

Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Arquitetura
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da UFMG

Marina Paschoalino de Jesus

CRITÉRIOS AMBIENTAIS PARA SELEÇÃO DE MATERIAIS
NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Belo Horizonte
Escola de Arquitetura da UFMG

2013

Marina Paschoalino de Jesus

**CRITÉRIOS AMBIENTAIS PARA SELEÇÃO DE MATERIAIS
NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído.

Orientadora: Maria Teresa Paulino Aguiar

Belo Horizonte

Escola de Arquitetura UFMG

2013

FOLHA DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ARQUITETURA - EAUFMG
Rua Paraíba, 697 – Funcionários
30130-140 – Belo Horizonte – MG - Brasil

Telefone: (031) 3409-8823

FAX (031) 3409-8822

ATA DA REUNIÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA DE TRABALHO DE MONOGRAFIA DA ALUNA *MARINA PASCHOALINO DE JESUS*, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO CERTIFICADO DO CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM SISTEMAS TECNOLÓGICOS E SUSTENTABILIDADE APLICADOS AO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Às 20:00 horas do dia 29 de novembro de 2013, reuniu-se na sala 118 da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, a Comissão Examinadora composta pela Professora Doutora Maria Teresa Paulino Aguilár Orientadora-Presidente, e pelo Professor Mestre Silvío Romero Fonseca Motta, designada pela Comissão Coordenadora do Curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído para avaliação da monografia intitulada "*Critérios ambientais para seleção de materiais na construção civil*" de autoria da aluna Marina Paschoalino de Jesus, como requisito final para obtenção do Certificado de Especialista em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído. A citada Comissão examinou o trabalho e, por unanimidade, concluiu que a monografia atende às exigências para a obtenção do Certificado de Conclusão do Curso e recomenda que sejam encaminhados 02 (dois) exemplares para a Biblioteca da Escola de Arquitetura.

Belo Horizonte, 29 de Novembro de 2013.


Professora Doutora **Maria Teresa Paulino Aguilár**
Orientadora-Presidente


Professor Mestre **Silvío Romero Fonseca Motta**

*À minha mãe, que diante de suas privações,
me instigou a estudar.*

AGRADECIMENTOS

À minha família, que mesmo distante é meu apoio incondicional.

À minha orientadora, pelo aprendizado e concessão em me orientar.

Aos professores da especialização, que de formas tão diferentes contribuíram para que meus conhecimentos e horizontes se ampliassem.

Aos funcionários da secretária e biblioteca, pela prontidão, gentileza e apoio ao longo do curso.

Aos meus queridos amigos de sala, em especial Fabrício, Guilherme, Jaqueline, Jane e Thalita, que além de discussões enriquecedoras, tornarem tudo mais leve e divertido.

Ao Vinnie e a Flávia, que dentro de suas competências fizeram horas extras em casa para me ajudar e ensinar.

Aos queridos amigos Beto, Gabi e Henry que mesmo distantes me impulsionam e estimulam à busca.

*“A vida é o que fazemos dela.
As viagens são os viajantes.
O que vemos não é o que vemos, senão o que somos.”
Fernando Pessoa*

RESUMO

O setor da construção civil causa diversos impactos ambientais, através da extração e alto consumo de recursos naturais, desperdício de matéria prima e elevado consumo de energia. Por este motivo, o correto detalhamento e a aplicação de critérios para seleção de materiais com vistas à minimização de impactos ambientais e geração de resíduos se tornam uma importante ferramenta de análise ambiental quando aplicada ao projeto de edificação. O presente trabalho aponta ainda a importância da aplicação de critérios ambientais para seleção de materiais no planejamento e concepção do projeto construtivo, vez que possibilita a elaboração de estratégias para minimizar prováveis impactos ao meio ambiente, ao diminuir o uso de recursos naturais e materiais e, por conseguinte a redução de resíduos gerados pelo setor. Noutro aspecto, a ferramenta de seleção de materiais pode ser aplicada para estabelecer critérios de avaliação e uso dos materiais na edificação, tendo um potencial aumento na durabilidade do edifício. No entanto, não existem soluções estratégicas na aplicação de critérios ambientais para seleção de materiais que sejam aplicáveis para todas as edificações, é necessário analisar, hierarquizar e determinar objetivos ambientais que sejam adequados ao projeto em desenvolvimento.

Palavras Chave: Construção Civil, Seleção de Materiais, Resíduos

ABSTRACT

Many environmental impacts are caused by the construction sector, due to extraction and high consumption of natural resources, waste of raw material and energy intensive. For this reason, proper detailing and application of criteria for selection of materials designed to minimize environmental impacts and waste generation become an important tool for environmental analysis when applied to the design of the building. This work also highlights the importance of applying environmental criteria for selecting materials in the planning and design of the construction project, as it allows the development of strategies to minimize likely impacts to the environment by reducing the use of natural resources and materials, and therefore the reduction of waste generated by the sector. In another aspect, the tool material selection can be applied to establish evaluation criteria and use of materials in the building, with a potential increase in the durability of the building.

Key Words: Construction, Materials Selection, Waste

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 1 | Emissões de dióxido de carbono por setor econômico segundo o Pew Center | 19 |
| Tabela 1 | Estimativa de geração de RCC em alguns países | 20 |
| Gráfico 1 | Total de RCC coletados – Brasil e regiões (2009 e 2010) | 21 |
| Figura 2 | Etapas do processo de construção..... | 23 |
| Gráfico 2 | Percentual de Intervenção do Projeto | 25 |
| Figura 3 | A natureza interativa do processo de viabilização de um material/produto. | 27 |
| Tabela 2 | Percentual de participação da seleção de materiais nos sistemas internacionais de certificação | 29 |
| Tabela 3 | Percentual de reciclabilidade dos materiais..... | 34 |
| Gráfico 3 | Quantidade de energia gasta na produção de alguns materiais de construção | 35 |
| Figura 4 | Fases de um estudo de Análise do Ciclo de Vida (ACV) | 38 |
| Figura 5 | Ciclo de Vida | 39 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---------|---|
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ABRELPE | Associação Brasileira de Limpeza Pública e Resíduos Especiais |
| ACV | Análise do Ciclo de Vida |
| CES | Cambridge Engineering Selector |
| CONAMA | Conselho Nacional do Meio Ambiente |
| RCC | Resíduos da Construção Civil |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 OBJETIVOS | 14 |
| 2.1 Objetivos Específicos..... | 14 |
| 3 METODOLOGIA..... | 15 |
| 4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 16 |
| 4.1 Construção Civil e Impacto Ambiental | 16 |
| 4.2 Construção Sustentável | 18 |
| 4.3 Construção Civil e os Resíduos | 19 |
| 4.4 Seleção de Materiais no Projeto | 23 |
| 5 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE MATERIAIS | 27 |
| 5.1 Relevância Ambiental da Seleção de Materiais..... | 31 |
| 5.1.1 Ecodesign..... | 31 |
| 5.1.2 Conforto Ambiental..... | 32 |
| 5.2 Critérios Ambientais para Seleção de Materiais | 33 |
| 5.2.1 Energia Incorporada..... | 33 |
| 5.2.2 Reciclabilidade dos Materiais..... | 34 |
| 5.2.3 Materiais Preferenciais..... | 36 |
| 5.2.4 Análise do Ciclo de Vida | 37 |
| 6 CONCLUSÃO..... | 41 |
| REFERÊNCIAS..... | 43 |

1 INTRODUÇÃO

É inegável que hoje vivenciamos uma grande crise ambiental global. Devido ao crescimento exponencial da população, enfrentamos o aquecimento global, as mudanças climáticas, a escassez da água, geração de resíduos, poluição e esgotamento dos recursos naturais resultando em um problema ambiental. Com efeito, devemos considerar o ambiente construído como grande contribuinte para o agravamento dessa crise. Vez que o excessivo consumo energético, o indiscriminado e exacerbado uso de recursos naturais para a produção de materiais geram emissões de resíduos (sólidos, líquidos e gasosos) na natureza. (KEELER; BURKE, 2010).

Os recursos naturais necessários para aplicação na construção de edifícios representam hoje, aproximadamente, 50% dos recursos naturais mundiais, 40% de água, 60% da terra cultivável, 70% dos produtos de madeira e 45% da energia destinam-se ao aquecimento, iluminação e ventilação de edifícios. (LANHAM; BRAZ; GAMA, 2004). Por esse motivo, é de suma importância que os profissionais da área de construção civil, arquitetos e engenheiros busquem ferramentas para atender as exigências necessárias na seleção de materiais que serão aplicados na construção civil.

Os materiais utilizados na construção de edifícios têm impacto no meio ambiente durante a sua extração, processamento, transporte, uso, aplicação e descarte final. Este impacto acontece em escala global, regional e local, afetando desde o clima e a biodiversidade até a saúde dos indivíduos. Não existe um único método responsável pela seleção de materiais que devem ser aplicados em uma construção, é necessário que os profissionais envolvidos escolham dentre as ferramentas disponíveis a mais adequada para o contexto do processo de construção.

A seleção de materiais pode ser aplicada no setor da construção civil como método de análise ambiental. Uma vez que possibilita a elaboração de estratégias para minimizar prováveis impactos ao meio ambiente e diminuir o uso de recursos naturais e materiais. Pode ainda se tornar uma importante ferramenta na diminuição do volume de resíduos gerados na construção civil. Em relação ao desempenho do edifício, a ferramenta de seleção de materiais pode ser aplicada para estabelecer critérios de desempenho do uso dos materiais na edificação, tendo um potencial aumento na durabilidade do edifício.

