

## DIRETRIZES PARA MATERIAIS ECOEFICIENTES

**Clarissa D. Sousa<sup>\*</sup>, Paula F. P. Viana e Maria T. Barbosa**

*Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído, Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 36036-330, MG, Brasil*

**Palavras-chave:** Desenvolvimento sustentável, ecoeficiência, rótulos ecológicos.

**Resumo.** Com a crescente preocupação mundial sobre as questões ambientais, muitos empresários têm buscado adotar práticas ecológicas como um diferencial competitivo para seus produtos. Dentre estas práticas, a rotulagem ambiental de produtos é o instrumento de maior disseminação, pois atinge o consumidor final dos produtos. Os programas de rotulagem ambiental surgiram, principalmente, em decorrência da exigência, de vários representantes da sociedade, de uma mudança nos padrões de consumo e produção. Diante disso, este trabalho tem como objetivo desenvolver um estudo bibliográfico entre os vários programas de rotulagem ambiental adotados por diversos países, relatando alguns existentes no Brasil. Em seguida, verificar pontos comuns, prioridades, categorias, exigências e outros fatores específicos que permitam sistematizar as informações de forma a abordar diretrizes a serem adotadas para a ecoeficiência dos rótulos.

---

Endereços de e-mail: [clarissa.dias@engenharia.ufjf.br](mailto:clarissa.dias@engenharia.ufjf.br)<sup>\*</sup>, [paula.fidelis@engenharia.ufjf.br](mailto:paula.fidelis@engenharia.ufjf.br); [teresa.barbosa@engenharia.ufjf.br](mailto:teresa.barbosa@engenharia.ufjf.br).

## GUIDELINES FOR ECOEFICIENT MATERIALS

**Keywords:** Sustainable development, eco-efficiency, eco-labels.

**Abstract.** The environmental issues have been growing and industrial sector have sought green practices as a competitive advantage for their products. Among these practices, the environmental label of products is the instrument of greatest dissemination, as it affects the final consumer of the products. Environmental label programs have arisen as a result of representatives of society who wanted a change in patterns of consumption and production. Therefore, this paper aims to develop a bibliographic review among the various assessment tools of environmental label adopted by several countries, including Brazil. At finally, the systematizing the information who check common points, priorities, categories, requirements and other specific factors were analyzing in order to guidelines to be adopted for the eco-efficiency of the labels.

## 1 INTRODUÇÃO

Em geral, a base das atividades humanas exige grande utilização de recursos como matérias primas e energia, além de intervenções físicas nos locais, originando influência sobre materiais, energia, água e território, impactando o ambiente natural e/ou o ambiente construído e, por vezes, provocando reflexos importantes sobre a sustentabilidade do planeta [8].

Nesse contexto, o conceito de desenvolvimento sustentável surge como uma constatação de que as capacidades assimilativas dos ecossistemas e da regeneração dos recursos naturais ocorrem em taxas incompatíveis com o acelerado desgaste imposto à natureza [10].

No ano de 1987, a *United Nations World Commission on Environmental and Development* (WCED) publicou o Relatório Brundtland, intitulado o Nosso Futuro Comum (Our Common Future), propondo ao mundo a adoção de um desenvolvimento que atenda às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atender as suas próprias necessidades. Esse documento propõe não cessar o crescimento econômico, mas reconhece que os problemas de pobreza e subdesenvolvimento não podem ser resolvidos se não ingressados numa nova era de crescimento, no qual os países em desenvolvimento desempenham papel significativo [5].

Desde então, diversos setores industriais estão empenhados a integrar o conceito de desenvolvimento sustentável ao ambiente das organizações, associando a este o conceito de ecoeficiência, incorporando a concepção no desenvolvimento de produtos e serviços a preços competitivos que atendam às necessidades da humanidade com qualidade de vida, reduzindo progressivamente o seu impacto no meio ambiente e o consumo de matérias-primas ao longo do seu ciclo de vida, até um nível compatível com a capacidade do planeta [13].

Nesse cenário, o atual desafio é produzir produtos com menor consumo de recursos e gerando menos resíduos, sendo necessário, portanto, avaliar todos os impactos ambientais causados por um determinado material, desde o início da extração de matérias-primas até o final da sua vida útil, bem como considerar a possibilidade de reaproveitamento/incorporação de resíduos de diversos tipos na produção de novos materiais.

Na realidade, o conceito de ecoeficiência está além do espaço das indústrias, ou melhor, os resíduos de uma empresa podem ser a matéria-prima para outra, permitindo uma ampliação da escala a ser alcançada, resultando numa agregação na preservação ambiental maior que o montante das vantagens ambientais individuais. Para tornar viável essa questão, faz-se necessário a criação de indicadores de ecoeficiência que funcionem como um instrumento direcionador da sustentabilidade das empresas.

