições);
- 5º: avaliar a condição dos materiais;
- 6º: desenvolver um método e uma planilha de custos para os processos necessários para tornar os materiais reutilizáveis;
- 7º: chegar a um acordo quanto a preço e compra dos materiais;
- 8º: esboçar o projeto de construção;
- 9º: organizar com o empreiteiro de demolição (quando necessário) um método a ser usado para remoção cuidadosa dos materiais do prédio a ser demolido;
- 10º: providenciar a embalagem, o transporte e a armazenagem dos materiais, quando necessário;
- 11º: providenciar acondicionamento/reparação/ensaios dos produtos;
- 12º: providenciar a entrega dos produtos no local da construção, incluindo armazenagem no local, se necessário;
- 13º: projeto detalhado e completo quando a natureza e o estado dos itens a serem utilizados são conhecidos.

Para que esse processo de reaproveitamento aconteça, são necessários que haja disponibilidade de prédios a serem demolidos, com potencial elevado de produtos e materiais a serem reutilizados; existência de métodos adequados para desmontagem, remoção e preservação dos elementos e, principalmente; que o incorporador e/ou construtor esteja disposto a enfrentar todos os desafios necessários para execução do empreendimento que agrega materiais reciclados e/ou reaproveitados.

7.5. Oportunidades para reuso e reciclagem de materiais

Segundo RAYNER (2002), as circunstâncias em que a reciclagem pode ser uma proposta prática variam de material para material e de produto para produto.

Aqui serão abordados os principais materiais com conteúdo reciclado utilizados na construção civil. Geralmente, a reciclagem de materiais pode ser classificada em três tipos:

- A primeira se encontra os materiais que necessitam de ser eliminados de alguma maneira, como por exemplo: cinzas de incineração, lodo de esgoto, resíduos de mineração, etc. Embora esses materiais possuam uso bastante limitado na construção de obras residenciais, eles são comumente utilizados em projetos de engenharia.
- O segundo tipo de reciclagem é aquela onde os subprodutos de processos industriais passam por um tratamento e reaproveitamento realizado na própria indústria fabricante do produto, antes que este seja encaminhado à obra. Por exemplo, na fase de corte do processo de fabricação de placas de gesso, muitos resíduos são gerados, mas, logo encaminhados para sua reciclagem.
- O terceiro tipo é aquele realizado com resíduos pós-consumo, que necessitam de ser coletados e separados de outros materiais, para posterior tratamento a fim de torná-los apropriados para reutilização.

7.6. Principais materiais reciclados utilizados na construção civil

A seguir, serão apresentados os principais materiais reciclados, que atualmente vem sendo utilizados na construção civil, entre eles destacam-se: detritos de solo e escavação; madeiras; metais ferros e não ferrosos; alumínio; vidro e plástico.

7.6.1. Detritos de solo e escavação

O material sobre o qual são construídas as edificações pode variar muito em sua composição, dependendo também de sua profundidade de escavação. Tanto para o uso ou reuso do solo, esse pode ser avaliado de três formas:

- 1º: Quanto à sua resistência, capacidade de suportar uma determinada carga;
- 2º: Quanto às suas qualidades ecológicas, para o cultivo de plantas e, também;
- 3º: Quando à sua permeabilidade.

Assim, uma análise realizada por um engenheiro geotécnico ou de solos se faz necessária para o desenvolvimento de um projeto. Através desse levantamento, é possível determinar a quantidade de solo que será escavada do terreno e, posteriormente, quantificar qual será o gasto para destinação desse material para aterros.

Hoje, a atividade de reaproveitamento das grandes quantidades de solo ainda são pouco utilizadas pelas empresas construtoras o que provocou o aumento considerável no valor das taxas para destinação deste material aos aterros.

Como solução a esses custos, o material que seria anteriormente enviado para aterros, pode ser utilizado no local da nova obra, como por exemplo, para: execução de bases temporárias para área de construção, preenchimento de buracos indesejáveis e paisagismo.

7.6.2. Alvenaria estrutural e de vedação

A prática do reuso de elementos para alvenaria estrutural ou de vedação pode ser mais uma opção para engenheiros e arquitetos em novos projetos.

Para o reuso de blocos, tijolos e pedras de uma determinada construção prestes a ser demolida é preciso analisar, em primeiro momento, que tipo de argamassa foi utilizado em seu processo construtivo. Em casos de utilização de argamassas de cimento, por exemplo, torna-se difícil a separação mecânica das unidades por estas apresentarem grande resistência. Já no caso da utilização de argamassas de cal, o que resulta em um rejunte de menor resistência, o reaproveitamento das unidades é mais fácil.

Tendo agora como foco os produtos e materiais com conteúdo reciclado (Figura 24), os tijolos podem ser fabricados utilizando-se resíduos pós-industriais, restos da mineração de carvão, lama de esgoto, entre outros. Já na fabricação de blocos de concreto com conteúdo reciclado, podem ser utilizadas cinzas volantes (elementos produzidos nas centrais termoelétricas pela queima de combustível, carvão) e escórias de alto-forno (formada pela fusão das impurezas do minério de ferro com calcário e dolomita) em proporções bem definidas, dependendo de sua finalidade.



Figura 24 – Construção localizada em Tewkesbury, Reino Unido, onde foram empregados tijolos reaproveitados.

Fonte: Bill Addis, pág. 201.

7.6.3. Madeiras

Segundo ROSS (2002), a reutilização de madeiras antigas na construção de novos empreendimentos, além de contribuir para a diminuição do impacto ambiental, pode agregar mais qualidade à edificação futura, porque muitas vezes a madeira antiga possui menos defeitos, menor quantidade de nós, são mais resistentes e, podem ser encontrados no mercado sob diversos comprimentos e espécies.

Desde a época romana, estacas feitas de madeira têm sido utilizadas, em construções de pontes e catedrais. O segredo para sua preservação esta em manter as fundações feitas de madeira submersas em água, visto que o motivo da peça apodrecer esta no contato com o oxigênio.



Figura 25 – Estacas de madeiras inspecionadas e consideradas em ótimas condições para o reuso.

Fonte: Ove Arup & Partners.

As madeiras de tamanhos maiores são mais fáceis de serem reaproveitadas em novos projetos, já que pilares e vigas pequenas feitas de madeira necessitam de ser removidas com cuidado, além de exigir uma limpeza e remoção de pregos, se existirem. A maioria de produtos em painéis de madeira, como compensado, é destinada a fábricas especializadas, nas quais as mesmas serão reduzidas a pedaços menores para produção de novos produtos de madeira, como aglomerados e peças de MDF, placa de fibra de madeira de média densidade, pois é difícil reaproveitar esse tipo material.

As madeiras leves são altamente suscetíveis a danos durante o processo de desconstrução ou demolição, quer pela facilidade com que elas lascam, quer por danos em sua superfície.

A madeira recuperada de demolições possui um grande potencial para ser reciclada ou reaproveitada, dependendo diretamente do seu estado de conservação. Sendo assim, a madeira originária de demolições de outras obras, pode:

- Ser reutilizada e vendida por volume ou comprimento como madeira estrutural ou não estrutural;
- Ser reaproveitada para se fazer fôrmas para concreto;
- Ser reciclada como aglomerado para o uso na fabricação de gabinetes de cozinha;
- Ser reciclada e utilizada como corretivo orgânico do solo.

Fugindo um pouco do setor da construção civil propriamente dito, vale ressaltar que os resíduos de madeira podem ser reciclados para se fazer papel e papelão. Além disso, outra utilização importante dos resíduos de madeira é a sua incineração, que libera energia para aquecimento de águas e funciona também como gerador de eletricidade.

7.6.4. Metais

Os metais necessitam de uma grande quantidade de energia para sua extração e fabricação, o que os torna materiais muito caros se comparados a outros materiais não metálicos utilizados na construção civil. Porém, sua separação é mais simples de ser realizado, como exemplo:

- A separação do ferro e do aço misturados com o lixo misto, que pode ser feita com a utilização de um eletro-ímã;
- O alumínio e o cobre que podem ser removidos por processos eletromagnéticos;
- A utilização de fluidos para segregação dos materiais metálicos de acordo com suas densidades.