Nesse contexto, o presente trabalho propõe destacar a importância da seleção de materiais como ferramenta de análise ambiental, tendo como premissa a minimização do uso de recursos naturais e materiais que, por sua vez, reduz a geração de resíduos. Dessa forma, o presente trabalho elucida que a seleção de materiais quando aplicada no planejamento e concepção do projeto construtivo resulta em uma diminuição do impacto ambiental causado pela edificação e o setor da construção civil.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral deste trabalho é avaliar os critérios de seleção de materiais para aplicação na construção civil, no tocante ao impacto ambiental. Para isto os seguintes objetivos específicos deverão ser alcançados:

2.1 Objetivos Específicos

- Apontar critérios para seleção de materiais e a importância da especificação do material na concepção do projeto;
- Identificar possíveis benefícios para as soluções de projeto através da aplicação de critérios ambientais para seleção de materiais.

3 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do presente trabalho, foi realizado o levantamento e estudo de critérios utilizados para seleção de matérias que são aplicados na construção civil. O método implementado para a realização desta monografia baseia-se no método dedutivo.

O tema foi abordado por meio de pesquisa teórica, baseado em informações bibliográficas relevantes sobre o tema, quais sejam: publicações de artigos científicos nacionais, livros, teses, dissertações, entre outros, identificados nas referências. Elaborado ainda através de sites oficiais de diferentes instituições que disponibilizam dados em meio digital, impresso e palestras assistidas sobre o tema. No recorte temporal, para compor os dados apresentados foram utilizadas informações disponíveis a partir da década de 1980.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Construção Civil e Impacto Ambiental

A importância do setor da construção civil para o desenvolvimento econômico e social de um país é indiscutível. O setor propicia significativa geração de empregos, diretos e indiretos, e ainda movimentada os serviços e setores industriais relacionados. Contudo, a construção civil também representa uma atividade geradora de grandes e diversos impactos ambientais causados ao meio ambiente.

A expressão “impacto ambiental” segundo a Resolução nº001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 23 de setembro de 1986 é definida como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio causadas por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem estar da população, as atividades sociais e econômicas: a biota¹: as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais. (CONAMA, 1986)

Entre os principais impactos ambientais causados ao meio ambiente pelo setor da construção civil encontra-se: a extração e consumo de recursos naturais renováveis e não renováveis, e os processos de manufatura, seja na produção dos materiais ou na fabricação de produtos. Atrelados a esses temos o alto consumo de energia empregado tanto na produção/fabricação como na manutenção da infra-estrutura e a intensa geração de resíduos. Esses impactos são responsáveis pela poluição do ar, da água e do solo, causando custos e prejuízos ao meio ambiente e toda sociedade em grande escala.

Os materiais utilizados na construção causam efeitos diretos ou indiretos ao meio ambiente. O primeiro problema ambiental relacionado à utilização desses materiais ocorre na fase de extração, na qual a retirada de matéria-prima pode causar dano à paisagem como na exploração de minas, e também afetar os ecossistemas, resultando num impacto nocivo ao meio ambiente de forma direta.

¹Biota: é o conjunto de seres vivos de um ecossistema, o que inclui a flora, a fauna, os fungos e outros grupos de organismos.

Na fase de produção, no processamento dos materiais em produtos, são emitidos gases contaminantes e agentes químicos que se desprendem infectando o ar, a água e o solo. Ainda na fase de produção encontramos impactos relacionados ao alto consumo de água e energia utilizado para processar a matéria prima em novo produto, bem como no transporte desses materiais. Durante a fase de construção encontramos problemas ambientais relacionados à emissão de poeira, ruído, vibração e grande geração de resíduos relacionados aos recortes, sobras e desperdícios de materiais. Na fase de ocupação, onde os materiais realizam sua função, podem surgir problemas relacionados à deterioração dos elementos construtivos, problemas de umidade, geração de poeira e mofo, e ainda possível emissão de substâncias tóxicas. (MORENO, 2010).

Para minimizar os impactos ambientais causados pela construção de edifícios é necessário aplicar princípios definidos pelo desenvolvimento sustentável. Para que haja desenvolvimento sustentável local, é de suma importância, devido à relevância e impactos causados pelo setor da construção, construir de forma sustentável.

4.2 Construção Sustentável

O conceito de desenvolvimento sustentável foi definido no Relatório de Brundtland (BRUNDTLAND, 1987 *apud* LUCAS, 2011. p.06). Neste documento são propostos objetivos para a sustentabilidade, para preservação do planeta e condições de habitação da atual população e gerações futuras, garantindo “um desenvolvimento que dê resposta às necessidades do presente, sem comprometer as gerações futuras”.

O desenvolvimento sustentável é um conceito muito mais amplo do que proteger o meio ambiente, como descrito por Caballero (2005). O desenvolvimento sustentável inclui preocupações com relação à da qualidade de vida, a equidade entre as pessoas no presente, as gerações futuras e ainda inclui a preocupação com as problemáticas sociais, sanitárias e éticas. Configurando-se, portanto, em um equilíbrio entre os aspectos: econômico, social e ambiental.

Dessa forma, a construção sustentável surge com preocupações ambientais relacionadas ao consumo de recursos, as emissões de gases poluentes, a saúde e a biodiversidade. Consiste em um conceito construtivo que promove alterações conscientes no que diz respeito à forma de atender as necessidades das edificações e da habitação do homem moderno. Assim, preserva-se o meio ambiente e os recursos naturais garantindo a resolução das problemáticas supracitadas. (BRUNTLAND, 1987 *apud* SANTO, 2010, p.11).

Dessa forma, um dos objetivos da construção sustentável é minimizar os impactos ambientais provocados pelo setor. A mesma consiste na redução e na otimização do consumo de materiais e energia, na redução dos resíduos gerados, na preservação do ambiente natural e na melhoria da qualidade do ambiente construído. O alto volume de resíduo gerado pelo setor tem impactos significativos ao meio, se tornando um dos maiores problemas relacionados à construção sustentável.

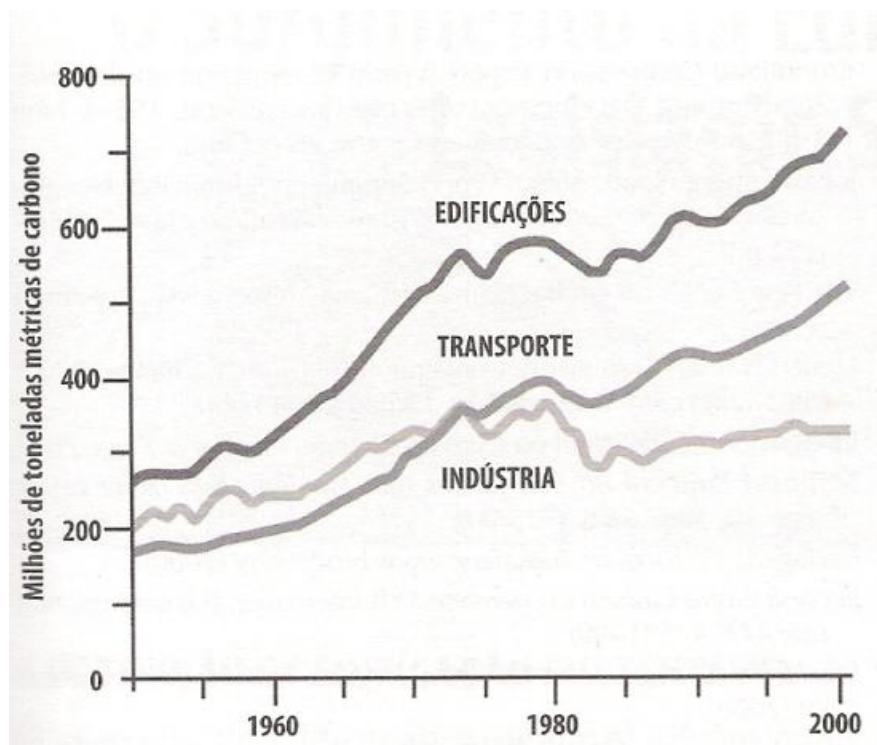
4.3 Construção Civil e os Resíduos

“A geração de resíduos é responsabilidade de todos.”

BORGES, Marli Estrela²

Os resíduos gerados pelo setor envolvem a geração de grande parcela dos resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Entre as décadas de 1960 e 2000, a construção civil se tornou a maior emissora de dióxido de carbono, o principal contribuinte para o efeito estufa. E, portanto, configurando-se como fonte para o aumento do aquecimento global. O crescimento de emissões de dióxido de carbono em milhões de toneladas no setor da construção civil, comparado aos setores de transporte e indústria, é apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Emissões de dióxido de carbono por setor econômico segundo o Pew Center³



Fonte: KEELER; BURKE, 2010, p.47.

²Borges, Marli Estrela. Palestra sobre Paradigma da Política Nacional de Resíduos Sólidos dada em 31.agosto.2012, na disciplina de Inovação Tecnológica Sustentável;

³Pew Center on the States realiza pesquisas em muitas áreas de importância fundamental para os formuladores de políticas estaduais.

Segundo a resolução CONAMA Nº 307, de 5 de julho de 2002, Art. 2º, parágrafo I, resíduos da construção civil: são provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.