Atualmente, existem algumas ferramentas, principalmente na Europa, que são utilizadas para avaliar a sustentabilidade de alguns materiais considerando sua inserção. Esse trabalho visa propor diretrizes para avaliar a ecoeficiência dos materiais, colaborando para o direcionamento da classificação do material dentro do conceito de sustentabilidade. O procedimento adotado constitui, inicialmente, uma minuciosa revisão bibliográfica em prol da elaboração de critérios que possibilitem a identificação da rotulagem ecoeficiente.

## 2 EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE SUSTENTABILIDADE

### 2.1 Considerações Iniciais

No início do século XX, preocupava-se em assegurar uma utilização que não exaurisse alguns recursos naturais, que começavam a ser disputados, como fontes de produção e bens

de consumo. Durante os anos 70, os conceitos ambientalistas mudam sua base para uma perspectiva antropocêntrica, onde o ambiente seria o suporte para a vida humana como fonte de matérias-primas e a preocupação com os impactos ambientais passou a centrar-se essencialmente nas consequências para as populações. Depois desse período, as preocupações ambientais foram anexadas à agenda política internacional com a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente Humano realizada em Estocolmo, em 1972, e o pensamento ambiental da época centrou-se então nas questões da poluição, da saúde humana e do homem. As adversidades ambientais e seus efeitos eram ainda entendidos de forma introdutória e não existia um compromisso assumido em prol de uma solução e, sim eram apresentadas sugestões que deveriam ser cumpridas sempre que possível e não sendo obrigatórias [13].

Nos finais dos anos 80, observou-se o crescimento das adversidades globais, como o aquecimento global, o aumento da poluição sobre o meio ambiente, a elevada produção de resíduos, assim como o alto ritmo de exploração e destruição dos recursos naturais. As atividades humanas acabavam gerando impactos negativos o que motivou a atenção da sociedade para uma maior tomada de consciência sobre a fragilidade do planeta e do seu ecossistema. Assim, em 1987, no relatório Brundtland, foi apresentado o conceito de desenvolvimento sustentável, que se baseava em atender às necessidades das gerações presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras. Compreendeu-se que o impacto de um produto resultava do seu processo produtivo: materiais, resíduos, emissões e tecnologias utilizadas. Propunha-se, então, a possibilidade de compatibilizar estes elementos ao conceito de desenvolvimento sustentável [13].

Sucedidos duas décadas após a Conferência de Estocolmo realizou-se, em 1992, no Rio de Janeiro, a Conferência das Nações Unidas sobre Ambiente e Desenvolvimento, onde a perspectiva do meio ambiente passou a ser o componente principal, sendo-lhe atribuído um valor intrínseco, constituindo uma parte integrante do desenvolvimento sustentável. Como resultado, teve-se a adoção de mais de 178 países aos seguintes instrumentos: a Agenda 21, a declaração do Rio sobre ambiente e desenvolvimento, a declaração de princípios sobre o uso das florestas e a convenção quadro sobre as alterações climáticas [13].

A agenda reconheceu a necessidade de um enfoque equilibrado das questões relativas ao meio ambiente e ao desenvolvimento mundial, manifestando o compromisso global de colocar em prática programas para frear o processo de degradação ambiental. Considerava o setor empresarial uma das forças que mais impulsionariam a implementação de programas para obtenção de bons resultados de modo a atingir o conceito de desenvolvimento sustentável [12].

Conforme apresentado na Figura 1, a busca pelo desenvolvimento sustentável se baseia em um tripé: igualdade social, adequado uso dos recursos e eficiência econômica. Para gerenciar essas questões faz-se necessário implantar diretrizes públicas e privadas para produção de novas tecnologias, implantar decisões estruturadas e aplicar conhecimentos sistemáticos de gestão.

Com o avanço das práticas de gestão ambiental, que ganharam força durante a Rio-92, necessitou-se regularizar e padronizar a gestão dos impactos ambientais. O British Standards (BSI) criou o primeiro padrão ambiental do mundo a BS 7750:1992 (*Specification for Environmental Management Systems*), semelhante a BS 5750 para gestão de qualidade [15].

A norma BS 7550 pode ser considerada o alicerce para o comitê técnico em 1996 publicar as normas internacionais de gestão ambiental ISO 14000, que previam um modelo básico para implantação de Sistemas de Gestões Ambientais (SGA) que demanda das empresas a identificação, a mensuração e o controle de seus impactos ambientais [1].