Segundo ADDIS (2010):

Por essas razões, apenas uma pequena, mas, ainda sim, significativa, quantidade de metal acaba em aterros; metais que comumente se aderem com muita firmeza a outros materiais de valor muito baixo tornam o processo de separação economicamente inviável, como alguns painéis compostos para luminárias (ADDIS, 2010).

Os metais são classificados em duas principais categorias: metais ferrosos (aço e ferro) e metais não ferrosos, que serão mais bem detalhados a seguir.

7.6.4.1 Metais ferrosos

O aço, material ferroso, de modo geral, utilizado nas estruturas, possui grande potencial de reciclagem. Isso porque os perfis feitos de aço são fabricados obedecendo a um padrão, onde existem diversos tipos de limites de elasticidade. Além dessas características, os produtos de aço apresentam alta resistência, o que significa que muitos podem ter uma longa vida útil e ser reutilizados diversas vezes. Um exemplo disso são as estacas de folhas de aço que são frequentemente reaproveitadas.

Os benefícios ambientais com a prática do reuso de vigas, pilares e lajes feitas de aço são inúmeros, já que a energia é economizada duas vezes – primeiro, é economizada a energia utilizada para derreter o aço novamente para fabricação de outra peça; segundo, a energia poupada na fabricação de novos produtos, utilizando-se matéria-prima (ferro).



Figura 26 – Canos de aço reaproveitados pela empresa Greenpiles como estacas de fundações.

Fonte: Greenpiles (www.greenpiles.co.uk).

7.6.4.2. Metais não ferrosos

Os metais não ferrosos como o latão, o cobre, o alumínio, o chumbo, entre outros, normalmente são mais caros do que os metais ferrosos. Isso porque são metais em menor abundância do que o aço. Porém, o índice de reaproveitamento dos metais não ferrosos é bastante elevado.

Uma diferença fundamental entre metais ferrosos e não ferrosos é que estes últimos não são feitos em formatos padrão, com exceção, talvez, dos tubos de cobre e cabos elétricos. Certamente uma das principais características da maioria dos metais é a facilidade com que podem ser feitos em formas e tamanhos diversos; por exemplo, esquadrias, canos, painéis de fachadas prensados, conectores de equipamentos elétricos, acessórios para portas e janelas, e assim por diante.

“Embora produtos inteiros contendo tais componentes de metal possam ser reutilizados (por exemplo, motores elétricos), é altamente improvável que os próprios componentes metálicos sejam reutilizados separadamente.” (Bill Addis, 2010 pág. 127).

7.6.5. Alumínio

A reciclagem de alumínio, como as embalagens de refrigerantes, contribui para o desenvolvimento sustentável, econômico e social do país, visto que hoje milhares de famílias brasileiras participam diretamente da cadeia de reaproveitamento desse material, desde sua coleta até o produto final. Além disso, assim como o aço, o alumínio é um material que apresenta um bom aproveitamento para a reciclagem, devido as suas características físico-químicas que permitem sua reutilização inúmeras vezes.

7.6.6. Concreto

Segundo ADDIS (2010):

Concreto é constituído de agregados (geralmente com 55% de brita e 25% de areia), cimento (14%), água (6%) e diferentes aditivos para influenciar a viscosidade no preparo da massa e a reação química durante a cura. Seu uso tem considerável impacto ambiental – especialmente a escavação ou a dragagem para extração de cascalho e areia, e a grande quantidade de energia utilizada no aquecimento da cal para certa de 2.000 °C, a fim de produzir cimento (ADDIS, 2010).

Normalmente, o concreto que sobra utilizada na construção de uma edificação, é triturado e encaminhado para um aterro. Esse é um dos principais motivos para se realizar o reaproveitamento do concreto, seja *in loco* ou não.

Apesar de o concreto ter um valor econômico limitado como um produto reutilizável, seu amplo uso na construção civil significa que é, de fato, um bom material de reuso ou à reciclagem, com o intuito de minimizar os custos e impactos ambientais associados à sua disposição.

A produção do concreto por ser um processo químico irreversível, não é facilmente reciclada, assim como o aço. Por isso, as únicas alternativas de reciclagem do concreto são:

- Utilizá-lo, depois de triturado, como forma de preenchimento ou paisagismo;
- Utilizá-lo como forma de agregado secundário para concreto novo de baixa resistência, na construção de pisos, lajes e paredes;
- Utilizá-lo como brita (Figura 27) proveniente da reciclagem do concreto, na fabricação de peças não estruturais e pisos intertravados.



Figura 27 – Brita derivada do processo de reciclagem do concreto, com diâmetro inferior a 39 mm.

Fonte: <http://www.usifort.com.br/produtos.php?pagina=11>.

Como forma de reduzir o impacto ambiental, gerada pelo consumo crescente e exagerado do concreto, existem algumas soluções:

- Reutilizar os componentes de concreto provenientes das demolições;
- Substituir agregados virgens por outros tipos de materiais;
- Minimizar o desperdício no canteiro de obras, através de práticas sustentáveis;
- Prolongar a vida útil das estruturas de concreto.

7.6.7. Vidro

O vidro é um material que, se utilizado de forma adequada nas edificações, oferece uma excelente iluminação natural minimizando dessa forma os gastos com energia elétrica. Além disso, é um dos materiais mais fáceis de serem reciclados. Existem três tipos de vidros que podem ser reutilizados:

- Vidros duplos selados;
- Vidro temperado ou laminado de fachadas;
- Vidros de janelas simples.

Porém, uma das principais dificuldades encontradas no processo de reutilização do vidro é a probabilidade de acidentes durante sua retirada do local onde foi empregado. Além disso, o obstáculo mais difícil encontrado pelos construtores e incorporadores das novas edificações é conseguir superar as exigências dos clientes quanto ao maior isolamento térmico e acústico. Com isso, a atividade de reutilização do vidro raramente é um negócio que trás lucros, situação que pode mudar futuramente, visto que o desenvolvimento sustentável tem ganhado cada vez mais força com o passar dos anos.

Atualmente, a grande maioria do vidro reciclado é triturado e utilizado na fabricação de isolantes de fibra de vidro. Além disso, tem sido bem sucedida o uso do vidro moído como “microenchimento” em concreto, pois para esta solução, o produto teve aumento de durabilidade, resistência e propriedades de escoamento, reduzindo desta forma a utilização de plastificantes. ADDIS (2010) afirma que:

Muitas experiências estão sendo feitas para encontrar outros usos para o vidro triturado ou pulverizado, incluindo seu uso como microagregado em concreto e como material de preenchimento para tijolos, telhas e tubos de argila para drenagem. Um uso particularmente interessante sendo desenvolvido é a utilização do vidro juntamente com uma “espuma” para fazer blocos semelhantes a blocos de concreto, porém mais leves e com melhores propriedades de isolamento (ADDIS, 2010).

7.6.8. Plástico

O setor da construção civil é um dos principais usuários de plástico, perdendo apenas para a indústria de embalagens. Por isso, é necessário que o processo de gestão desse tipo de material seja melhorado constantemente, principalmente dentro do canteiro de obras durante a fase de execução do empreendimento. O sucesso da reciclagem do plástico depende da sua separação inicial, de acordo com seu tipo e classificação, segundo a Resolução CONAMA nº 307/2002. Para auxiliar na separação dos resíduos plásticos pós-consumo, sete tipos básicos de polímeros são identificados dentro do símbolo de reciclagem (Figura 28).


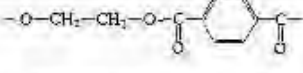





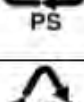
Código de identificação de plásticos	Principais usos	Polímero
 01 PET	Garrafas de refrigerantes, de óleos de cozinha e bolões de plástico.	 Politereftalato de etila (PET)
 02 PE-HD	Garrafas de detergentes, pacotes de leite e garrafas de compressão.	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ High density polyethylene - Polipropileno de alta densidade
 03 PVC	Tubos de canalização, vedações, capas impermeáveis, discos de vinil.	$-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{Cl})-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{Cl})-$ Policloreto de vinila (PVC)
 04 PE-LD	Sacos de plástico, contentores, capas impermeáveis.	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ Low density polyethylene - Polipropileno de baixa densidade (pode conter algumas ramificações)
 05 PP	Tampas de garrafas de água, palhas de beber, fibras industriais, recipientes usados no forno microondas.	$-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CH}_3)-$ Polipropileno (PP)
 06 PS	Brinquedos, copos de bebidas, cassetes VHS, embalagens e tabuleiros de comida <i>take-away</i> .	$-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-$ Poliestireno (PS)
 07 O	Recipientes de comida como <i>tupperwares</i> , recipientes de ketchup.	Outros tipos de resinas de plásticos (exemplos, Poliuretano, Poliamida)

Figura 28 – Tabela de códigos de identificação de plásticos.