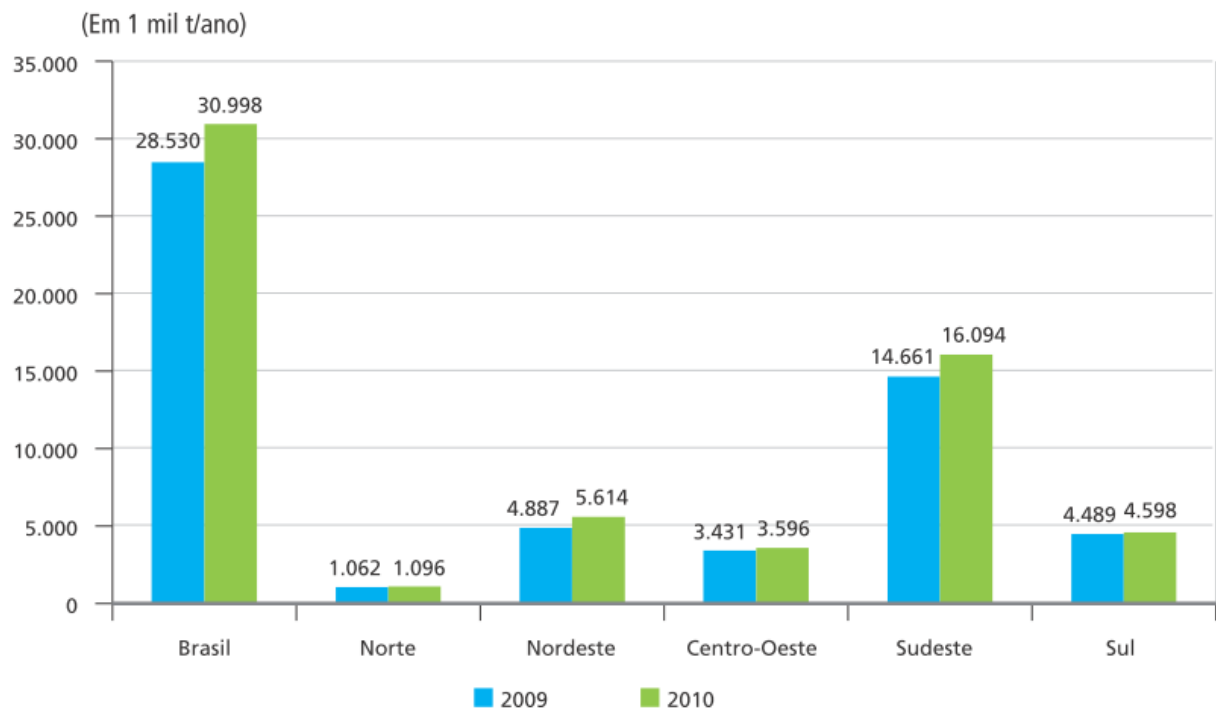
Em relação aos resíduos sólidos, o volume de entulho de construção e demolição gerado é até duas vezes maiores que o volume de resíduo sólido urbano (resultante de atividades domésticas e comerciais). O que aponta uma sobrecarga aos sistemas de limpeza pública municipais, no Brasil desde 2005, o que representa um crescimento de 50% a 70% da massa dos resíduos urbanos. (FERNANDEZ, 2012). Na tabela 1, estão apresentados os dados de estimativa nacional do volume de resíduos gerados pela construção civil, em milhões de tonelada/ano, de países desenvolvidos e do Brasil.

Tabela 1 - Estimativa de geração de RCC em alguns países

| País | Quantidade anual | | Fonte |
|----------------|------------------|---------------------|---|
| | Em milhões t/ano | Em kg/habitante/ano | |
| Suécia | 1,2 - 6 | 136 - 680 | Tolstoy, Borklund e Carlson (1998) e EU (1999) |
| Holanda | 12,8 - 20,2 | 820 - 1.300 | Lauritzen (1998), Brossink, Brouwers e Van Kessel (1996) e EU (1999) |
| Estados Unidos | 136 - 171 | 463 - 584 | EPA (1998), Peng, Grosskopf e Kibert (1994) |
| Reino Unido | 50 - 70 | 880 - 1.120 | Detr (1998) e Lauritzen (1998) |
| Bélgica | 7,5 - 34,7 | 735 - 3.359 | |
| Dinamarca | 2,3 - 10,7 | 440 - 2.010 | Lauritzen (1998) e EU (1999) |
| Itália | 35 - 40 | 600 - 690 | |
| Alemanha | 79 - 300 | 963 - 3.658 | |
| Japão | 99 | 785 | Kasai (1998) |
| Portugal | 3,2 - 4,4 | 325 - 447 | EU (1999) e Ruivo e Veiga (<i>apud</i> Marques Neto, 2009) |
| Brasil | 31 | 230 - 760 | Abrelpe (2011), Pinto (1999), Carneiro et al. (2001) e Pinto e González (2005) |

Segundo Keeler e Burke (2010), o descarte de resíduos gerados na construção civil representa hoje números com impactos significativos nas cidades, pois exigem uma grande área de aterros para suprir a demanda gerada ocupando, assim, áreas de terras que poderiam ser solos produtivos. No gráfico 1, estão representados dados de estimativa em tonelada/ano nas 5 regiões do Brasil, do volume de resíduo da construção civil coletado pelo serviço público entre 2009 e 2010.

Gráfico 1 - Total de RCC coletados – Brasil e regiões (2009 e 2010)



Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE), 2011 *apud* FERNANDEZ, 2012, p.19.

Em cidades brasileiras, a maioria desses resíduos é depositada clandestinamente. Os aterros clandestinos podem obstruir córregos e drenagens, provocando enchentes e favorecendo a proliferação de mosquitos além de outros vetores. Tal fato implica que boa parte dos recursos das prefeituras são gastos para a retirada desses resíduos. (FERNANDEZ, 2012). E ainda, quando dispostos de forma irregular, os resíduos da construção civil geram problemas de ordem estética, ambiental e de saúde pública.

Borges (2012)⁴ explanou sobre esse tema ao afirmar que “a responsabilidade do resíduo deve ser compartilhada, pois é o conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas”. Por meio da Lei 12305/2010, que dispõe sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos, são estabelecidas metas de redução na geração de resíduos. Atendendo a seguinte ordem de prioridades: (1) a não geração, (2) a redução, (3) a reutilização, (4) a reciclagem, (5) tratamento e (6) disposição final. (informação verbal).

Conforme exposto, se faz necessária a aplicação de técnicas e ferramentas que tenham como objetivo a minimização de resíduos decorrentes da atividade de construção. A grande fonte de geração de resíduos no setor está correlacionada com a fabricação incorreta de materiais, erros de projeto, uso indevido e descarte após uso dos materiais de construção. Essa alta geração de resíduos poderia ser minimizada pelo uso de materiais duráveis, pela especificação adequada de materiais durante a concepção do projeto e na aplicação adequada desses materiais na construção. No tocante ao projeto caberia a seleção adequada de materiais com vistas à minimização de resíduos. Essa seleção é uma das estratégias possíveis para se alcançar a construção sustentável.

⁴Borges, Marli Estrela. Palestra sobre Paradigma da Política Nacional de Resíduos Sólidos dada em 31. agosto. 2012, na disciplina de Inovação Tecnológica Sustentável.

4.4 Seleção de Materiais no Projeto

Na fase de concepção do projeto, na qual são tomadas as decisões, é possível definir os objetivos de desempenho da edificação e adotar soluções para que seja possível atingir um alto nível estratégico. Considerando fatores de necessidade do usuário, restrições urbanas, legais e critérios ambientais que serão adotados na edificação. Essa etapa de pré-concepção, conforme apresentado na figura 2, evidencia a complexidade das fases do projeto devido à necessidade de se conciliar diversos fatores para alcançar o equilíbrio entre todas as dimensões analisadas.(LOPES; AMADO; POGGI, 2012).

Figura 2 – Etapas do processo de construção



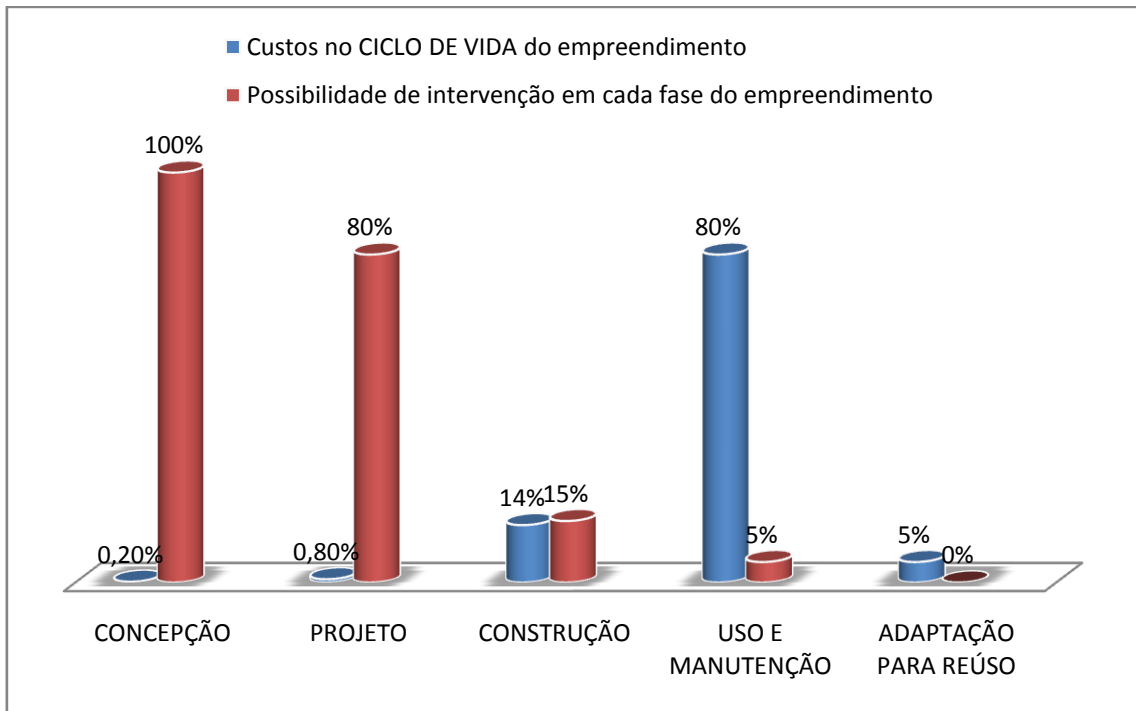
Fonte: LOPES; AMADO; POGGI, 2012, p.04.