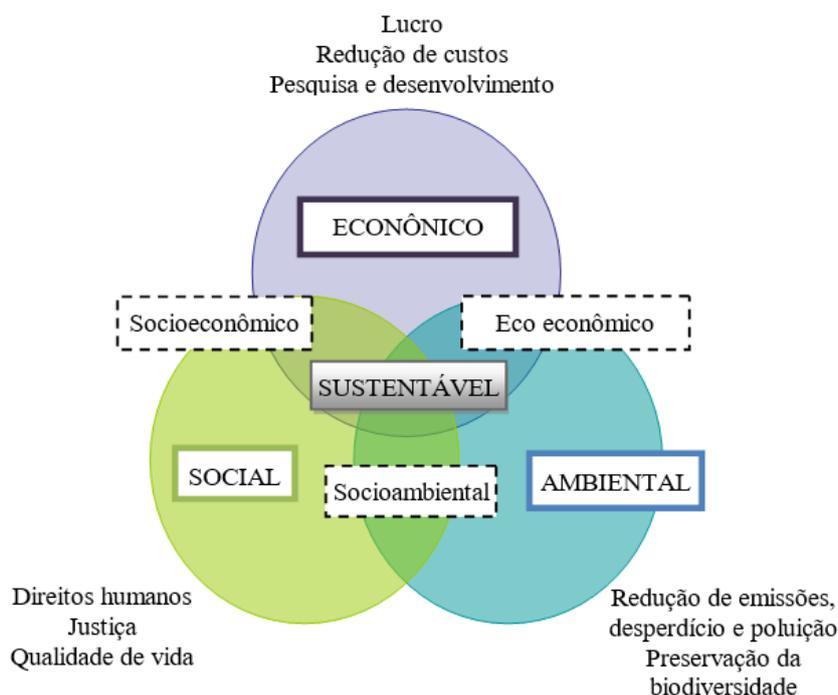


Figura 1: Tripé da sustentabilidade

Nesse contexto, a ecoeficiência é considerada um conceito de gestão, já que relaciona competitividade e desenvolvimento sustentável, combinando ações para desenvolver o desempenho sustentável com o intuito de diminuir o impacto ambiental, criando um mercado de bens e serviços a preços competitivos que satisfazem a capacidade de suporte do planeta. Ou seja, é o “desenvolvimento de produtos e serviços, com preços competitivos que satisfazem às necessidades da espécie humana com qualidade de vida, enquanto, progressivamente, reduzem o seu impacto ecológico e o consumo de matérias-primas ao longo do seu ciclo de vida, até um nível compatível com a capacidade do Planeta” [3].

A ecoeficiência é uma forma de maximizar a eficiência enquanto minimiza o impacto ao meio ambiente, podendo ser vista como a relação entre a produção econômica e a impacto ambiental causado por produtos ou atividades. Na prática, trata-se de uma forma das empresas melhorarem seu desempenho em relação à concorrência. Nesse caso, existem três objetivos principais, a saber: o aumento do valor do produto ou do serviço, a otimização do uso de recursos e a redução do impacto ambiental [11].

A análise da ecoeficiência de um produto avalia todos os impactos ambientais deste, do berço ao túmulo e, neste caso, emprega-se como metodologia a Análise do Ciclo de Vida (ACV), que foi empregada pela primeira vez nos Estados Unidos em 1990. Esse procedimento utiliza o ciclo de vida completo do produto ou processo, ou seja, da extração e processamento de matérias-primas, fabricação, transporte, distribuição, uso, manutenção, reciclagem, reutilização e disposição final [7]. A regulamentação desse processo foi reconhecida internacionalmente em 1996 através da ISO 14000 e os impactos ambientais comumente empregados são: consumo de recursos não renováveis; consumo de água; potencial de aquecimento global; redução potencial da camada de ozônio; potencial de eutrofização; potencial de acidificação; potencial de formação de poluição atmosférica; toxicidade humana e toxicidade ecológica.

No entanto, é importante enfatizar que cada categoria de impacto possui sua importância,

que pode variar para cada região do planeta, pois existem regiões em que uma grande quantidade de consumo de água apresenta um impacto ambiental grande como, por exemplo, em regiões áridas.

O ciclo de vida auxilia na tomada de decisão. Muitas vezes um produto aparentemente barato a médio prazo pode ter altos custos de gerenciamento e manutenção. Ao contrário, pode ser que, quando considerado todo o ciclo de vida, materiais com emissões significativas de CO<sub>2</sub>, como concreto, quando reutilizado como um material de preenchimento em infraestrutura, se comporta como uma matéria prima de baixa emissão de CO<sub>2</sub>. Portanto, é fundamental aplicar a visão do ciclo de vida e levar em conta os custos econômicos e ambientais ao identificar a tecnologia mais ecoeficiente [4].