Fonte: <http://plasticberg.org/enquadramento.htm>.

Desses sete tipos de polímeros, PET e polietileno são os mais fáceis de reciclar. O PVC é muito utilizado na construção civil; no entanto, as preocupações ambientais relativas ao seu ciclo de vida têm levado à utilização cada vez maior de alternativas, tais como linóleo sem PVC. Já os materiais incluídos no grupo 07 estão os plásticos formados por diferentes tipos de polímeros, o que torna a reciclagem impossível.

Atualmente, uma grande variedade de produtos feitos totalmente ou parcialmente de plásticos reciclados está disponível para o uso no setor da construção civil.

Podem-se citar como exemplos os seguintes produtos feitos de plástico reciclado:

- Produtos para contenção de terra e geotêxteis;
- Esquadrias;

- Diversos tipos de tubos e dutos;
- Materiais de isolamento;
- Revestimentos de piso e parede;
- Grana sintética para área de lazer.

7.6.9 Cobertura

Hoje, o reuso e reciclagem dos materiais encontrados nas coberturas das edificações tem sido comumente incorporada pelas construtoras, devido à facilidade de obtenção e aplicação. Telhas recicladas (Figura 29), de argila e ardósia, por exemplo, são reutilizadas não só em coberturas, mas também em revestimentos de paredes.

Tal facilidade de reuso e reciclagem dos materiais utilizados nas coberturas ocorre devido a diversas razões, tais como:

- Os elementos utilizados nas coberturas são materiais de construção simples, primários;
- São materiais de fácil armazenamento;
- Durante o processo de demolição são fáceis de remover;
- São materiais de fácil transporte e fixação por serem bastante leves;
- Geralmente exigem pouca reforma.



Figura 29 – Modelo de telhas recicladas fabricadas em placas de tamanho reduzido.

Fonte: http://casa.abril.com.br/coberturas/feiraseventos/coberturas_275448.shtml.

As coberturas de folhas metálicas maleáveis podem ser facilmente reutilizadas e recicladas, desde que haja preservação das peças quanta ocorrência a dobras e rachaduras.

A principal dificuldade encontrada para o reuso de materiais de cobertura é a de combinar peças novas com outras já utilizadas anteriormente *in loco*. Isso porque, além da grande variedade de cores e tamanhos, encontrar um bom intertravamento entre as peças não é uma tarefa fácil.

7.7. Custos e valores de projetos que utilizam materiais e elementos reaproveitados

Com o grande desenvolvimento e crescimento que a construção civil se encontra, principalmente no setor imobiliário, avaliar os benefícios da reciclagem e reuso de materiais não é um trabalho simples. Na maioria dos projetos o custo envolvido é a principal restrição para a utilização dos métodos de reaproveitamento de materiais e elementos da construção.

Segundo ADDIS (2010), é necessário realizar uma análise de alguns itens com relação aos custos envolvidos, pois esses não fazem parte de um projeto de construção convencional:

- Encontrar produtos e materiais em depósitos de itens recuperados de demolições;
- Encontrar prédios em demolição que possam ser fonte de componentes e produtos utilizáveis;
- Demolição seletiva (desconstrução) cuidadosa (em comparação às práticas convencionais);
- Armazenamento imediato após a demolição e após a restauração para reuso;
- Reparação de produtos ou materiais pra reuso;
- Ensaios de materiais e produtos para obter comprovação de desempenho.

Naturalmente, como qualquer outro produto, o custo para obtenção de elementos reaproveitados ou reciclados provenientes da construção depende diretamente de sua abundância no mercado. Em uma determinada semana o aço reaproveitado da demolição de um prédio pode estar disponível para sua reutilização, facilitando dessa forma sua incorporação em novos projetos, por exemplo. Já o inverso dessa situação, causaria um maior custo para desenvolver o mesmo empreendimento, devido à escassez do material.

Em alguns casos, como no reaproveitamento *in loco* dos entulhos oriundos de demolições, existem diversos benefícios com relação ao custo para execução do novo projeto. Os entulhos podem ser triturados e utilizados no próprio local da nova obra como forma de aterramento, sub-base para melhorar a acessibilidade no canteiro de obras, paisagismo, etc. Com isso, o custo de remover, transportar e depositar o entulho em um aterro pode ser evitado. Outro exemplo seria a de triturar o entulho e usá-lo como agregado secundário para o concreto de baixa resistência, o que dependerá das características exigidas pelo engenheiro ou arquiteto projetista estrutural.

Porém, a decisão de reutilizar produtos e materiais em novas incorporações, geralmente não depende somente do custo para aquisição dos mesmos, mas também algumas considerações com relação aos benefícios ambientais são incluídas, o que torna dessa forma a decisão baseada em valores ao invés de somente custos. Seguindo esse raciocínio, o valor da obra é muitas vezes subjetivo, ao contrário do custo. Assim, uma construção feita com elementos reciclados e reaproveitados irá depender dos valores exigidos pelo cliente e do comprometimento da equipe de projeto para atingir tal objetivo.

8. SISTEMAS DE CERTIFICAÇÕES

8.1. Histórico dos sistemas de certificação

Os sistemas de certificação não são recentes, visto que alguns deles existem há quase duas décadas e as diferenças entre eles vão de aplicações específicas para determinada região até avaliação de impacto versus desempenho ou consideração de operações e manutenção como parte do sistema. Cada país utiliza um selo próprio de certificação para edifícios sustentáveis ou adota e regionaliza um selo estrangeiro.

Os sistemas de certificação, categorização ou selo ecológico foram criados mediante uma escala que se permite se avaliar a incorporação de estratégias sustentáveis nas edificações, comparando-as com as construções convencionais.

Essas estratégias possuem um impacto positivo no desempenho das edificações que, além de indicar a sustentabilidade do empreendimento, serve para motivar outras empresas de projeto.

Como método preciso de comparação entre as edificações, os sistemas devem utilizar sistemas de avaliação consistentes sendo estes verificáveis, mensuráveis e quantificáveis. Estes devem ser também suficientemente desenvolvidos, apresentando um portfólio de prédios certificados, havendo transparência nos quesitos desenvolvimento e financiamento.

O valor de uma certificação voluntária também depende de seu selo, marca e nome. O desempenho das edificações pode ser comparado a outras com a finalidade de obter níveis mais altos de certificação sustentável, portanto, graças à grande demanda de edificações sustentáveis, novos paradigmas vêm sendo adotados quanto às maneiras de se projetar, construir e vender edificações.

Atualmente, os selos mais utilizados são:

- LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design* (EUA);
- Procel Edifica (Brasil);
- BREEAM – *BRE Environmental Assessment Method* (Inglaterra);
- HQE – *Haute Qualité Environnementale* (França)
- AQUA – Alta Qualidade Ambiental (Brasil/França);
- MÉTODO IPT.

8.2. Objetivo da Certificação

O objetivo do uso das certificações é promover conforto, qualidade e segurança para os usuários das edificações, através da incorporação de tecnologias construtivas sustentáveis e ecomateriais que irão permitir a redução dos impactos ambientais oriundos das atividades da construção civil.

Atualmente, as organizações que realizam a certificação oferecem normas e procedimentos para que a execução da edificação seja feita da melhor maneira possível. Além disso, as organizações são responsáveis pela avaliação do empreendimento, para saber se o que foi exigido pela certificação esta sendo executado corretamente.

8.3. Vantagens do emprego dos sistemas de certificação

Quando um empreendimento obtém uma pontuação alta em um determinado sistema de certificação, a construtora e/ou incorporadora responsável pela edificação costuma ser beneficiada por fatores como:

- Aumento da capacidade de atrair novos investimentos;
- Licenças preferenciais ou até prioritárias em alguns municípios;
- Relações públicas de alto valor;
- Incentivo ao desenvolvimento tecnológico para minimizar os impactos ambientais;
- Aumento dos conhecimentos e as habilidades das práticas sustentáveis.

