

# **GESTÃO AMBIENTAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL DE EDIFICAÇÕES**

**Sheila Elisa Scheidemantel Klein**

Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da FURB/SC

**Ingeborg Sell**

Professora do Programa de Mestrado em Engenharia Ambiental da FURB/SC

## **SUMÁRIO**

1. INTRODUÇÃO
2. FASES DE VIDA DE EDIFICAÇÕES
3. ANÁLISE DE CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO
4. RECOMENDAÇÕES PARA PROJETO DE EDIFICAÇÃO AMBIENTALMENTE MAIS CORRETA
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

## **RESUMO**

Como os demais produtos, o produto edificação civil gera uma série de impactos ambientais, tanto por causa do consumo de materiais não renováveis na fabricação de seus elementos e suas matérias-primas, quanto pela geração de resíduos na construção e demolição, além dos consumos, por exemplo, de energia e água e a geração de resíduos na fase de uso. Os aspectos ambientais, nas fases de construção e uso, são fortemente dependentes de decisões e ações da construtora nos projetos e na execução da obra, razão pela qual ela tem grande responsabilidade para com eles. As construtoras, então, precisam conhecer esses aspectos e quantificá-los – também seus efeitos em termos de impactos ambientais e custos – para considerar isso nos processos de tomada de decisões nos projetos e na execução da obra, além de passar a preferir elementos e matérias-primas obtidos e fabricados sob consideração de aspectos e impactos ambientais.

Neste trabalho, adaptou-se o modelo da análise de ciclo de vida (ACV) segundo a ISO 14040, para o produto edificação, que foi aplicado para edificações verticais, multifamiliares. Por se tratar de produto com longa vida útil, foram estudados, sobretudo, os aspectos e impactos ambientais nas fases de construção e uso. A fase de obtenção das matérias-primas e dos elementos, por não ser de responsabilidade direta da construtora, foi excluída e os aspectos e impactos da demolição puderam ser apenas prognosticados.

A partir do estudo teórico e os levantamentos práticos pôde-se, então, elaborar uma série de recomendações úteis na prática que, se forem consideradas explicitamente nos projetos, vão conferir ao produto características que o tornam ambientalmente mais correto. Como o projeto arquitetônico é fator determinante dos projetos complementares, da construção e das características do produto na fase de uso, é nele que devem ser consideradas as recomendações aqui elaboradas.

## **PALAVRAS-CHAVE**

Gestão Ambiental, Construção Civil, Ciclo de Vida

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional em geral, mas, em especial, o vertiginoso crescimento da população urbana na maioria dos países em desenvolvimento demanda, principalmente, a construção de edificações para habitação, forçando a urbanização de áreas próximas às cidades. Com isso, a construção civil e, em especial a de edificações, tem significativa importância para o desenvolvimento sócio-econômico de muitos países, como o Brasil. Segundo John (2000), a contribuição da cadeia produtiva da construção civil para o PIB brasileiro foi da ordem de 14,5% em 1999 (FIESP,1999) e o setor de edificações, segundo Krüger (1996), representou 2,2% do PIB nacional de 1996.

A construção civil de edificações consome quantidades significativas de materiais renováveis e não renováveis, ocupa espaço, muda a paisagem, impermeabiliza área de solo, remove terra e gera resíduos sólidos, efluentes líquidos, emissão de gases, ruído e vibrações por impacto, por exemplo. Quando do uso do produto edificação, tem-se o consumo de energia, água e material de limpeza e a geração de esgotos, resíduos sólidos (por exemplo, lixo doméstico e gordura) e ruído pela ocupação e o uso de equipamentos e aparelhos domésticos. Também na manutenção da edificação há consumos diversos e a geração de resíduos sólidos, efluentes líquidos e a emissão de gases, por exemplo, na pintura.