O projeto integrado de edificações é a prática de projetar de maneira sustentável. No processo de projeto integrado não existem soluções perfeitas ou ainda um nível de sustentabilidade absoluta. Mas é possível alcançá-la ponderando vantagens e os efeitos complementares identificados no anteprojeto, sendo possível assim testar soluções e impactos. Para cada projeto, existem várias soluções ideais que se relacionam com as condicionantes. É necessário, dessa forma, a tomada de decisão adotada por meio da abordagem e direção determinadas do projeto. (KEELER; BURKE, 2010).

Um dos aspectos relevantes para a construção e o desenvolvimento sustentável é o fator econômico. Os custos relacionados à construção de edifícios causam impacto significativo no mercado. Os custos podem ser sistematizados e, assim, contribuem para o aumento da eficiência nas fases do projeto que compreendem a concepção, o projeto, a construção, o uso e ocupação, adaptação para reuso ou mesmo demolição do edifício. O custo total do ciclo de vida de um edifício inclui: os custos do capital inicial, custos de financiamento, custos operacionais, custos de manutenção e os eventuais custos no final da vida útil do edifício. (SANTO, 2010).

De acordo com o gráfico 2, são apresentados os percentuais de possibilidade de intervenção em cada fase do projeto e os custos relativos ao ciclo de vida do empreendimento. Nota-se que o maior potencial de intervenção e economia se encontra na fase de concepção do projeto. Por outro lado, na fase de execução a possibilidade de intervenção diminui para apenas 15% com aumento de custos. Enquanto que na fase de uso e ocupação os custos no ciclo de vida do empreendimento aumentam vertiginosamente e o percentual de intervenção reduz para 5%.

Gráfico 2 – Percentual de Intervenção do Projeto



Fonte: Adaptado de CEOTTO, 2008.

Conforme Keeler e Burke (2010) a seleção de materiais é uma ferramenta aplicada no anteprojeto, tendo como desdobramento a possível minimização no uso de recursos naturais e a possibilidade de redução de fontes geradoras de resíduos da construção civil, pois diminui significativamente a necessidade de trocas e substituições de materiais aplicados na construção e aumenta o tempo de vida útil ou durabilidade da mesma.

Na fase concepção do projeto, podem ocorrer problemas relacionados à perda de grande parcela de materiais que se tornam resíduos além de ser também a fase em que acontecem problemas relacionados ao tempo e investimento, por esse motivo é de suma importância incluir essa fase de concepção ao projeto e gerenciá-la da melhor maneira possível. Vale ressaltar outros contratempos que estão podem acontecer nesta fase, quais sejam: modificações ao longo do processo produtivo, falta de consulta e de cumprimento às especificações, detalhamento insuficiente do projeto arquitetônico e, por fim, a ausência de coordenação entre os diferentes níveis interdisciplinares do projeto. (PRIZIELA, 2011).

Uma das maneiras mais lógicas de se poupar o uso de recursos naturais e geração de resíduos são ao prever as etapas dos processos de demolição, construção e seleção de materiais. Moreno (2010) descreve algumas recomendações técnicas para seleção de materiais construtivos com vistas à minimização de impactos ambientais e diminuição de desperdícios:

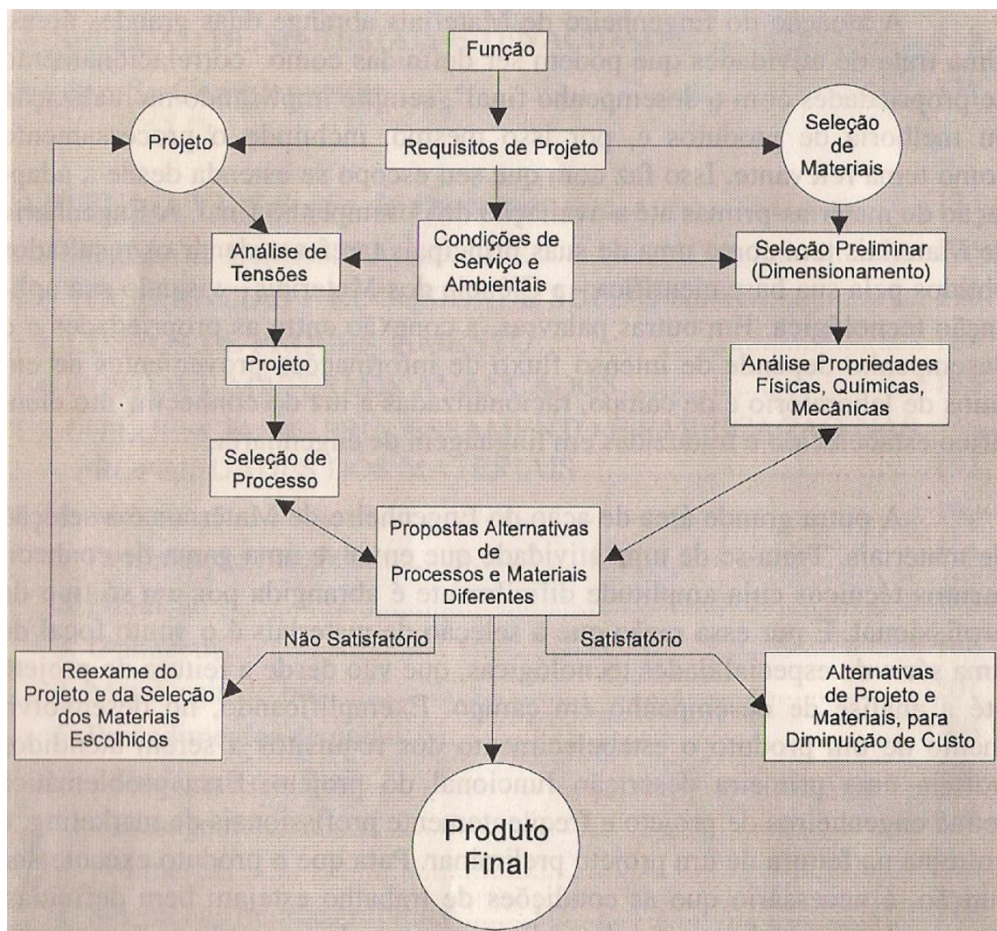
- **Identificar todos os materiais e produtos** que serão utilizados na construção e hierarquizar as distintas soluções que podem ser adotadas na coordenação e gestão da energia, água, qualidade interior do edifício, entre outras;
- **Prevenção e redução de desperdícios** na fase de construção a seleção adequada de materiais permitirá prevenir os desperdícios no processo de construção, ocupação e uso.

No projeto de edificações, a especificação dos materiais é uma das práticas mais freqüentes e de suma importância para a edificação sustentável, pois a seleção adequada de materiais e componentes, aliada a um correto detalhamento de projeto, possibilita a geração de um volume de resíduos notoriamente inferiores, devido ao aumento do tempo de vida útil e funcional de uma edificação, diminuição de perdas e etc. Por esse motivo, a adoção de critérios para seleção de materiais se faz necessária para diminuição de possíveis impactos ambientais causados pelo setor.

5 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO DE MATERIAIS

As conexões entre as propriedades do material e o seu desempenho dependem de um intenso fluxo de informações, que conduzem para uma adequada seleção e detalhamento de materiais. Conforme exposto por Ferrante (1996), para que o material escolhido execute sua função é necessário que as condições do projeto estejam bem definidas. As condições de contorno do projeto, associadas ao conhecimento das condições ambientais, nos fornecem uma lista de propriedades e requisitos, cujo atendimento consiste no objetivo do processo de seleção, conforme exposto na figura 3.

Figura 3 – A natureza interativa do processo de viabilização de um material/produto.



Fonte: FERRANTE, 1996, p.06.

Ainda segundo Ferrante (1996) devemos considerar a adequação do material aos processos de fabricação que exigem respostas para a escolha de alternativas de produção e montagem. São considerados como requisitos mínimos e mais representativos para critérios de seleção de materiais: considerações dimensionais de forma, peso, resistência mecânica e de desgaste. São ainda considerados requisitos relacionados as variáveis de operação, facilidade de fabricação, requisitos de durabilidade, número de unidades e disponibilidade do material, custo, existência de especificações sobre o material, viabilidade de reciclagem e grau de normalização.