8.4. Comparativo entre os métodos de avaliação

Os métodos de avaliação possuem aspectos conceituais em comum na busca pela melhoria do desempenho ambiental dos edifícios, que segundo SILVA (2003) seus principais aspectos são:

- Impactos do Empreendimento no Meio Urbano, onde há itens sobre os incômodos gerados pela execução, acessibilidade, inserção urbana, erosão do solo, espalhamento de poeira, entre outros;
- Materiais e Resíduos, compreendendo gestão de resíduos no canteiro e uso do edifício, emprego de madeira e agregados com origem legalizada, geração e correta destinação de resíduos, emprego de materiais de baixo impacto ambiental, reuso de materiais;
- Uso Racional da Água, visando à economia de água potável, como uso de equipamentos economizadores, acessibilidade do sistema hidráulico, captação de água de chuva, tratamento de esgoto etc.;
- Energia e Emissões Atmosféricas, que analisam a eficiência da envoltória, do sistema de ar-condicionado e iluminação artificial, entre outros assuntos e;
- Conforto e Salubridade do Ambiente Interno, considerando a qualidade do ar e o conforto ambiental.

8.5. Green Building

O Green Building Challenge (GBC) é uma ferramenta internacional de avaliação ambiental de edifícios, resultante de um consórcio que envolve vários países da Europa, Ásia e América na busca do desenvolvimento de incentivos à execução de construções mais adequadas do ponto de vista ambiental. Desse modo, não possui um órgão certificador específico, sendo uma ferramenta de discussão e aprimoramento de projetos que pode ser adotada por qualquer entidade de avaliação que defina fatores de ponderação para os elementos considerados.

Os assuntos abordados no Green Building Challenge referem-se ao consumo de recursos, cargas ambientais, qualidade do ambiente interno, qualidade do serviço, aspectos econômicos e gestão antes da ocupação do edifício.

8.6. Os principais sistemas de certificação

8.6.1. LEED

A certificação LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) é um programa foi criado em 1994 pelo U.S. Green Building Council (USGBC) que desenvolveu, nos Estados Unidos, um sistema de classificação de desempenho ambiental das construções, visando acelerar o desenvolvimento e a implantação de práticas de projeto e construção ambientais. (Figura 30).



Figura 30 – Selo do Programa de Liderança em Projeto de Energia e Ambiental (LEED).

Fonte: <http://www.usgbc.org>.

A avaliação é relacionada ao impacto gerado no meio ambiente devido a processos relacionados ao edifício como projeto, construção e operação. São analisados diversos aspectos relativos ao local do empreendimento, o consumo de água e de energia, o aproveitamento de materiais locais, a gestão de resíduos e, o conforto e qualidade do ambiente interno da edificação.

O sistema de pontuação é dado pela avaliação a partir de tabelas que definem o grau de sustentabilidade do edifício, seguindo os critérios apresentados na Tabela 3.

Categoria de desempenho		Descrição
	Desenvolvimento sustentável do local (SS)	Prevenção da poluição na atividade da construção, seleção do local do empreendimento, redução da poluição luminosa, projeto de águas pluviais e controle da qualidade, transporte alternativo com baixa emissão de CO2, recuperação de áreas contaminadas, etc.
	Eficiência da água (WE)	Uso eficiente da água, tratamento de águas servidas, aproveitamento de águas de chuva.
	Energia e atmosfera (EA)	Desempenho com consumo mínimo de energia, otimizar desempenho energético, uso de energia renovável, medição e verificação para garantir a performance do sistema
	Materiais e recursos (MR)	Estocagem e coleta de materiais recicláveis, reuso da construção, administração do entulho da obra, materiais reciclados e renováveis, madeira certificada
	Qualidade ambiental interna (EQ)	Qualidade do ar interior, controle da fumaça de tabaco ambiental, aumento da ventilação, materiais com baixa emissão (adesivos, selantes, tintas, etc), controle de produtos químicos e fontes poluentes, controle da iluminação, temperatura e ventilação, conforto térmico e projeto
	Inovação e processo de projeto (IN)	Inovação em projeto, profissional acreditado LEED

Tabela 3 – Critérios de Avaliação do LEED.

Fonte: <http://www.usgbc.org>.

Dependendo do desempenho do empreendimento, seguindo as premissas da certificação LEED (2009), este será premiado com a certificação nas seguintes categorias:

- Certificado: 40 a 49 pontos
- Prata: 50 a 59 pontos
- Ouro: 60 a 79 pontos
- Platina: 80 a 110 pontos



Figura 31 – Diferentes níveis da certificação LEED de acordo com o desempenho do empreendimento.

Fonte: <http://www.gbcbrasil.org.br/?p=certificacao>.

8.6.2. Procel Edifica

A etiqueta de eficiência energética, Procel Edifica, teve origem no Brasil, em São Paulo, para edifícios dos tipos comerciais, públicos e de serviços. O principal objetivo da etiqueta Procel Edifica, é incentivar a incorporação de técnicas construtivas mais eficientes nas construções, como ventilação e iluminação naturais, minimizando assim o consumo da energia elétrica.

A classificação utilizada para mensurar a eficiência energética nas edificações, foi desenvolvida pelo convênio entre o Laboratório de Eficiência em Edificações (LabEEE), Eletrobrás, membros do Inmetro do Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (Cepel), do Conselho Federal de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (Confea), da Caixa Econômica Federal (CEF) e do Instituto de Arquitetos do Brasil (IAB).

Segundo MACÊDO (2010), o programa de etiquetagem de edificações se encontra ainda em estágio inicial de adesão, porém, em pouco tempo será obrigatório nas construções futuras. Dessa forma, irá ocorrer uma mudança drástica na forma da concepção das edificações onde será necessário quantificar ainda no projeto o desempenho energético da construção após o término de sua execução.

A Figura 32 abaixo mostra os níveis de classificação de eficiência energética para edificações, onde é avaliada sua iluminação, condicionamento do ar e envoltória.

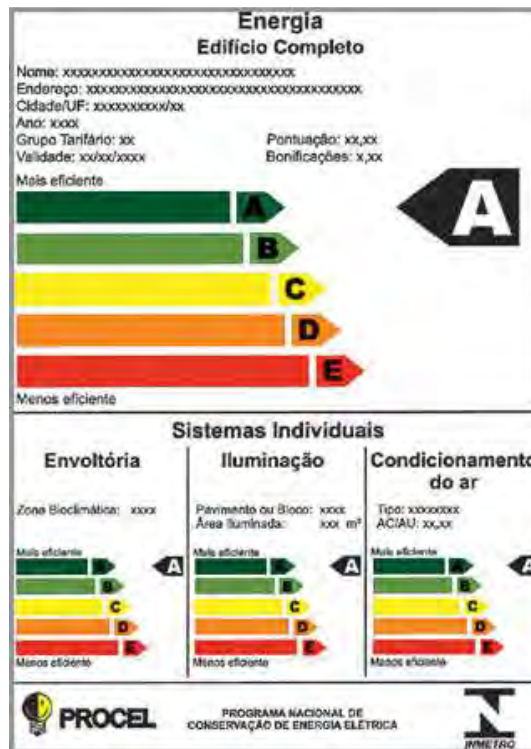


Figura 32 – Níveis de classificação de eficiência energética para edificações.

Fonte: <http://www.arcoweb.com.br/tecnologia/procel-edifica-etiqueta-de-11-12-2009.html>.

8.6.3. BREEAM

O sistema de certificação Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM), foi criado no Reino Unido em 1990 e foi o primeiro método de avaliação ambiental de edifícios.

Esse sistema é atualizado regularmente, geralmente de 3 a 5 anos, principalmente, para não haver uma defasagem devido às novas pesquisas, analisar a experiência acumulada e realizar alterações nas prioridades do mercado.

Segundo HOWARD (2001), estima-se hoje que entre 30% e 40% dos novos edifícios de escritórios do Reino Unido sejam submetidos a esta avaliação anualmente.