Posterior a todo avanço do conceito de ecoeficiência, os produtos e materiais com melhor desempenho ecológico passaram a receber rótulos ambientais ou ecológicos, devido à necessidade de garantir um determinado desempenho ambiental, evidenciando que o produto possui padrões ambientais certificados por entidades regulamentadoras. Os programas de rotulagem cresceram rapidamente entre os países da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) que os utilizam como instrumento para políticas ambientais e incentivam mudanças nos padrões de consumo e produção [13]. Em resumo, a rotulagem ambiental realiza uma comunicação com o mercado consumidor acerca dos aspectos ambientais, fortalecendo as características benéficas do material ou produto com o principal objetivo de diferenciá-lo da concorrência. Neste contexto, destacam-se 3 tipos de programa de rotulagem:

- **tipo I:** relaciona princípios e procedimentos para o desenvolvimento de programas de rotulagem ambiental (*Rótulos ecológicos certificados*). São programas independentes e voluntários baseados em critérios para atribuir rótulos aos produtos, permitindo relacionar produtos da mesma categoria, com base no desempenho ambiental em consideração ao ciclo de vida procedido. Esse tipo de rotulagem fornece maior credibilidade devido ao processo formal do selo, desde a seleção das categorias, formulação de critérios e monitoramento, pois recomenda o uso da ACV, mesmo que de forma simplificada, fornecendo informações ambientais relacionadas à economia e aumentando a credibilidade diante da regulamentação e padronização;
- **tipo II:** especifica os requisitos para auto declarações ambientais, desenvolvidas pelos fabricantes, importadores ou distribuidores, de modo a comunicar informação sobre um único aspecto ambiental dos seus produtos ou serviços. Possuem maior aceitação em alguns países desenvolvidos, onde existe a predominância de auto declarações ambientais que, para realizar sua finalidade, precisam somente de dois atores envolvidos no processo: fabricante e consumidor. Nesse caso, os fabricantes são mais cuidadosos com as informações disponibilizadas, pois sabem do risco e o custo de informações enganosas; e
- **tipo III:** informa declarações ambientais de produtos, disponibilizando informação normalizada da ACV sobre um produto ou serviço, através de diagramas que apresentam um conjunto de indicadores ambientais relevantes (aquecimento global, consumo de recursos, produção de resíduos, entre outros), acompanhado de uma interpretação da informação.

Cabe mencionar que o emprego da metodologia ACV nas rotulações I e III eleva o custo das mesmas, mesmo de forma simplificada, pois geram custos referentes a adequações exigidas para a certificação, à concessão do selo, ao uso e monitoramento. Já as auto declarações não possuem altos custos, embora também possuam exigências que acarretam em

mudanças, por parte dos fabricantes, nos seus processos produtivos, substituições de materiais, adoção de tecnologias mais limpas, entre outros.

A maioria dos rótulos ambientais, vide Figura 2, combina uma avaliação ambiental dos impactos ao longo do ciclo de vida do produto. O país pioneiro na criação dos rótulos foi a Alemanha que, em 1978, criou um sistema de rotulagem ambiental nomeado de *Blauer Engel* que, atualmente, é utilizado por 11.500 produtos inseridos em 90 categorias diferentes.



Figura 2: Exemplos de logotipos de rótulos ambientais dos materiais de construção [14]

Com a cooperação da Alemanha em 1988, o Ministério do Meio Ambiente do Canadá criou um programa de rotulagem denominado *Environmental Choice Program*, que foi apelidado de *EcoLogo*. Atualmente, em termos ambientais, certifica 7.000 produtos, incluindo: adesivos; tintas; vernizes; inibidores de corrosão; revestimentos de pisos (madeiras, carpete, rígidos); placas de gesso acartonado; canalizações em plástico reciclado; isolamentos térmicos; e aço para construção.

Os países do norte da Europa, em 1989, se uniram para criação de uma etiqueta ecológica denominada de “cisne” (*swan*). Atualmente, abrange 5.000 produtos de 50 áreas diferentes. Em relação a materiais de construção, as categorias que já contêm a etiqueta são: painéis (acústicos, de madeira prensada, de bancada); madeira; materiais de revestimento de pavimentos; tintas e vernizes; adesivos; janelas e portas [13]. A Figura 3 apresenta alguns dos logotipos de rótulos ambientais.