Estima-se que entre 20 e 50% do total de recursos naturais consumidos pela sociedade são utilizados pela construção civil (Sjöström, 1992 citado por John, 2001). O consumo de agregados no Brasil – segundo John (2001) – é de aproximadamente 200 Mton por ano. O autor estima que a produção de cimento dos últimos anos foi de 36 Mton e a proporção média entre cimento e agregados foi de 1:5,5 para uma população de 160 milhões de habitantes. Ele afirma ainda, que numa cidade como São Paulo, o esgotamento das reservas próximas faz com que, por exemplo, a areia natural seja transportada de distâncias superiores a 100 quilômetros. Como os recursos naturais não renováveis são consumidos pela construção civil de edificações de forma não muito racional, prevê-se o seu esgotamento para breve. Este pode ser postergado pelo uso mais racional dos recursos já na fabricação dos materiais e elementos (cimento, cal, tijolos, louça sanitária, pisos, etc.), pelo uso alternativo de materiais renováveis e recicláveis, pela seleção apropriada de materiais e previsão da vida útil do produto e pela redução do desperdício durante a construção.

Cerca de 80% da energia gasta na produção de um edifício é consumida na produção e no transporte de materiais (Constrution ..., 1996, citado por John, 2001). Da energia elétrica consumida no Brasil, 42% recai sobre edificações em uso, em que 23% são residenciais, 11% comerciais e 8% públicas. O consumo residencial de energia foi o que mais cresceu nos últimos anos, sendo que o consumo total de energia no país quase triplicou nos últimos dezoito anos. A qualidade ambiental do projeto e a eficiência dos equipamentos utilizados são fatores que podem contribuir para reduzir o consumo de energia com a iluminação, o condicionamento ambiental e a operação das edificações.

A indústria da construção civil pode ser considerada a principal geradora de resíduos da economia. O produto edificação gera resíduos em todas as suas fases: obtenção de materiais e fabricação de matérias-primas e elementos, construção, uso, manutenção e demolição. As estimativas das quantidades variam entre 400 e 500 kg por habitante e ano, valor igual ou superior à massa de lixo urbano (John, 2001). Como exemplos de usos excessivos de materiais de um lado e de perdas de outro, pode-se citar: (i) espessuras de regularização de paredes e pisos acima do máximo especificado pelas normas técnicas devido à execução de alvenaria fora do prumo e lajes fora do nível; (ii) materiais assentados de modo incorreto; (iii)

demolição de partes já feitas para refazê-las. Estes resíduos passam a ocupar espaços e degradar ecossistemas, quando nem precisariam existir e ou poderiam ser reutilizados ou reciclados. Já existem, no Brasil, ações para a sua redução, reciclagem e reutilização, mas que ainda podem ser consideradas tímidas. Começou a vigorar, em janeiro de 2003, a resolução nº 307, do CONAMA, que estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, editada em 5 de julho de 2002. Pode ser o início de uma maior conscientização da sociedade e a procura por ações mais eficientes para reduzir a geração de tais resíduos.

A movimentação de terra altera o perfil natural do terreno, podendo até descaracterizar o entorno. Preservar o perfil natural do terreno no projeto seria o ideal. A prática contínua de terraplanagem pode gerar retiradas e aterros de grandes volumes de barro, além da retirada de vegetação nativa e o escoamento de águas superficiais. A FAEMA (Fundação do Meio Ambiente) em Blumenau, somente no ano de 2001, concedeu os pedidos para a retirada de 13.390 indivíduos arbóreos, em que 5.156 eram espécies nativas e, para a terraplanagem de 62.300 m<sup>2</sup>, cujo volume não foi levantado.

Com uma taxa de ocupação do terreno muito alta e o uso de materiais não porosos para a pavimentação externa, originam-se grandes áreas impermeabilizadas e o acúmulo de águas nos esgotos pluviais, o que aumenta o nível de inundações e dificulta a alimentação do lençol freático. Uma edificação alta, com recuos inadequados e muito próxima das vizinhas pode gerar habitações com patologias devido à falta de insolação e ventilação natural, além de descaracterizar o entorno.