Segundo DOGGART (1997), o BREEAM é a metodologia de maior aceitação internacional. Foram adaptadas versões desse sistema às condições do Canadá e Hong Kong,

com o objetivo de priorizar aspectos de relevância regional na avaliação. Além disso, outras versões estão sendo desenvolvida na Dinamarca, Noruega, Austrália, Nova Zelândia e Estados Unidos.

Para se obter o certificado, devem-se respeitar os itens obrigatórios e, a classificação em um dos níveis de desempenho possíveis será de acordo com os itens classificatórios. Esses itens avaliam questões sobre os impactos do edifício no meio ambiente, saúde e conforto do usuário e gestão de recursos.



Figura 33 – Selo do *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM).

Fonte: <http://www.breeam.org>.

8.6.4. HQE

O *Haute Qualité Environnementale* (HQE) é um sistema de certificado francês que consiste em dois sistemas relacionados, que são a gestão do empreendimento, conhecida por SMO (*Système de Management de l'Opération*), e a qualidade ambiental, conhecida por QEB (*Qualité Environnementale du Bâtiment*), as quais avaliam as fases de projeto, execução e uso do edifício, sendo que cada uma é avaliada separadamente.

Nessa avaliação não existe uma escala de pontuação, há apenas uma avaliação que deve atender a quatro itens gerais, que possuem juntos 14 subitens. Os tipos gerais são: impactos do empreendimento no meio ambiente, gestão de recursos, conforto ambiental e saúde do usuário.

Segundo SILVA (2003), na composição do perfil ambiental são escolhidos itens que devem atender aos níveis de desempenho definidos. Há três níveis de desempenho, os quais são o máximo (*Très Performant*), que representa os melhores níveis de desempenho que podem ser obtidos, o médio (*Performant*) e o mínimo (*Base*), esses que significam que o edifício atendeu aos itens de avaliação, mas obteve níveis medianos na classificação. Para se obter a certificação, dos 14 subitens quatro devem atender pelo menos ao nível médio, e pelo menos três, ao nível máximo. As outras categorias devem respeitar o nível base. O sistema é baseado em normas e leis que dependem da região que é aplicado.

8.6.5. AQUA

O Processo AQUA (Alta Qualidade Ambiental) é um certificado brasileiro de gestão do projeto, baseado no sistema de certificação apresentado anteriormente, o *Haute Qualité Environnementale* (HQE), que busca aumentar a qualidade ambiental de um empreendimento em construção ou em reforma.

As principais características deste certificado são as avaliações voltadas para as características das regiões brasileiras, que possuem soluções de projeto livres, sistema de gestão do empreendimento (controle do projeto em todas as fases) e avaliação por auditoria presencial independente. É emitido um certificado em cada fase diferente da obra, as quais são: programa, concepção, realização e operação e Certificação Brasileira de nível internacional pela Fundação Vanzolini.

Segundo CASAGRANDE (2008), os principais benefícios da certificação do Processo AQUA são:

- Melhoria das relações com os órgãos ambientais e a comunidade;
- Economia de água e energia;
- Valorização do valor do imóvel ao longo do tempo;
- Redução dos custos do condomínio;
- Redução dos impactos ambientais;
- Melhoria das condições de saúde das edificações;
- Valorização da imagem da construtora e/ou incorporadora responsável pela execução do empreendimento.



Figura 34 – Selo de Certificação do Processo de Alta Qualidade Ambiental (AQUA).

Fonte: http://www.vanzolini.org.br/hotsite-77.asp?cod_site=77.

8.6.6. Método IPT

Esse método brasileiro foi desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), e busca avaliar ambientalmente a construção dos edifícios em nosso país, já que é adequado às condições brasileiras. Possui estrutura parecida ao LEED e ao BREEAM, tendo itens obrigatórios e outros classificatórios.

O método IPT avalia os aspectos ambientais como: características do terreno, de água, energia, materiais, resíduos e conforto ambiental. Além disso, são avaliados aspectos como, acessibilidade e a relação do edifício com o seu entorno.

O que possui maior destaque desse método é a importância dada a preocupações relativas à realidade brasileira.

9. ESTUDO DE CASO: EDIFICAÇÃO NA CIDADE DE SÃO PAULO

Após a pesquisa bibliográfica realizou-se um estudo de caso com o objetivo específico de verificar o grau de sustentabilidade que vem sendo utilizado nas construções de edifícios situados, principalmente, na cidade de São Paulo, a qual é considerada o maior pólo de desenvolvimento tecnológico e econômico do país.

O estudo foi realizado em um edifício de altura equivalente a um prédio de 18 andares, localizado no bairro do Brás – São Paulo (SP). A previsão é que esta obra irá utilizar mais de 28.000 m³ de concreto e 2.000 mil toneladas de aço.

O complexo terá uma área construída de aproximadamente 73.000 m², com capacidade para 10.546 pessoas sentadas em seu interior. Com isso, a construção vai ser considerada a maior da América Latina da categoria.

Foi projetado para causar o menor impacto ambiental possível, onde tecnologias sustentáveis fazem parte do escopo da obra desde sua construção até sua vida útil, como por exemplo:

- A utilização de materiais reciclados e reaproveitados;
- Gestão dos resíduos sólidos;
- Uso racional de água e;
- Projeto de eficiência energética.

A seguir serão apresentadas algumas técnicas sustentáveis utilizadas na referida obra:

9.1. Controle de erosão e sedimentação do solo

Problemas com o controle de erosão e sedimentação do solo são comumente encontrados durante diversas etapas da execução de uma edificação.

É por isso que, os taludes, encostas e solos expostos a intempéries por um período maior que 15 dias, devem ser protegidos, seja através da utilização de plantio de gramas, aplicação de camadas de brita no local ou camada fina de concreto.

Como solução encontrada pela empresa construtora, foi utilizado o concreto que sobrava dos caminhões betoneiras para criar uma camada fina de proteção nos taludes, encostas e solos expostos (Figura 35), além de melhorar a acessibilidade no canteiro de obras (Figura 36).



Figura 35 – Sobra do concreto utilizado nos taludes da obra para minimizar os riscos de erosão.



Figura 36 – Utilização da sobra do concreto para viabilização dos acessos dentro do canteiro de obras.

9.2. Proteção das bocas de lobo do entorno da obra

A construção de um empreendimento gera diversos tipos de resíduos, como por exemplo: restos de concreto; solos provenientes das escavações; gesso; tintas; entre outros.

É por isso que, para se evitar o assoreamento de cursos d'água e a contaminação das mesmas, foi necessário fazer a proteção das bocas de lobo e galerias pluviais que recebem de alguma forma à contribuição do canteiro de obras.

Para conter os sedimentos de solo e outros possíveis materiais oriundos da construção, foram colocados pela construtora em todas as bocas de lobo do entorno da obra uma proteção composta por manta de bidim (produto geotêxtil aplicado como elemento filtrante) e grelha de aço (Figura 37).



Figura 37 – Proteção para as bocas de lobo do entorno da obra.

9.3. Acesso de entrada e saída da obra através de veículos

As entradas e saídas do canteiro de obras através de veículos devem ser estabilizadas com piso de concreto, camadas de brita ou similares, permitindo o fácil acesso de veículos. Para isso, devem ser respeitadas no mínimo as seguintes dimensões: 15 metros de comprimento por 06 metros de largura.

Nesta obra o piso de concreto possui as seguintes dimensões: 16 metros de comprimento por 6,5 metros de largura (Figura 38).



Figura 38 – Portão de acesso de veículos da obra.

9.4. Execução de sistema de lava rodas e “lava bica de concreto”

Em todas as entradas e saídas de veículos da obra foi implantado um sistema de lava rodas (Figura 39), composto por: piso de concreto com inclinação adequada, interligado a uma caixa de decantação (Figura 40) onde a água suja passa por um pequeno tratamento antes de ser enviada para a rede pluvial. Esse sistema minimiza o impacto ambiental gerado pelo canteiro de obras.



Figura 39 – Execução da lavagem das rodas do caminhão betoneira na saída do mesmo da obra.



Figura 40 – Caixa de decantação localizado ao lado da pista de acesso de veículos da obra.

9.5. Limpeza das ruas e calçadas

As ruas e calçadas do entorno da obra que, por ventura sejam sujas pelas atividades desenvolvidas durante a execução da obra, devem ser imediatamente limpas. Além disso, todo caminhão responsável pelo transporte de solo/terra deve ser coberto por lona plástica para evitar a sujeira na vizinhança da obra.