Os rótulos ambientais, baseados na ISO 14021, provêm de auto declarações dos fabricantes, sendo realizadas com base em um único atributo como, por exemplo, a eficiência

energética ou o grau de materiais reciclados. As Declarações Ambientais de Produtos ou, do inglês, *Environmental Product Declarations* (EPD's) possuem os seguintes indicadores:

- consumo de energia não renovável;
- consumo de energia renovável;
- potencial de aquecimento global;
- potencial de degradação da camada de ozônio;
- potencial de acidificação; e
- potencial de eutrofização.



Figura 3: Logotipos de Rótulos Ambientais Brasileiros [14]

A principal desvantagem dos rótulos ecológicos é que as EPD's consistem na deficiência da garantia do nível de desempenho ambiental, como nas rotulagens do tipo I, pois as informações que permitem aferir esse fato são limitadas, tornando necessária uma avaliação de um especialista.

## 2.2 Rotulagem no Brasil

A lei nº 13.186, de 11 de novembro de 2015, instituiu uma política de educação para o consumo sustentável, a qual pode ser considerada um marco para adoção de práticas de consumo e de produções ecologicamente sustentáveis. São considerados em seu escopo: a escolha de produtos (devem ser produzidos por processos sustentáveis); a redução de recursos naturais renováveis e não renováveis; a redução de resíduos; e a divulgação do ciclo de vida dos produtos, permitindo o direito à informação e propiciando o fomento à rotulagem ambiental de forma a garantir o consumo sustentável.

Assim, o caminho para uma sociedade sustentável brasileira vem se fortalecendo através de critérios focados em aspectos ambientais. Atualmente, existem diversas rotulagens no

Brasil, como por exemplo (vide Figura 3):

- o Programa Brasileiro de Certificação Florestal (CERFLOR), que certifica produtos que estejam adequados aos critérios estabelecidos, sendo o INMETRO o órgão executivo responsável;
- a rotulagem ECOCERT, que tem como foco a produção orgânica de produtos;
- a rotulagem EcoLabel, fornecida pelo Instituto Falcão Bauer da Qualidade (IFBQ);
- o Selo Procel Eletrobrás de Economia de Energia, muito conhecido pelos consumidores;
- o RGMat, fornecido pela Fundação Carlos Alberto Vanzolini, que envolve o selo e a declaração ambiental de produto, baseados na análise do ciclo de vida.

Neste contexto, destaca-se no Brasil o setor da construção civil com selos (certificações) destinados aos empreendimentos, a saber: o AQUA, uma certificação sustentável adaptada da certificação francesa HQE (*Haute Qualité Environnementale*); o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*); e o Selo Casa Azul da Caixa Econômica Federal, vide Figura 3.

### 3 DIRETRIZES PARA ROTULAGEM

Os programas de rotulagem, como exposto anteriormente, possuem categorias específicas e produtos diferentes. A maioria dos programas possuem categorias comuns que contemplam produtos com grande potencial de impacto ambiental no processo produtivo. Desta forma, a apresentação das categorias comuns dos produtos rotulados encontra-se dividida da seguinte forma:

- produtos destinados à redução do consumo de água;
- produtos redutores de consumo de energia;
- produtos que utilizam papel reciclado;
- produtos de origem florestal;
- produtos de limpeza;
- produtos sem CFC;
- tintas e vernizes;
- fraldas;
- têxteis;
- calçados; e
- produtos de materiais reciclados.

O consumo de água está inserido em todos os programas, pois é um item de grande importância. No que se refere à energia, a agência de proteção ambiental dos EUA (*Energy Star Computer*) possui um selo bem difundido com relação ao consumo de energia, dirigido à indústria de computadores e periféricos que tem produtos que, quando ociosos, apresentam uma queda no consumo de energia de 50 % a 75 %. No Brasil, o selo Procel (programa governamental de combate ao desperdício de energia) é destinado a equipamentos que apresentem bons índices de eficiência energética.

No que diz respeito à análise dos programas de rotulagem ambiental já existentes, baseada na revisão literária, é nítido que os mesmos procuram seguir as normas ISO (conforme ilustrado nas Tabelas 1 e 2), porém, procuram atender e se adaptar à necessidade dos consumidores locais.

Tabela 1: Características comuns aos Programas de Rotulação Ambiental. (Fonte: adaptado de [1, 15])

<b>Rótulo Tipo I</b>	<b>Rótulo Tipo II</b>	<b>Rótulo Tipo III</b>
Procura conquistar mercado nacional e diferencia produtos similares;		
Destinado a produtos e/ou serviços que causam impacto ambiental, o selo representa o compromisso de redução do impacto ambiental;	Não possui compromisso de redução de impacto ambiental, é apenas informativo;	
Usados como marketing podendo melhorar a imagem da empresa;		
Podem ser usados pelos consumidores como critério na opção de compra entre produtos;		
São voluntários;		
Resultam em melhorias ambientais.		