Os procedimentos de seleção obedecem a uma multiplicidade de critérios. Tomados individualmente levam a alternativas de escolha bastante simples e lineares, mas na prática se recai quase sempre em situações nas quais um conjunto de critérios conflitantes deve ser satisfeito simultaneamente. Daí a necessidade de procedimentos de interação e otimização que no fim das contas fazem com que a filosofia do compromisso exerça papel relevante. (FERRANTE, 1996, p.08)

O método do projeto na escolha de critérios para uma construção sustentável deve considerar procedimentos de seleção de materiais com base na sustentabilidade. Porém, avaliar a sustentabilidade de produtos da construção apresenta dificuldades como: especificar as características de cada produto da construção; complexidade dos processos, cadeias produtivas e variáveis ao longo do ciclo de vida destes produtos; questões ambientais, sociais e econômicas envolvidas, que devem ser consideradas de forma integrada. Essa seleção não pode desconsiderar ainda o desempenho funcional destes produtos, devendo assim ser considerados múltiplos critérios de seleção. (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

A importância da seleção de materiais na construção sustentável é observada nas certificações de edifícios sustentáveis. As certificações de edifícios sustentáveis consistem em sistemas de certificação nos quais geralmente é avaliado o grau de sustentabilidade de um projeto ou edifício, de acordo com o atendimento às legislações vigentes e a determinados critérios de desempenho estabelecidos pelas organizações. No Brasil atualmente encontramos sistemas nacionais de certificação como: Processo AQUA – Alta Qualidade Ambiental, coordenado pela Fundação

Vanzolini, o selo PROCEL EDIFICA introduzido pela Eletrobrás e o selo Casa Azul de Construção Sustentável, lançado pela Caixa Econômica Federal.

Para medir a eficiência de todos os sistemas na obtenção de uma construção e edifício sustentável, diversos países criaram critérios de avaliação para certificação de edifícios. Na tabela 2 são apresentadas informações sobre a presença de critérios, nas metodologias de avaliação, relacionadas à seleção de materiais nos sistemas internacionais.

Tabela 2 – Percentual de participação da seleção de materiais nos sistemas internacionais de certificação

| Sistema | Porcentagem aproximada dos pontos da Seleção de Materiais no total do sistema |
|---|---|
| BREEAM | 10% |
| BRE EcoHomes | 29% |
| LEED® | 17% |
| LEED® for homes | 12% |
| CASBEE | 25% |
| NF Batiment Tertiaires | < 10% |
| H&E – Certification Habitat & Environnement | < 15% |
| GBTool- Green Building Challenge | 8% |

Fonte: JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007, p.42.

Nota: BREEAM–Building Research Establishment Environmental Assessment Method; BRE EcoHomes–Building Research Establishment–EcoHomes; LEED–Leadership in Energy & Environmental Design; LEED for homes–Leadership in Energy & Environmental Design for homes; CASBEE–Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency; NF BatimentTertiaires–Démarche HQE Bureau et Enseignement; H&E–Certification Habitat & Environnement; GBTool–Green Building Challenge.

Os materiais devem ser escolhidos levando-se em conta seu ciclo de vida, suas qualidades ecológicas, seu desempenho, sua salubridade e segurança, a racionalização de seu uso e o custo-benefício oferecido. Para a fabricação, o transporte, e a colocação dos materiais, devem ser consideradas a minimização de consumo de água e a geração de empregos, traçando-se ainda uma estratégia para o controle de dejetos, resíduos e desperdícios. (PORTO, 2009, p.18)

Conforme Oliveira (2009), ao falarmos de seleção de materiais no Brasil, se tratando de obras públicas pode destacar como exemplo a Lei 8.666 (BRASIL, 1993), que considera como fator elementar para escolha de materiais o custo. Já a Instrução Normativa nº 01 (BRASIL, 2010), dispõe sobre critérios de sustentabilidade ambiental na aquisição de bens, contratação de serviços ou obras pela administração pública federal. Podemos ainda citar como exemplo, no que diz respeito à habitação, a NBR15.575 que considera questões relativas a durabilidade e manutenção dos materiais como critérios relevantes para a sustentabilidade ambiental e socioeconômica. Ao considerarmos a importância relacionada da melhoria do desempenho ambiental e a redução do impacto ambiental que pode ser alcançada pela correta seleção de materiais, concluímos que escolher materiais considerando apenas custo, critérios estéticos e funcionais são insuficientes para edificações mais sustentáveis.

5.1 Relevância Ambiental da Seleção de Materiais

A seleção de materiais com vista à minimização de impactos ambientais tem sido feita com base nos princípios do Ecodesign e no conforto ambiental. A relevância ambiental da seleção de materiais se torna uma das ferramentas de gestão e análise ambiental aplicados ao projeto.

5.1.1 Ecodesign

O conceito de Ecodesign teve origem na década de 1990, ao criar produtos que fossem menos agressivos ao meio ambiente. O Ecodesign surge como um conjunto específico de práticas de projeto orientadas à criação de produtos e processos eco-eficientes¹. O Ecodesign atende a objetivos ambientais, de saúde e segurança, tendo como essência o mínimo consumo de materiais, água e energia. Além disso, apresenta baixa (ou nenhuma) geração de resíduos durante todo o ciclo de vida do produto. (FURTADO, [199-]). Ao viabilizar a aplicação do Ecodesign é possível atingir os seguintes níveis estratégicos do projeto: desenvolvimento de um novo conceito de produto, seleção de materiais de baixo impacto ao meio ambiente, redução do uso de materiais extraídos na natureza e volume de resíduos da construção civil, otimização das técnicas de produção, processos e sistemas de distribuição, aumento do tempo de vida do produto e desempenho.

¹Segundo Nogueira (2011), a ecoeficiência consiste na capacidade de produzir e realizar atividades com o menor impacto ambiental possível, por meio do mínimo consumo de recursos naturais e a mínima geração de resíduos e subprodutos para o meio ambiente.

5.1.2 Conforto Ambiental

É possível atingir o conforto ambiental em uma edificação quando a mesma estiver livre de contaminação, sendo estimulantes e sensíveis as necessidades humanas por meio da arquitetura bioclimática². A estratégia de projeto para uma edificação com arquitetura bioclimática é promover um ambiente construído com conforto físico, sadio e agradável, adaptado ao clima local.

Um projeto para edificação com arquitetura bioclimática ainda requer a minimização do consumo de energia convencional, instalações que necessitam da menor potencia elétrica possível, conduzindo assim o projeto à mínima produção de poluição e impacto ambiental. Os materiais utilizados na construção de um edifício possuem relação direta e regulam o desempenho térmico dessa edificação e, por esse motivo influenciarão no conforto térmico de seus usuários. A decisão e escolha a respeito de quais materiais serão empregados na edificação tendo como uma de suas referências o clima local demonstra a importância na seleção de materiais sob pena de um ambiente construído que não ofereça conforto térmico ao seu usuário, quando ocorrer à seleção inadequada dos materiais. Se fazendo necessário o uso de equipamentos complementares para atender as necessidades do usuário, e ainda ocasionando o aumento no consumo de energia da edificação. (CORBELLA, 2003)

De acordo com Porto (2009), um dos erros mais recorrentes é a confusão que se estabelece entre sustentabilidade e conforto ambiental. Ambos consideram aspectos como insolação, ventos dominantes, características do entorno, estudo de implantação, espessura das paredes, aberturas para ventilação, entre outros aspectos. No entanto, ao falarmos em construção e edifício sustentável são considerados também aspectos econômicos, sociais e culturais.

²A arquitetura bioclimática é um conceito no qual a qualidade ambiental e a eficiência energética são obtidas por meio do aproveitamento racional dos recursos da natureza, de modo a contribuir com o equilíbrio do ecossistema no qual está inserido.(Loura;Assis, 2005).

5.2 Critérios Ambientais para Seleção de Materiais

5.2.1 Energia Incorporada

Um das primeiras ferramentas utilizadas para gerar critérios ambientais de seleção de materiais é a energia incorporada. Nesse critério de seleção é considerada toda energia consumida durante o ciclo de vida do material. A escolha dos materiais é feita com base no menor consumo de toda energia consumida. As intensidades de energia consumidas para produção de cada material são normalmente apresentadas em J/g ou GJ/ton.(OLIVEIRA, 2009).

A energia incorporada pode considerar a energia consumida durante a extração das matérias primas, produção e transporte do material até o local de construção e sua instalação. Essa energia deve ser medida e comparada entre diversos materiais, dando-se prioridade ao uso de materiais com baixos valores de energia. Segundo Lucas (2008), materiais com baixa energia incorporada quando provindos de fontes renováveis, contribuem para a diminuição do consumo de combustíveis fósseis. Os materiais reciclados podem apresentar baixos valores de energia incorporada quando comparados a materiais sem conteúdo reciclado. E ainda, materiais naturais quando comparados a materiais sintetizados possuem valor de energia incorporada mais baixa. No entanto, não podemos desconsiderar os diversos tipos de processamento desses materiais, que quando comparados entre seus diferentes processamentos podem apresentar resultados distintos.

5.2.2 Reciclabilidade dos Materiais

Esse critério para seleção de materiais tem como objetivo minimizar a geração de resíduos ao incentivar o uso de materiais com grande percentual de reciclabilidade. Segundo Ashby, Shercliff e Cebon, é possível construir a partir do banco de dados Cambridge Engineering Selector (CES)³ alguns exemplos de materiais e seus respectivos percentuais, como exposto na tabela 3.