Para atender a exigência do processo de certificação LEED Gold, todos os dias no período da manhã são realizados a limpeza das ruas e calçadas do entorno da obra (Figura 41), serviço normalmente executado por dois ajudantes contratados pela construtora.



Figura 41 – Higienização das ruas e calçadas do entorno da obra.

Além disso, foi evidenciado que os colaboradores da construtora realizavam também a limpeza dos resíduos que não eram provenientes da execução do empreendimento, isso porque a população que utilizava as vias de acesso jogava muita sujeira nas ruas e calçadas do entorno da construção.

9.6. Controle de contaminação do solo

9.6.1. Armazenamento de materiais

Como estratégia preventiva, seguindo os procedimentos exigidos para obtenção da certificação LEED Gold, deve-se fazer o armazenamento de materiais sem que haja contaminação do solo. Para isso, práticas sustentáveis estão sendo empregadas dentro do canteiro de obras do Templo, como por exemplo:

- As armaduras de aço utilizadas nos blocos de fundações da construção são armazenadas em cima de britas e suportes de madeira (Figura 42);
- No canteiro de obras foi criada uma central de produtos químicos para o armazenamento de tambores e/ou recipientes contendo lubrificantes (Figura 43);
- No caso dos materiais portáteis com conteúdo químico, como por exemplo, latas de tinta, foram utilizadas bacias de contenção (Figura 44) ou lonas plásticas pequenas (Figura 45).



Figura 42 – Armazenamento preventivo do aço no canteiro de obras, conforme estabelecido pelos procedimentos de certificação LEED Gold.



Figura 43 – Imagens da entrada da central de produtos químicos e armazenamento adequado dos tambores, respectivamente.



Figura 44 – Utilização de bacias de contenção para evitar a contaminação do solo com a tinta.



Figura 45 – Lona plástica pequena utilizada pelo colaborador durante atividade de pintura da cerca de madeira.

9.6.2. Produção de corpos de prova

Para a produção de corpos de prova (Figura 46), foi construído um local (Figura 47) específico para armazenamento destes, durante e após os ensaios de resistência do concreto, evitando que os mesmos tenham contato direto com o solo. Outra exigência do processo de certificação LEED Gold consiste na idéia de que os corpos de prova devem permanecer protegidos contra a chuva ou outras intempéries (Figura 48).



Figura 46 – Controle tecnológico da obra fazendo a retirada do material do caminhão betoneira para posterior produção do corpo de prova.



Figura 47 – Local de produção e armazenamento dos corpos de prova de concreto.



Figura 48 – Corpos de prova armazenados e protegidos por lona plástica contra a chuva e outras intempéries.

9.6.3. Utilização de máquinas estacionárias

Todas as máquinas estacionárias, como por exemplo, compressores portáteis utilizadas na obra estudada encontram-se sobre lonas plásticas ou bacias de contenção (Figura 49). Assim, em caso de chuva ou vazamento de produtos químicos, a contaminação do solo é evitada, colaborando para diminuir o impacto ambiental gerado pela construção do empreendimento.



Figura 49 – Utilização de bacias de contenção na parte inferior do maquinário da obra.

9.6.4. “Kit” mitigação

O “Kit” mitigação é utilizado nas obras para atender a uma situação emergencial de contenção de produtos com potencial de impacto ambiental como, por exemplo, óleo diesel. O “Kit” mitigação é composto pelos seguintes itens:

- Uma porção de serragem;
- Um tonel;
- Um balde;
- Uma pá.

Em casos de incidentes com derramamento de óleo, são seguidos os seguintes procedimentos:

- Logo no início do incidente, o colaborador deve-se dirigir para o local que se encontra o “Kit” mitigação (Figura 50);
- Como forma de se evitar que o líquido se expanda e contamine uma maior área de solo, deve-se jogar a serragem sobre o local impactado;
- Após absorção do líquido pela serragem, deve-se recolher com uma pá o material contaminado, colocar em um saco plástico e encaminhá-lo para o almoxarifado da obra;
- O material contaminado é classificado como resíduo industrial e, posteriormente, destinado para um aterro industrial;
- Após o término da atividade de mitigação, todos os equipamentos utilizados deverão ser limpos e acondicionados para sua reutilização.



Figura 50 – “Kit” mitigação localizado na parte frontal do canteiro de obras.



Figura 51 – Serragem utilizada para o “Kit” mitigação oriunda das atividades de carpintaria da construção.



Figura 52 – “Kit” mitigação localizado nas frentes de serviço da construção.

9.7. Plano de gestão de resíduos no canteiro de obras

9.7.1. Etapas para elaboração do plano de gestão de resíduos no canteiro de obras

Para realização do plano de gestão de resíduos no canteiro de obras do Templo, foram executadas as seguintes etapas:

- **Caracterização:** nesta fase a construtora responsável pela obra teve o trabalho de identificar e quantificar, aproximadamente, os resíduos a serem produzidos ao longo da execução do empreendimento, estabelecendo dessa forma um cronograma de geração em m³ de resíduos para cada etapa da construção;
- **Triagem:** nesta etapa a construtora elaborou um plano de ação de coleta seletiva dos resíduos dentro do canteiro de obras (Figuras 53 e 54), desde o local da geração até a destinação final, conforme as classes definidas pela Resolução CONAMA nº 307/02 e nº 348/04 (Classes A, B, C e D). Para facilitar a disposição correta dos resíduos originados na obra, foram colocados placas e sinalizadores no próprio escritório da construtora (Figura 55);
- **Acondicionamento:** nesta etapa foram criados locais de acondicionamento temporário dos resíduos após a execução da triagem, separadas e identificadas por placas, quadros e adesivos (Figura 56). Estes locais foram pré-estabelecidos antes do início da execução do empreendimento;
- **Transporte:** para o transporte dos materiais coletados no canteiro de obras, foram contratadas empresas licenciadas conforme a legislação local aplicável, onde foram exigidas pela construtora as especificações dos locais de destinação dos resíduos (Figuras 57 e 58);
- **Destinação:** os resíduos com conteúdo reciclável ou aqueles que podem ser reutilizados são destinados para Estações de Tratamento de Entulho legalmente habilitadas pelo órgão local, de modo a garantir sua utilização futura.



Figura 53 – Coletores de resíduos localizados na frente do canteiro de obras.



Figura 54 – Coletores localizados na frente de serviço da construção.



Figura 55 – Informativo sobre coleta seletiva e conscientização dos colaboradores, localizado na parede do escritório central da obra.



Figura 56 – Locais para acondicionamento temporário dos resíduos provenientes da construção do empreendimento, localizados na parte lateral do canteiro de obras.



Figura 57 – Transporte dos resíduos de madeira e aço oriundos da execução do empreendimento.



Figura 58 – Transporte dos resíduos de plástico (sacos vermelhos) e papel/papelão (sacos azuis) oriundos da execução do empreendimento.

9.7.2. Treinamento Semanal de Qualidade, Segurança e Meio Ambiente (TSQSMA)

Toda quarta-feira no período das 07h00min às 07h30min da manhã, de todas as semanas do mês, era realizado um treinamento (Figura 59) no canteiro de obras, com o objetivo de:

- Orientar todos os colaboradores sobre a boa prática da coleta seletiva;
- Orientar todos os colaboradores para utilização das bacias e lonas de contenção dos materiais e maquinários;
- Orientar todos os colaboradores para evitar o desperdício de água no canteiro de obras;
- Informar a todos os colaboradores sobre a utilização correta do “Kit” mitigação;
- Informar sobre os impactos ambientais provenientes da construção do empreendimento;
- Mostrar que é possível construir com qualidade e segurança conservando o meio ambiente.



Figura 59 - Treinamento semanal de qualidade, segurança e meio ambiente (TSQSMA) realizado no dia 15/06/2011.

9.7.3. Identificação e destinação dos materiais utilizados no canteiro de obras

Na construção do empreendimento estudado, assim como na grande maioria das obras atuais encontradas no Brasil, o uso da madeira e do aço é bastante elevado. Isso ocorre

porque a grande maioria das construções utiliza a madeira para fazer o escoramento e as fôrmas das estruturas de concreto.