Tabela 2: Características dos Programas de rotulação ecológica. (Fonte: adaptado de [1, 15])

<b>Características</b>	<b>Rótulo Tipo I</b>	<b>Rótulo Tipo II</b>	<b>Rótulo Tipo III</b>
Classificação ISO	ISO 14024	ISO 14021	ISO 14025
Reivindicação	Multicritérios	Geralmente baseados em um critério	Multicritérios
Análise da ACV	simplificada	Não realizam	completa
Critérios	Definidos pelos programas de rotulagem	Definidos pelos próprios fabricantes	Definidos pelos programas de rotulagem
Categorias	que causam impacto ambiental.	Não possuem categorias definidas	Não são diferenciados por categorias
Validade	2 a 3 anos	Não possuem	Não possuem
Confiabilidade	Dependem de órgãos certificadores	Dependem da seriedade do fabricante	Dependem de órgãos certificadores
Custo do selo	fabricantes	Não possuem custo	Não existe taxa

Nos programas normatizados pela ISO 14024, por serem certificados e possuírem multicritérios, demonstram ser mais confiáveis, porém nota-se que em muitos países devido à cultura, informação e forte legislação, as auto declarações são bem aceitas, exprimindo uma confiabilidade não certificada, ou seja, a credibilidade dos consumidores nas informações prestadas. No Brasil, o Programa ABNT - Qualidade Ambiental, que propõe um rótulo tipo I, encontra-se em desenvolvimento inicial. A maioria dos programas existentes utilizam categorias internacionais adaptadas, o que caracteriza o cumprimento das exigências do mercado internacional, dificultando a participação dos consumidores internos. Para os consumidores, o tipo de programa usado na rotulação não fica muito explícito, o que se limita apenas ao fato do material ser ecológico.

É importante salientar que o consumo consciente não se relaciona apenas com a diminuição do consumo, mas, também, com o consumo de produtos que tenham um menor impacto ambiental. Comparando os rótulos, constata-se que os rótulos do tipo III (EPD's) são os rótulos menos usados atualmente no mundo, devido ao seu alto custo e à necessidade de um longo período de tempo para obtenção dos dados, devido ao uso da análise do ciclo de vida em todo processo, característica que melhor qualifica o selo como suporte apropriado

para decisão dos consumidores e análises econômicas de mercado. Cita-se, a seguir, ações que devem estar dentro dos critérios adotados para que os rótulos futuros garantam a ecoeficiência dos materiais:

- planejamento do produto em todo seu ciclo de vida útil, incluindo a fase pós-consumo;
- as categorias analisadas no ciclo de vida devem possuir um índice de impacto variável para se adaptar aos tipos de recursos disponíveis em cada país;
- todos os processos produtivos devem ser limpos e com a menor carga residual sobre o meio ambiente;
- deve-se classificar e certificar os produtos em categorias que podem ser as seguintes:
  - produto 100 % Ecológico (ciclo de vida atendido em todas as fases de produção);
  - produto Parcialmente Ecológico (o ciclo de vida é atendido parcialmente, sendo indicado qual ciclo não foi atendido);
- criar políticas de boas práticas para exportação de produtos rotulados, de modo que o produto rotulado não prejudique as relações comerciais.

Os rótulos devem ser certificados por um conselho de instituições globais assegurando interesse de todos os envolvidos.

#### **4 DISCUSSÃO**

A indústria da construção civil brasileira progressivamente incorpora as diretrizes que compõem o conceito de desenvolvimento sustentável (ambiental, econômica, social e institucional), destacando-se o constante esforço do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, bem como de diversos centros de pesquisas e órgãos vinculados ao tema, que fornecem ferramentas em prol da efetiva consolidação dessa temática. Na adoção dos princípios que norteiam esse tema, Kilbert, em 1995 [9], apresentou os principais conceitos que promovem a preservação da biodiversidade, a saber:

- minimizar o consumo de recursos (Conservar);
- maximizar a reutilização de recursos (Reuso);
- proteger o meio ambiente (Proteção dos Fatores Ambientais);
- usar recursos renováveis ou recicláveis (Renovar / Reciclar);
- criar um ambiente saudável e não tóxico (Não Tóxico); e
- buscar a qualidade na criação do ambiente construído (Qualidade).