Tabela 3 – Percentual de reciclabilidade dos materiais

| MATERIAL | PERCENTUAL % |
|----------------|--------------|
| VIDRO SODA CAL | 0,7 a 0,8 |
| CONCRETO | 0,05 a 0,1 |
| AÇO | 0,8 a 0,9 |
| CAL | 0,8 a 0,9 |
| GESSO | 0 |
| MADEIRA | 0,4 a 0,5 |
| PVC | 0,45 a 0,55 |

Fonte: Adaptado de ASHBY, 2004.

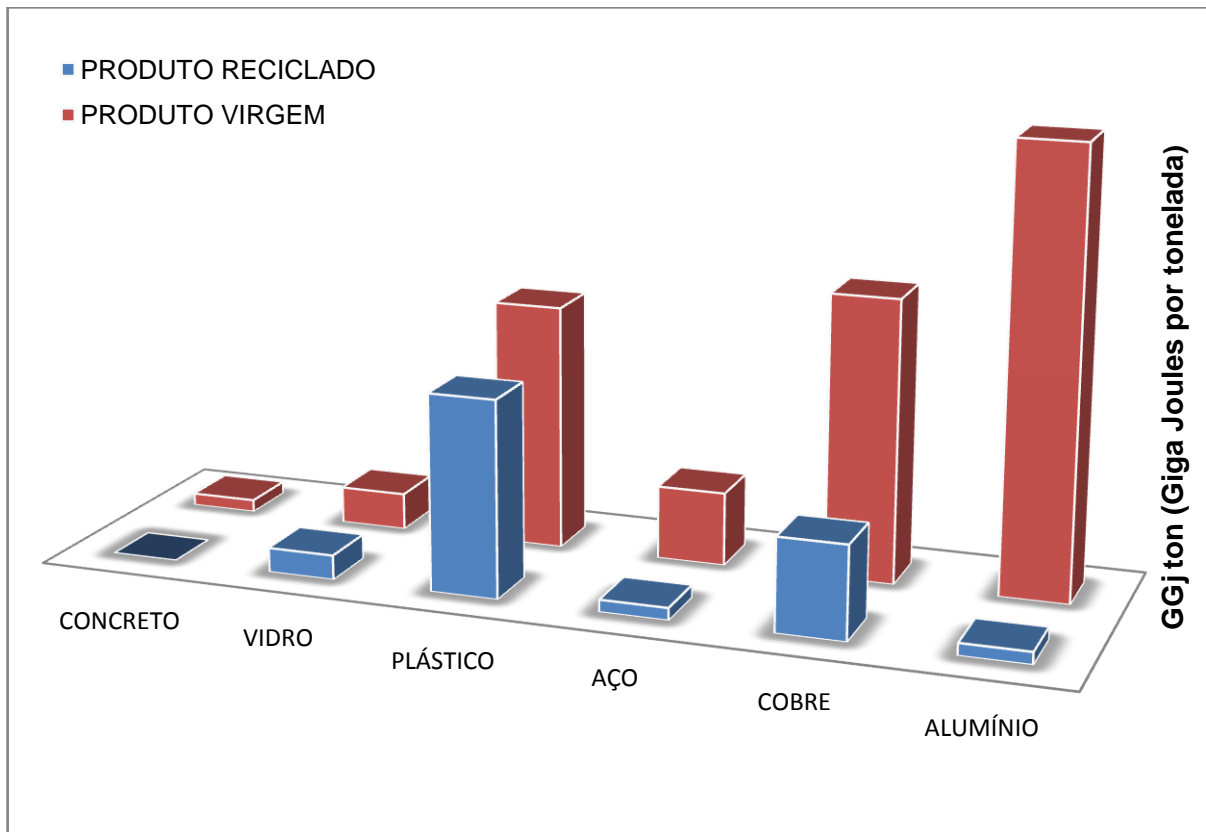
Nota: Atualmente já existe um percentual de reciclabilidade do gesso;

A quantidade de energia utilizada para a produção de materiais de construção representa toda a energia gasta no seu processo de fabricação, desde a extração da matéria prima até seu descarte passando energia gasta para seu processamento, transformação e a energia despendida em seu transporte. No gráfico 3, são apresentadas comparações de diversos materiais, considerando materiais virgens e materiais reciclados. Quando os materiais são reciclados, a quantidade de energia

³Ferramenta de Web-enables, lançada em 2000 para seleção de materiais e informações de projeto. É um pacote de software contendo uma grande base de dados e informações, podendo também ser ligado à base de dados da empresa. Desenvolvido ao longo de vários anos por Mike Ashby e David Cebon.

diminui consideravelmente, devido ao fato de as fases de extração e alguns processos de fabricação serem eliminados. Essa variação depende do tipo de material e processamento. (MORENO, 2010).

Gráfico 3 – Quantidade de energia gasta na produção de alguns materiais de construção



Fonte: Departamento de Energia, E.U.A 2000 *apud* Adaptado de Moreno,2010, p.149.

A vantagem do critério é que se contribui para manutenção das reservas naturais. Ao aplicar em uma construção materiais reaproveitados, sejam reutilizados ou com conteúdo reciclado, estes proporcionam benefícios ambientais ao reduzir o consumo de recursos virgens, impactos decorrentes da extração destes recursos e a quantidade de resíduos dispostos ao meio ambiente. Podem ser incorporados, em seus materiais reciclados e produtos, resíduos gerados por sua própria atividade de construção e ainda os gerados por outros setores construtivos. A reutilização de materiais oferece benefícios similares ao da reciclagem, apresentando menores riscos ambientais devido ao fato de demandarem pouco ou nenhum processamento. (JONH; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

5.2.3 Materiais Preferenciais

Esse critério para seleção privilegia aplicação de materiais que tenham um menor impacto ao meio ambiente. São adotados materiais reciclados, com baixa emissão de poluentes em sua produção ou materiais que apresentam maior desempenho ao longo de sua vida útil. Ainda o reuso, conteúdo de material reciclado, questões relacionadas ao desmonte e recuperação de estruturas são encorajadas na seleção dos materiais. (OLIVEIRA, 2009)

Kronka (2003) propõe diversas ações de projeto e implantação de edificações pelo critério de sustentabilidade, com referências a atributos de materiais preferíveis, como: durabilidade; baixa necessidade de manutenção; uso de madeira de reflorestamento; uso de materiais locais; uso de madeira não tratada; uso de materiais com baixa energia incorporada; uso de materiais que utilizam pouca embalagem.

5.2.4 Análise do Ciclo de Vida

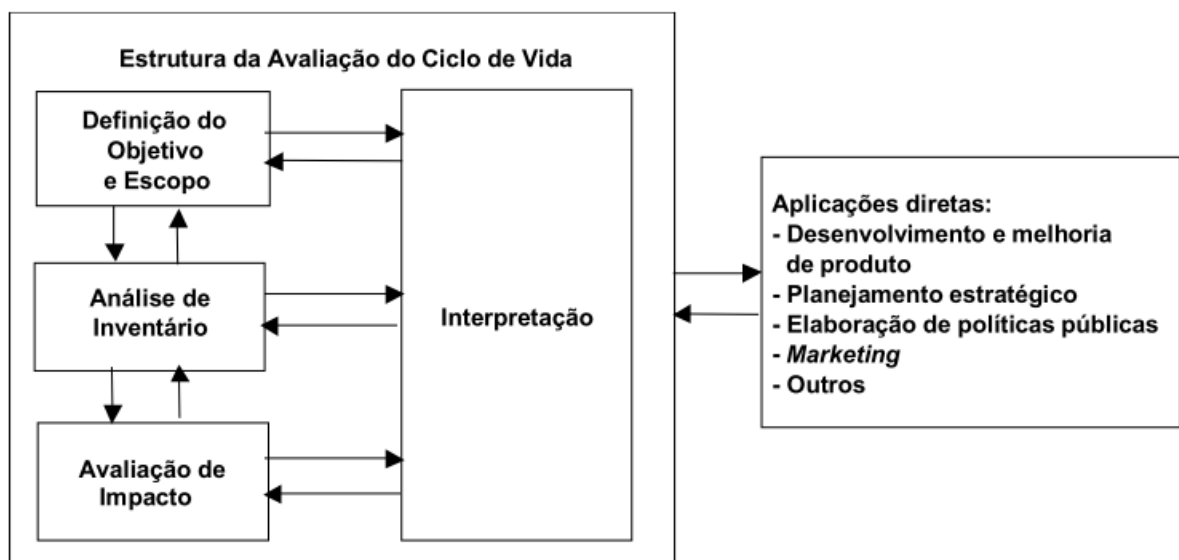
Os estudos de Análise do Ciclo de Vida tiveram início na década de 60, devido à crise do petróleo, onde ocorrem os primeiros questionamentos sobre o limite de extração de recursos naturais. O objetivo dos primeiros estudos era calcular o consumo de energia que envolvia a elaboração de um fluxograma de processo com balanço de massa e energia. Dados sobre o consumo de matérias primas, combustíveis e resíduos sólidos gerados começaram a ser contabilizados. O interesse por esses estudos de Análise do Ciclo de Vida enfraquece após a crise do petróleo e ressurgiu na década de 1980 em decorrência da preocupação ambiental. A partir da década de 1990, os estudos se expandiram bastante, pois foram impulsionados pela normatização através da série de normas ISO 14040, conforme descrito por Coltro (2007).