Já o aço é usado em diversos tipos de estruturas, tendo papel fundamental no dimensionamento de peças, como: blocos de fundações, vigas, pilares, lajes, estruturas mistas, etc. Além disso, o aço é comumente encontrado na construção de galpões, telhados, vigas extensas, entre outros, devido a sua característica de conseguir vencer grandes vãos.

Com isso, a quantidade de resíduos de madeira e aço gerados na execução de uma obra é consideravelmente alta. Tendo conhecimento dessas informações e, para cumprir as exigências da certificação LEED Gold, a construtora criou baias dentro do canteiro de obras para armazenar os resíduos de madeira (Figura 60) e de metais (Figura 61).



Figura 60 – Baias para segregação dos resíduos de madeira.



Figura 61 – Baias para segregação dos resíduos de metais.

9.8. Escala *Ringelmann* reduzida

A escala *Ringelmann* reduzida (Figura 62) é utilizada para realizar a avaliação do índice de fumaça emitida por veículos tais como carros, caminhões, ônibus, máquinas utilizadas na obra, etc. Todos os equipamentos, veículos e maquinários que irão contribuir para construção do empreendimento foram avaliados quanto aos níveis de fumaça antes de entrarem no canteiro de obras.

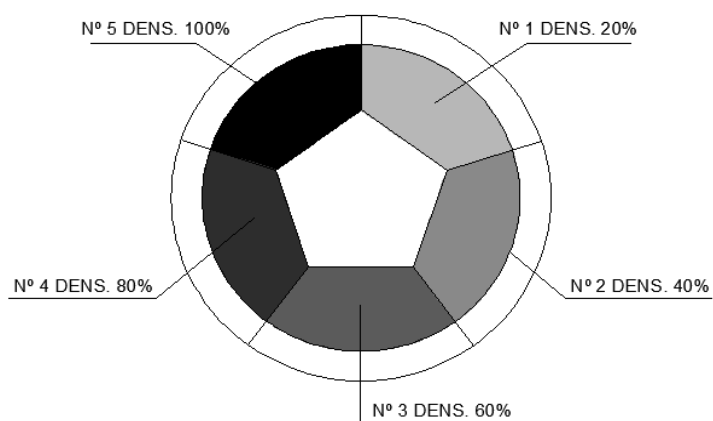


Figura 62 – Escala *Ringelmann* reduzida.

9.8.1. Preparação dos veículos, máquinas e equipamentos antes de iniciar os trabalhos

Para avaliação dos veículos (carros, caminhões, etc.), o motor deve estar preparado, em condições normais de operação, com suprimento de ar fresco adequado. A alavanca de caixa de mudança deve estar na posição neutra e o pedal da embreagem não pressionado. Já as máquinas e equipamentos, devem estar operando no momento da medição do índice de fumaça.

9.8.2. Execução da avaliação da escala *Ringelmann* reduzida

A avaliação do índice de fumaça emitido pelos veículos, máquinas e equipamentos da referente edificação, foi realizada obedecendo aos seguintes procedimentos:

- O avaliador do índice de fumaça deve estar a uma distância mínima de 20 metros do veículo ou equipamento e de costas para o sol;
- Segurar a escala *Ringelmann* reduzida e avaliar o grau de enegrecimento, através da comparação da fumaça vista pelo orifício da escala;
- As medições dos índices de fumaça foram registradas e monitoradas.

No empreendimento utilizado como estudo de caso do presente trabalho, o responsável por realizar o monitoramento do índice de fumaça (Figura 63) era atribuição da Engenheira Ambiental residente.



Figura 63 – Monitoramento do índice de fumaça emitido pelo caminhão pipa.

9.8.3 Análises dos resultados

Os veículos, maquinários e equipamentos utilizados para construção do empreendimento, após a avaliação da escala *Ringelmann* reduzida, são classificados da seguinte maneira:

- Para veículos: foram considerados não conformes os casos aonde a densidade calorimétrica for superior a N° 02 – 40% da escala *Ringelmann* reduzida.
- Para máquinas e equipamentos: foram considerados não conformes os casos a onde a densidade calorimétrica for superior a N° 01 – 20% da escala *Ringelmann* reduzida.

9.9. Metodologia de ensaio IMHOFF

A metodologia de ensaio IMHOFF, consiste na avaliação da qualidade da água proveniente das atividades realizadas durante a construção do empreendimento, para que estas sejam inicialmente tratadas, antes que sejam lançadas para a rede pública.

Dessa forma, foi evidenciado na edificação utilizada como estudo de caso que, a água com sedimentos de solo era acumulada em caixas de decantação construídas no canteiro da obra, onde estas passavam por um tratamento inicial em quatro pequenos reservatórios até estar adequada para descarte na galeria pluvial. No último reservatório era coletada e analisada uma amostra pelo cone de IMHOFF (Figura 64).

Norma de referência: ABNT NBR 10561/ 1988: Águas – Determinação de resíduo sedimentável (sólidos sedimentáveis) – Método de cone IMHOFF.

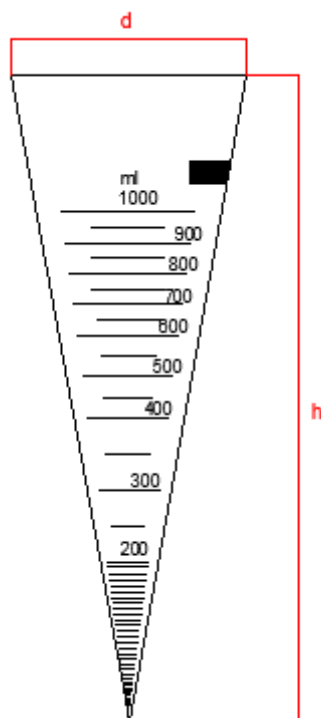


Figura 64 – Cone de IMHOFF.

9.9.1. Procedimentos do ensaio IMHOFF

Os procedimentos para realização do ensaio IMHOFF, são:

- Coleta da amostra seguindo as premissas da norma NBR 9898;
- Transferir a amostra homogeneizada para o cone IMHOFF até a marca de 1000 mL;
- Deixar o cone com a amostra coletada decantar em repouso por 45 minutos;
- Com um bastão, deslocar cuidadosamente as partículas aderidas à parede do cone através de movimentos circulares;
- Deixar decantar por mais 15 minutos e, por fim;
- Fazer a leitura do material sedimentado em mililitros.

Segundo o artigo 18 do Decreto Estadual nº 8.468/1976, o limite de lançamento de sólidos sedimentados na água captada pela rede pluvial deve ser no máximo de 1,0 ml/l.

Para obter a certificação LEED Gold a construtora realiza diariamente essa análise para avaliar a quantidade de sólidos sedimentáveis presentes na amostra antes do descarte para a rede pluvial (Figura 65).



Figura 65 – Ensaio do cone IMHOFF realizada no canteiro de obras do empreendimento.

10. CONCLUSÃO

Diante dos problemas oriundos das atividades relacionadas à construção de um empreendimento, como a produção de grandes quantidades de resíduos, a utilização de mais de 40% da demanda da energia mundial e o notável consumo dos recursos naturais, verificou-se a importância de se investir em novas tecnologias e alternativas sustentáveis.

Sendo assim, este trabalho teve como finalidade apresentar os principais conceitos aplicados nas construções sustentáveis, como o uso racional da água, a eficiência energética nas edificações, as oportunidades de reuso de matérias e elementos de construção, entre outros.

Os sistemas de captação de água da chuva e o reuso de águas cinzas, ambos para fins não potáveis, são algumas alternativas que foram apresentadas para se atingir a gestão sustentável da água. Verificou-se que estes sistemas, quando aplicados corretamente nas edificações, contribuem para a redução da escassez da água, além de proporcionar a diminuição dos custos para seus usuários.

No entanto, apesar de todas as vantagens, concluiu-se que essas alternativas sustentáveis de aproveitamento de água ainda são pouco utilizadas no Brasil devido, principalmente, ao seu custo inicial elevado se comparado com os sistemas construtivos convencionais.

A utilização das chamadas energias limpas, como a fotovoltaica e a eólica, o uso dos sistemas de aquecimento de água pelo sol, e também a aplicação das coberturas verdes, contribuem de modo significativo para se alcançar a eficiência energética nas edificações.