Constata-se, portanto, que, para a consolidação dos aspectos que regem o desenvolvimento sustentável na concepção de materiais de construção civil sustentáveis, torna-se necessário o equilíbrio entre as dimensões:

- ambiental: através do equilíbrio entre a proteção do ambiente físico e seus recursos e o seu uso de forma racional, sem comprometimento do planeta;
- econômica: através da facilidade de acesso aos recursos sem prejuízo aos direitos humanos básicos; e
- social: através do desenvolvimento de uma sociedade justa com oportunidades de desenvolvimento humano e qualidade de vida adequada para todos.

Para a indústria da construção civil, conforme mencionado, a evolução do tema percorreu, resumidamente, a sequência: eficiência energética dos edifícios devido à crise do petróleo; destino dos entulhos gerados na obra; água; e, atualmente, destacam-se as emissões de CO<sub>2</sub> e gases responsáveis pelo efeito estufa, que contribuem para o aquecimento global.

Assim, construir de forma sustentável requer habilidade na integração adequada do

ambiente natural e o construído, e possibilita o resgate de antigas tecnologias e processos construtivos, considerando-se todo o ciclo de vida de uma edificação, desde a sua concepção até a requalificação, desconstrução ou demolição.

Deve-se considerar, inclusive, o perfil dos diferentes autores que abordam o assunto, considerando as diversas críticas aos sistemas de certificação existentes. Muitas vezes, há o surgimento de novas ferramentas de avaliação a partir de bases deficientes, o que pode ocasionar ajustes mal elaborados em busca da adequação à realidade de cada país, região e até mesmo no processo construtivo. Nesse sentido, é adequado uma harmonização entre as dimensões inseridas no conceito de desenvolvimento sustentável, conforme é apresentado em [2]:

- adequação do ambiente construído às necessidades dos usuários proporcionando sua satisfação;
- agregação de valor ao produto, possibilitando novas oportunidades de negócios;
- aquisição de conhecimento passível de ser transmitido a outros empreendimentos, já que algumas medidas passam a ser padrão;
- redução do consumo de energia e de água, conservação dos recursos naturais, diminuição da poluição e da geração de resíduos; e
- comprometimento com a responsabilidade social e ambiental incrementando a integridade do setor.

No que se refere à ACV, deve-se considerar, inclusive, a etapa de extração das matérias primas, o transporte, a fabricação, o uso e o descarte, ou seja, considerar o ciclo de vida como fechado, permitindo uma avaliação mais científica e facilitando a localização de possíveis intervenções, durante o ciclo de vida, em prol da sustentabilidade. Em resumo, considerando o perfil ambiental do produto, essa ferramenta fornece a especificação do fluxo para cada produto e permite sua comparação com outros. A ferramenta, usualmente, é subdividida em cinco etapas [2]:

- i. descrição do sistema onde é delimitado o objeto de estudo, ou seja, deve-se especificar por que e como o estudo será realizado e quais as aplicabilidades dos resultados obtidos. Devendo-se especificar também em quais etapas do ciclo de vida serão efetuadas as análises;
- ii. especificação de Energia a fim de garantir um fluxo de entrada e saída quantificado de matéria prima. Destina-se aos rejeitos e subprodutos destes, permitindo a verificação dos impactos ambientais (por exemplo consumo de recursos naturais), os resíduos e outras emissões, bem como a revisão de propósito do estudo que está sendo efetuado;
- iii. apreciação dos Impactos Ambientais, ou seja, os critérios de avaliação, empregando-se um modelo apropriado que permita um estudo comparativo. Normalmente estão associadas a impactos locais (toxicidade, por exemplo), regionais (chuvas ácidas, desmatamento, etc.) e globais (efeito estufa, redução da camada de ozônio, etc.);
- iv. escolha da base de confronto constituída pelos critérios estabelecidos anteriormente, permitindo ponderação e a construção de um modelo que tende a agregação de forma pertinente, sendo necessário o emprego de métodos de avaliação; e
- v. análise da Confiabilidade dos dados ou resultados que depende da credibilidade dos valores atribuídos aos parâmetros.

Dentro deste contexto, verifica-se que ACV tem se revelado uma importante ferramenta, que, a cada dia, se integra com maior facilidade aos processos de tomada de decisões nas empresas da indústria da construção civil, consagrando sua importância na quantificação dos

impactos ambientais dos produtos, e garantindo uma melhoria na análise do ciclo de vida dos processos e produtos. Constitui, portanto, num instrumento de decisões internas, seleção de indicadores ambientais, planejamento estratégico em prol de ganhos econômicos e ambientais.

Dentre as limitações da aplicação da ACV na construção civil, cita-se a dificuldade no levantamento de dados completos e confiáveis para os materiais empregados, decorrente da variedade de materiais e dos incentivos à inovação tecnológica. Entretanto, mesmo que limitada, há possibilidade de uma análise detalhada e crítica a ser aplicada na etapa de projeto, onde são especificados os materiais e componentes a serem empregados no empreendimento, possibilitando ganhos ambientais e econômicos nas diversas etapas do processo construtivo.