Keeler e Burke (2010) nos expõem que a Análise do Ciclo de Vida é uma ferramenta que objetiva a avaliação dos aspectos ambientais e dos impactos potenciais associados a um produto ao longo de todo o seu ciclo de vida. Compreende etapas que vão desde a retirada dos recursos naturais da natureza ou extração das matérias-primas, passando pelo processo produtivo (berço) até o seu uso e disposição final do produto (túmulo). Sendo utilizado para avaliar o impacto ambiental de produtos e serviços, foi normatizada em 2009 pela série ISO 14040 que trata da certificação ambiental e determina o planejamento estratégico da Análise de Ciclo de Vida (ACV). A Análise do Ciclo de Vida quando usada para selecionar materiais de construções, conjuntos de componentes, sistemas e estratégias da melhor maneira possível – e causando o menor impacto possível, se torna ainda uma importante ferramenta na utilização da gestão ambiental.

De acordo com as diretrizes e padronização apresentadas na figura 4, a metodologia da avaliação do ciclo de vida é composta pelas seguintes etapas:

- **DEFINIÇÃO DO OBJETIVO E ESCOPO:** no qual são geradas as fronteiras do sistema, o propósito do estudo e sua amplitude são definidos, envolvendo decisões sobre as fronteiras e unidades funcionais;
- **REALIZAÇÃO E ANÁLISE DO INVENTÁRIO:** informações sobre o sistema do produto são levantadas e as entradas e as saídas consideradas relevantes para o sistema são quantificadas.
- **AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL:** os dados e as informações geradas da Análise de Inventário são associados a impactos ambientais específicos, de modo que o significado destes impactos possa ser avaliado.
- **INTERPRETAÇÕES:** os resultados obtidos nas fases de Análise de Inventário e de Avaliação de Impactos são combinados e interpretados de acordo com os objetivos definidos nos início do estudo.

Figura 4 – Fases de um estudo de Análise do Ciclo de Vida (ACV)

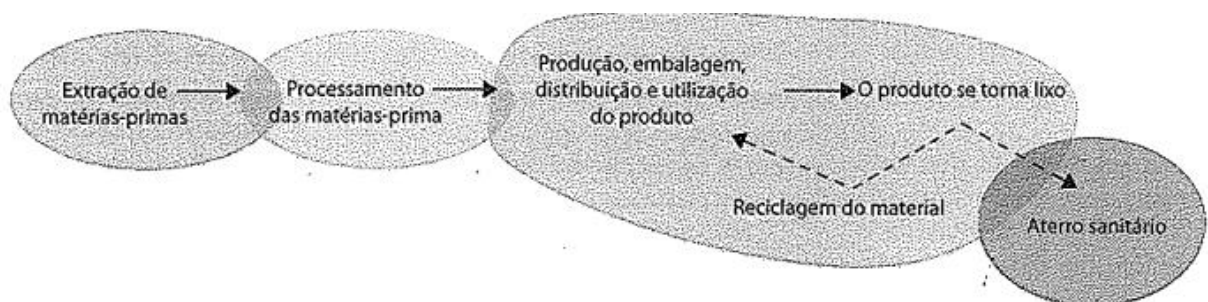


Fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR ISO 14040, 1997 *apud*. COLTRO, 2007.p10.

Outras ferramentas para avaliação de edificações são aplicadas somente após a ocupação da edificação, pois essas ferramentas testam o desempenho das instalações, exigindo o acompanhamento e coleta de dados por um determinado período para futuras avaliações.

No entanto, a aplicação da Análise do Ciclo de Vida nos possibilita o planejamento no anteprojeto, em que é possível quantificar e prever o desempenho através de estratégias sustentáveis visto que na utilização inicial das ferramentas de avaliação é possível programar um projeto integrado de edificações e reduzir custos na edificação. Avaliar o impacto ambiental total de um material, edificação, sistema ou instalação ao longo de seu ciclo de vida é uma prática abrangente e interdisciplinar. Devem, assim, ser considerados desde a extração das matérias-primas até o descarte, reciclagem ou desmonte e reuso, etapas de manufatura, empacotamento transporte, operação, limpeza, conserto e manutenção, conforme exposto na figura 5, para que seja possível produzir um perfil ambiental destes materiais de construção, produtos ou da edificação como um todo. (KEELER; BURKE, 2010)

Figura 5 – Ciclo de Vida



Fonte: KEELER; BURKE, 2010, p.271.

Boas avaliações de ciclo de vida possuem um escopo de estudo robusto capaz de fornecer múltiplos indicadores, que se traduzem no potencial ambiental destes materiais, produtos e edificações, uma vez que, a ACV compara dois ou mais produtos entre si. Ao considerar aspectos como a durabilidade, reparabilidade entre outros, é possível determinar por meio destas comparações uma unidade funcional

dentro de uma análise. Empregando a ACV é possível avaliar a implementação de melhorias ou alternativas para produtos, processos ou serviços. Declarações ambientais sobre o produto podem se basear em estudos de ACV, bem como a integração de aspectos ambientais no projeto e desenvolvimento de produtos.(COLTRO,2007)

O desafio consiste em determinar como caracterizar, quantificar e analisar os impactos ambientais e tornar possível apresentar resultados que sejam úteis à profissionais da construção civil e arquitetos. Devido a incertezas, ambigüidades e desacordos a ACV é uma ferramenta que requer aprimoramentos, entretanto mesmo em atual desenvolvimento é muito útil para se avaliar ou comparar impactos ambientais de diversos produtos, componentes e sistemas. Quando executada de maneira detalhada e específica para cada edificação a ACV é muito eficaz em avaliar fluxos de energia. (KEELER; BURKE, 2010)

Estudos de ACV aparentemente iguais chegam a conclusões diferentes devido às considerações feitas, fronteiras adotadas, idade dos dados, tecnologias, logística de abastecimento de matérias-primas e matriz energética, que são fatores críticos inventariados, bem como a interpretação destes sistemas quanto o mais adequado para o meio ambiente. No entanto, ainda com todas estas restrições expostas, estudos comparativos foram divulgados e causaram impactos no mercado de produtos concorrentes, como apontado por Coltro (2007).

6 CONCLUSÃO

Como desenvolvido ao longo da presente monografia, ao nos referirmos ao setor da construção civil e pontuarmos os impactos ambientais causados por meio do setor, mostra-se essencial a aplicação de critérios ambientais para seleção de materiais. Esses critérios de seleção, por sua vez, devem extrapolar a especificação técnica dos materiais considerando apenas custo, critérios estéticos e funcionais. Os critérios para seleção dos materiais que serão aplicados devem incluir estratégias que visam à redução do impacto ambiental e geração de resíduos, melhorando assim o desempenho ambiental da edificação.

Do mesmo modo, para que os critérios mínimos de especificação de propriedades físicas e ambientais de seleção sejam eficazes em seu uso e aplicação, as decisões estratégicas devem ser tomadas na concepção do projeto, fase em que a ferramenta de seleção apresenta o maior percentual de intervenção e corresponde ao menor custo do projeto. No entanto, não existem soluções estratégicas na aplicação de critérios ambientais para seleção de materiais que sejam aplicáveis para todas as edificações, é necessário analisar, hierarquizar e determinar objetivos ambientais que sejam adequados ao projeto em desenvolvimento. Desta forma, foram apresentadas algumas ferramentas de critérios ambientais de seleção de materiais possíveis de serem aplicadas na edificação, com vistas à diminuição do volume de resíduos gerados pelo setor e conseqüente melhoria em seu desempenho ambiental.

Ao avaliarmos os critérios ambientais descritos ao longo do trabalho, encontramos algumas limitações que devem ser consideradas em sua aplicação no projeto como exemplo as limitações na aplicação da energia incorporada ocorrem na apresentação de diferentes unidades de massa e volume disponibilizadas pelos fabricantes, havendo necessidade de conversões. E ainda no que se refere à matriz energética, se tornando mais adequado para países que tenham baixa diversidade de fontes de energia, evitando distorções na análise.

A Análise do Ciclo de Vida, por sua vez, apresenta limitações em razão da diversidade de incertezas e da variabilidade e incompatibilidade dos dados, a mesma se torna uma ferramenta complexa que absorve tempo. Sendo ainda difícil padronizar e quantificar os dados dos materiais e/ou produtos para serem aplicados na ACV. O recorte realizado para análise do Ciclo de Vida pode variar. Sendo assim o resultado gerado a partir deste recorte também se torna relativo, diante da escolha de delimitações do escopo de trabalho. As delimitações dependem do gestor e demais profissionais envolvidos, da atividade em questão e ainda da abrangência dada a esse recorte. Outras questões interferem nessa análise, como a dificuldade de especificações de parâmetros dos materiais fornecidos pelos fabricantes e um baixo volume de conteúdo em banco de dados específicos. Para que esta importante ferramenta de gestão seja eficaz é essencial que os profissionais da área demandem dos fabricantes informações necessárias sobre as características e propriedades dos materiais que serão aplicados na construção. É possível, no entanto, diante dessa carência, comparar produtos e serviços com funções similares para escolha do mais adequado. No entanto, a ACV ainda se apresenta como importante ferramenta por abranger diversos critérios de seleção que foram abordados ao longo do presente trabalho.

Ao considerarmos a aplicação de materiais com alto percentual de reciclabilidade, a limitação desse critério ainda apresenta o inconveniente de consumir energia em seu reprocessamento, causando poluição e gastos. No entanto, a aplicação de materiais reutilizados não apresenta esse inconveniente e em ambos os casos não há necessidade de extração de recursos naturais, o que torna o critério ainda assim vantajoso.