Segundo MOCELLINI (2011), apesar do custo inicial ser alto, esse investimento será recuperado com o passar do tempo, em geral, no prazo de 10 anos, pois haverá economia na conta de energia elétrica, além de ocorrer maior valorização do imóvel.

A idéia de lixo ou desperdício faz parte da filosofia da sociedade do “joga fora”, e não da sociedade do “reutilize e recicle” (ADDIS, 2010). Dessa forma, o que deve ser mudado é o paradigma de ver os materiais que chegam ao fim de sua vida útil como um problema, estes devem ser vistos como novas oportunidades.

O reuso e a reciclagem de elementos provenientes da construção civil se realizados de forma adequados, diminuem os gastos econômicos envolvidos na construção de um determinado empreendimento e, principalmente, reduzem os impactos ambientais gerados pelo mesmo. Além disso, outro benefício da prática do reuso e reciclagem dos materiais de construção é a redução do consumo de energia.

A incorporação de materiais formados por resíduos pode reduzir o consumo de energia, tanto porque no processo de produção de novos produtos são necessárias grandes quantidades de energia, quanto porque podem reduzir a distância do transporte da matéria-prima até o local de sua fabricação.

Uma empresa que em seus projetos de construção considera como sendo uma de suas prioridades a coleta, o reuso e a reciclagem de materiais e produtos gerados em suas obras possui um diferencial, que é mais valorizado a cada ano que passa. Em outras palavras, conclui-se que uma empresa que procura a prática sustentável em seus empreendimentos ganha destaque entre as demais do mesmo setor de atuação.

Atualmente, está havendo uma grande mudança no foco de grande parte das empresas brasileiras que atuam no setor da construção civil. Algumas estão incorporando conceitos sustentáveis por meio de soluções de projeto, o que representa grandes melhorias ambientais, enquanto outras estão buscando obter certificados e premiações que também contribuem consideravelmente para a diminuição do impacto ambiental.

O estudo de caso realizado na construção de grande porte localizada em São Paulo – SP, Brasil, mostra que é possível executar uma edificação com características sustentáveis. Para isso, é necessário que haja um acompanhamento rigoroso feito por um especialista da área, para que todas as exigências da certificação ambiental LEED sejam cumpridas, antes, durante e após a execução do empreendimento.

Reunindo-se todas as informações anteriormente abordadas, conclui-se que, no contexto brasileiro, ainda há uma grande carência em incentivos para a sustentabilidade na construção civil. Embora estejam começando a implantação das certificações ambientais como o LEED, conforme estudo de caso, é necessário que existam maiores incentivos do governo em pesquisas e desenvolvimento neste setor, para suprir a demanda de obras atuais e as que ainda serão executadas.

11. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, F. **Os Desafios da Sustentabilidade – Uma Ruptura Urgente**. São Paulo: Editora Elsevier – Campus, 2009.

SATTLER, M. A. **Habitações de Baixo Custo Mais Sustentáveis**. Porto Alegre: Antac, 2007.

ADDIS, B. **Reúso de Materiais e Elementos de Construção**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

KELLER, M.; BURKE, B.; SALVATERRA, A. **Fundamentos de Projeto de Edificações Sustentáveis**. São Paulo: Bookman, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14001: Sistema de Gestão Ambiental**, 2004.

CORRÊA, L. R. **Sustentabilidade na Construção Civil**. Monografia de especialização em engenharia civil. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2009.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. **Eficiência Energética na Arquitetura**, São Paulo: PW Editores, 1997.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **Reúso de Água**. Barueri: Manole, 2003.

ROCHA, A. L.; BARRETO, D.; IOSHIMOTO, E. **Caracterização e Monitoramento do Consumo Predial de Água**. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água. Documento Técnico de Apoio E1. Ministério do Planejamento e Orçamento: Brasília, 1998.

MAY, S. **Estudo de Viabilidade do Aproveitamento de Água da Chuva para Consumo Não Potável em edificações**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2004.

SAUTCHUK, C. **Conservação e Reuso da água em Edificações**. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.

BERALDO, J. C. **Eficiência Energética em Edifícios: Avaliação de Uma Proposta de Desempenho Térmico para a Arquitetura do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2006.

CHAHIN, R. R. NETTO, C. A. M. F. MESSUTI, E. RIBEIRO, L. A. **Sistema de Aproveitamento de Água para edificações**. São Paulo, 2002.

JOHN, V. M. **Reciclagem de Resíduos na Construção Civil – Contribuição à Metodologia de Pesquisa e Desenvolvimento**. São Paulo, 2000.

HERTZ, J. B. **Ecotécnicas em Arquitetura: Como Projetar nos Trópicos Úmidos do Brasil**. 1 ed. São Paulo: Pioneira, 1998.

SANTOS, R. F. **A Arquitetura e a Eficiência nos usos Finais da Energia para o Conforto Ambiental**. São Paulo, 2002.

CONAMA – **Conselho Nacional do Meio Ambiente**. Resolução nº 20 de 18 de Junho de 1986, artigo nº 4. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res99/res25299.html>>. Acessado em: 10 de Junho de 2011.

Sistema de Aproveitamento de Águas Pluviais para Usos Não Potáveis. Disponível em: <<http://www.revistatechne.com.br/engenhariacivil/133/artigo77982-1.asp>>. Acesso em: 21 de julho de 2011.

Construção Sustentável. Disponível em: <http://www.idhea.com.br/construcao_sustentavel.asp>. Acesso em: 01 de agosto de 2011.

Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.aneel.com.br>>. Acesso em: 12 de setembro de 2011.

JOHN, Vanderley M. Desenvolvimento sustentável, construção civil, reciclagem e trabalho multidisciplinar. Escola Politécnica da USP (PCC USP). Disponível em: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br/des_sustentavel.htm>. Acesso em: 20 de abril de 2011.

ABREU, C. O Conceito de Sustentabilidade em Empreendimentos na Construção Civil, 2008. Disponível em: <<http://www.atitudessustentaveis.com.br/sustentabilidade/conceito-sustentabilidade-empresendimentos-construcao-civil/>>. Acesso em: 08 de junho de 2011.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br>>. Acesso em: 24 de março de 2011.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Disponível em: <<http://www.ipt.com.br>> Acesso em: 15 de abril de 2011.

TIJOL-ECO – Tijolo Ecológico. Disponível em: <<http://www.tijol-eco.com.br>>. Acesso em: 14 de abril de 2011.

SUPERGREEN ECOMATERIAIS – Sistema de Captação e Utilização de Água de Chuva. Disponível em: <http://www.supergreen.com.br/produto/prod_aproveitamento_agua_chuva.htm> Acesso em: 06 de julho de 2011.

HQE: Association pour La Hout Qualité Environnementale. Disponível em: <<http://www.assohqe.org/>>. Acesso em: 05 de junho de 2011.

US GREEN BUILDING CONCIL. LEED-NC. Green Building Rating System For New Construction & Major Renovations (LEED-NC), Version 2.1. Washington, Nov. 2002, 67p. Disponível em: <http://www.usgbc.org/Docs/LEEDdocs/LEED_RS_v2-1.pdf>. Acesso em: 19 de agosto de 2011.

CBCS – Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. Disponível em: <<http://www.cbcs.org.br>>. Acesso em: 15 de junho de 2011.

Produtos e Serviços Sustentáveis para Casa e Construção. Disponível em:
<<http://www.construcaoeficiente.com.br>>. Acesso em: 17 de junho de 2011.

ACQUASAVE – Sistemas de Reaproveitamento de Águas Pluviais. Disponível em:
<<http://www.acquasave.com.br>>. Acesso em: 15 de julho de 2011.

TECVERDE – Tecnologia Verde e Qualidade de Vida. Disponível em:
<<http://www.tecverde.com.br>>. Acesso em: 20 de agosto de 2011.

ECOHABITAR – Arquitetura e Construção Sustentável. Disponível em:
<<http://www.ecohabitararquitetura.com.br>>. Acesso em: 10 de agosto de 2011.

CRIA – Arquitetura Sustentável. Disponível em:
<<http://www.criaarquiteturasustentavel.com.br>>. Acesso em: 10 de agosto de 2011.