## 5 CONCLUSÕES

No âmbito da indústria da construção civil, para que o desenvolvimento sustentável aconteça, há necessidade de articulação em todos os níveis, de forma sistêmica já que está vinculada: a uma grande cadeia produtiva, às normas técnicas, aos códigos de obras, aos planos diretores e às políticas públicas que geram impactos ambientais, econômicos e sociais que influenciam os cidadãos, as empresas e aos órgãos governamentais (sejam municipais, estaduais ou federais).

Cabe mencionar o esforço do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) em definir diretrizes aplicáveis ao tema onde se busca afirmar, inclusive, os impactos ocasionados pelo uso e descarte dos materiais de construção [6]. Sendo assim, os profissionais envolvidos no processo de seleção de materiais, nos empreendimentos desenvolvidos nesse setor industrial, assumem grande responsabilidade na obtenção das Construções Sustentáveis, já que suas decisões influenciarão todas as demais etapas (execução, uso e manutenção) até ao término do ciclo de vida da construção.

Considerando a sustentabilidade na construção civil, critérios como desempenho e durabilidade são subsídios importantes, já que um material com boa qualidade ambiental pode vir a ser desconsiderado, caso sua vida útil seja reduzida, adulterando o conceito inicialmente pretendido. A Análise do Ciclo de Vida (ACV), que é baseada nas normas ISO 14000 onde, em resumo, se quantifica o consumo (entrada) e a saída (emissões) de materiais e produtos e a energia incorporada associada ao longo do seu ciclo de vida, permite uma análise do impacto ambiental dos produtos. Uma desvantagem da ACV consiste na necessidade de grande número de informações, tornando o trabalho oneroso e demorado, conseqüentemente, a maioria dos dados divulgados utiliza catálogos comerciais ou públicos existentes, resultando em imprecisões e decisões errôneas.

E, finalmente, as pesquisas por materiais ecoeficientes aplicáveis à construção civil devem atender a três critérios básicos, a saber: técnico (conhecimento das propriedades químicas, físicas, mecânicas, dentre outras); econômico (redução do custo do produto final, incluindo custo de fabricação, aplicação, transporte e manutenção); e ecológico (redução do custo de descarte do rejeito).

## REFERÊNCIAS

- [1] P. Bansal e T. Hunter. Strategic explanations for the early adoption of ISO 14001. *Journal of Business Ethics*, 46(3):289–299, 2003.

- [2] M. T. Barbosa e M. M. Almeida. *Construção sustentável: contributo das ferramentas de avaliação*. Curitiba: Editora CRV, 2016.
- [3] S. Bidoki *et al.* Eco-efficiency analysis of textile coating materials. *Journal of the Iranian Chemical Society*, 3(4):351–359, 2006.
- [4] I. Z. Bribián, A. V. Capilla e A. A. Usón. Life cycle assessment of building materials: Comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment*, 46(5): 1133–1140, 2011.
- [5] Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. *Nosso futuro comum*. Rio de Janeiro: FGV, 2ª edição, 1991.
- [6] Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS). *Materiais, componentes e a construção sustentável*. Comitê Temático de Materiais. São Paulo, SP, 2009.
- [7] F. Consoli e S. O. E. Toxicology. Guidelines for life-cycle assessment: a "code of practice" from the Workshop held at Sesimbra, Portugal, 31 March-3 April 1993. *Environmental Science and Pollution Research*. 1(1):55–55, 1994.
- [8] M. D. Pinheiro. *Ambiente e construção sustentável*. Instituto do Ambiente, Amadora, 2006.
- [9] C. Kilbert. Establishing principles and a model for sustainable construction. In *CIB TG 16 Sustainable Construction*, pages 3–12. Tampa, Flórida, USA, 1995.
- [10] V. G. Salgado. *Proposta de indicadores de ecoeficiência para o transporte de gás natural*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2004.
- [11] P. Saling *et al.* Eco-efficiency analysis by BASF: the method. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 7(4):203–218, 2002.
- [12] M. T. S. de Souza. Rumo à prática empresarial sustentável. *Revista de Administração de Empresas*, 33(4):40–52, 1993.
- [13] F. P. Torgal e S. Jalali. *Eco-efficient construction and building materials*. Springer, 2011.
- [14] P. Trindade. Rotulagem ambiental. *Manual Prático para a Gestão Ambiental*, 2009.
- [15] K. Whitelaw. *ISO 14001 environmental systems handbook*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2ª edição, 2004.