Conclui-se que, independentemente do critério a ser adotado na seleção de materiais, como estratégia para se atingir um maior desempenho ambiental e diminuir a geração de resíduos, os profissionais da área devem sempre quantificar e dimensionar a real necessidade de uso e aplicação dos materiais na edificação e ainda hierarquizar a seleção desses materiais, com efeito de atingir uma edificação que contemple o desempenho e durabilidade, e ainda a minimização de impactos ambientais e geração de resíduos.

REFERÊNCIAS

ASHBY, Michael; SHERCLIFF, Hug; CEBON, David. **Materials, engineering, science, processing and design**. Burlington: Elsevier, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2010**. ABRELPE, 2011. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/downloads/Panorama2010.pdf>> *apud* FERNANDEZ, Jaqueline Aparecida Bória. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada- IPEA, Brasília, 2012. Relatório de Pesquisa. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatorio_pesquisa/120911_relatorio_construcao_civil.pdf> Acesso em: set.2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT. **NBR ISO 14040: gestão ambiental, avaliação do ciclo de vida-princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2010.10 *apud* COLTRO, Leda (Org.). **Avaliação do ciclo de vida com de instrumento de gestão**. Campinas: CETEA/Ital, 2007. 75p. Disponível em: <http://www.cetea.ital.sp.gov.br/figs/ACV_como_Instrumento_de_Gestao-CETEA.pdf> Acesso: jul.2013.

BRASIL, Lei Federal n. 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; **Diário Oficial da União**, Brasília, 2. ago. 2010.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Conama n. 001**, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>> Acesso em: ago.2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução Conama n. 307**, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, 17 jul. 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>> Acesso em: ago.2013.

BRUNDTLAND, G. – Our common future: The world commission on environment and development, págs.400. Oxford University Press, Oxford, UK, 1987 *apud* LUCAS, Vanessa Silvério. **Construção Sustentável – Sistema de Avaliação e Certificação**. 2011.197f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2011. Disponível em: <<http://run.unl.pt/handle/10362/5613>> Acesso em: out.2013.

BRUNDTLAND, G.–Our common future: The world commission on environment and development, págs.400. Oxford University Press, Oxford, UK, 1987 *apud* SANTO, Hugo Miguel Inácio do Espírito. **Procedimentos para uma certificação da Construção Sustentável**. 2010.129f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 2010. Disponível em: <<http://run.unl.pt/handle/10362/4045>> Acesso em: set.2013

CABALLERO, Norma Mercedes. **Contribuição ao estudo do Ecodesign na Seleção de Materiais para Construção de Residências Unifamiliares em Ambientes Urbanos**. 2005. 189f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/5036>> Acesso em: out.2013.

CEOTTO, Luiz Henrique. A Construção e o Meio Ambiente: 1ª parte; 2ª parte; 3ª parte. Notícias da Construção, Ed. 51 a 53, São Paulo, SP. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/secoes.asp?subcateg=74&categ=16>>. Acesso em: jul.2013.

COLTRO, Leda (Org.). **Avaliação do ciclo de vida com instrumento de gestão**. Campinas: CETEA/Ital, 2007. 75p. Disponível em: <http://www.cetea.ital.sp.gov.br/figs/ACV_como_Instrumento_de_Gestao-CETEA.pdf> Acessado: jul.2013.

CORBELLA, Oscar. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos – conforto ambiental**. 1.ed., Rio de Janeiro, Editora Revan, 2003. p.15-52. Disponível em: <http://www.gsd.inescid.pt/~pgama/ab/Relatorio_Arq_Bioclimatica.pdf> Acesso em: nov.2013.

EDWARDS, Brian 1994. **Guía básica de La sostenibilidad**. 1.ed. Barcelona, Editorial Gustavo Gili SA, 2004. cap.2 a 4 p.21-115.

ESTADOS UNIDOS. Departamento de Desarrollo Urbano. **A Guide to Deconstruction: Na Over View of Deconstruction with a Focus on Community Development Opportunities**. [S.l.]: Ed. HUD, 2000 *apud* MORENO, Silverio Hernández. **Diseño y manejo sustentable em edificación**. 1.ed. México: Universidad Autónoma Del Estado de México, 2010. cap. 6, p.129-188.

FERNANDEZ, Jaqueline Aparecida Bória. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada- IPEA, Brasília, 2012. Relatório de Pesquisa. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120911_relatorio_construcao_civil.pdf> Acesso em: set.2013.

FERRANTE, Maurizio. **Seleção de Materiais**. 1.ed. São Carlos:EDUFSCar, 1996.p.05-14.

FRANÇA, Júnia;VASCONCELLOS, Ana Cristina. **Manual para Normalização de Publicações Técnico-científicas**.8.ed., Belo Horizonte: Ed.UFMG, 2004.p.34-49.

FURTADO, J. S. **Indicadores de sustentabilidade sócio-ambiental nos assentamentos humanos e ecodesign na construção civil: oportunidades para a indústria**. [199]38p. Disponível em: <<http://www.gerenciamento.ufba.br/Downloads/Ecodesign%20para%20a%20constru%C3%A7%C3%A3o%20civil.pdf>> Acesso em: jul.21 03.

JOHN, Vanderley Moacyr; OLIVEIRA, Daniel Pinho; LIMA, José Antônio Ribeiro. **Levantamento do estado da arte: Seleção de Materiais – Documento 2.4 – Projeto Tecnologias para construção habitacional mais sustentável – Projeto FINEP 2386/04– São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.sindusconsp.com.br/img/meioambiente/18.pdf>> Acesso em: ago.2013**

KEELER, Marian; BURKE, Bill, **Fundamentos de projetos de edificações sustentáveis**.1.ed. Porto Alegre: Bookman, 2010 cap.14,19-21, p.183-299.

KRONKA, Roberta Consentino. **Arquitetura de baixo impacto humano e ambiental**. 2002. Tese (Doutorado em Estruturas Ambientais Urbanas) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16131/tde-06052003-115215/>>. Acesso em: nov.2013.

LANHAM, Ana; GAMA, Pedro; BRAZ, Renato. **Arquitetura Bioclimática: Perspectivas de inovação e futuro**. Seminários de Inovação, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2004.

LIBRELOTTO, D. , JALALI, S. **Aplicação de uma Ferramenta de Análise do Ciclo de Vida em Edificações Residenciais: Estudos de Caso**. Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil [200-] Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/8436>> Acesso em: jul.2013.

LOPES, Tânia; AMADO, Miguel P.; POGGI, Francesca. **Construção sustentável– fase de pré-concepção**. In: **CONGRESSO CONSTRUÇÃO**, 2012, Coimbra,

Portugal. **Anais...**[S.l.]:[s.n.],[201]..Disponível em:<http://docentes.fct.unl.pt/ma/files/pr_e_design_final.pdf> Acesso em: nov.2013.

LOURA, Rejane Magiag; ASSIS, Eleonora Saad. Variáveis...In:CONGRESSO BRASILEIRO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA, 1., 2005, Belo Horizonte. **Anais...**[S.l.]:[s.n.],[200-].p.161-166. Disponível em:<http://www.arq.ufmg.br/labcon/arquivos/CBEEI_Rejane.pdf> Acesso em: nov.2013.

LUCAS, Sandra Manuel Simaria de Oliveira. **Crítérios Ambientais na Utilização de Materiais de Construção**.2008. 107f. Departamento de Engenharia Cerâmica e do Vidro, Universidade de Aveiro,2008. Disponível em:<<https://ria.ua.pt/handle/10773/2251>> Acesso em: out.2013.

LUCAS, Vanessa Silvério. Construção Sustentável:Sistema de Avaliação e Certificação. 2011.197f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa,2011 Disponível em:<<http://run.unl.pt/handle/10362/5613>> Acesso em:out.2013.

MARCONI, Marina Andrade; LAKATOS, Eva Maria, **Técnicas de Pesquisa**.1.ed., São Paulo: Atlas, 1982.p.15-36.

MORENO, Silverio Hernández. **Diseño y manejo sustentable em edificación**. 1.ed. México: Universidad Autónoma Del Estado de México, 2010.cap. 6 p.129-188.

NOGUEIRA, Ítalo Camilo da Silva. A ética e o desenvolvimento sustentável sob a ótica das organizações. **INTERLINK**, v. 2, n.2,p.35-42, jul./dez. 2011. Disponível em:<http://www.fanap.br/interlink/a_etica_e_o_desenvolvimento_sustentavel.pdf> Acesso em: nov.2013.

OLIVEIRA, Carine Nath. **O paradigma as sustentabilidade na seleção de materiais e componentes para edificações**. 2009.198f.Dissertação (Mestrado) – Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina,2009. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/92291>> Acesso em:set.2013.

PORTO, Márcio. **O processo de projeto e a sustentabilidade na produção da arquitetura**.1.ed. São Paulo: Cris Corrêa Editorial Ltda, 2009.p.12-41.

PRIZIBELA, Silvio Cezar Carvalho. **Aplicação de Princípios de Sustentabilidade em empreendimentos de grande porte:** posicionamento dos arquitetos. 2011.208f. Dissertação (Mestrado) – Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, 2011. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/95015>> Acesso em: ago.2013.

SANTO, Hugo Miguel Inácio do Espírito. **Procedimentos para uma certificação da Construção Sustentável.** 2010.129f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa. 2010. Disponível em: <<http://run.unl.pt/handle/10362/4045>> Acesso em: set.2013

VILELA, Diana Santiago. **A sustentabilidade na formação atual do arquiteto e urbanista.** 2007.174 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.