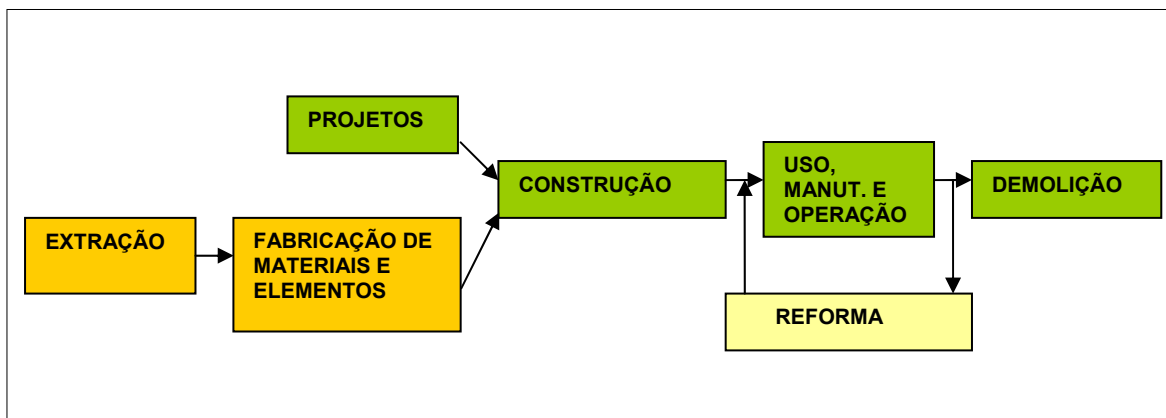
A construção civil de edificações gera uma série de aspectos ambientais em todas as fases do ciclo de vida do seu produto, da extração de materiais até a demolição da edificação depois do uso. Num processo, os aspectos ambientais podem estar tanto nas entradas — consumo de materiais, água, energia e outros insumos, ocupação de espaço e impermeabilização de solo — como nas saídas não desejadas — resíduos sólidos, líquidos e gasosos, ruído etc. E os aspectos causam impactos, sendo estes os efeitos. A construção de edificações contribui na degradação de áreas, no esgotamento de recursos não renováveis, na redução das águas subterrâneas, na poluição do solo, do ar, de rios e mares, na formação da chuva ácida, no efeito estufa, na destruição de espécies vegetais e animais nativas etc., sendo estes os principais impactos ambientais dela. Então, é preciso identificar os aspectos ambientais relevantes para o produto edificação em todas as fases do seu ciclo de vida, para depois adotar medidas ambientalmente mais corretas que afetem todas as fases e reduzam os possíveis impactos deste produto.

## **2. FASES DE VIDA DE EDIFICAÇÕES**

O ciclo de vida de uma edificação consiste das fases de (Fig. 1): (i) extração de materiais; (ii) fabricação de matérias-primas e elementos; (iii) projetos; (iv) construção; (v) uso, operação e manutenção; (vi) demolição. A reforma pode ser considerada como uma etapa alternativa para adaptar a edificação a novas realidades e necessidades, e assim prolongar a sua vida útil.

Em todas as fases do ciclo de vida de um produto há a geração de aspectos ambientais e, por consequência, de impactos ambientais, o que quer dizer que todas as empresas da cadeia de produção de uma edificação devem praticar uma boa gestão ambiental (GA), para que no final, o produto edificação cause impactos menores do que atualmente. A fase de obtenção das matérias-primas e dos elementos, por não ser de responsabilidade direta da construtora, foi excluída. Este trabalho, portanto, vai focar apenas as fases a partir dos projetos.

Figura 1 - Fases do ciclo de vida do produto edificação



Fonte: KLEIN, 2002

Na **fase de projeto**, constituída de projeto arquitetônico e projetos complementares: estrutural, elétrico, hidrossanitário e preventivo contra incêndio, pode-se induzir a geração ou não de aspectos ambientais em todas as fases de vida seguintes da edificação, principalmente pelo projeto arquitetônico. Observa-se, muitas vezes, que o projeto ainda é considerado um mal necessário devido às exigências legais e, com isso, boa parte das decisões que caberiam ao projeto são, infelizmente, tomadas durante a realização da obra e, assim, aumentando os consumos e resíduos. Em estudos feitos na Bélgica em 1976, citados em Klein (1993), a principal origem dos problemas patológicos dos edifícios estava relacionada à baixa qualidade dos projetos (49%), vindo a seguir a execução (22%), os materiais (15%) e a utilização (9%). Sabe-se que os fatores determinantes para as decisões de projeto de uma edificação são: o que o mercado pede, o que o proprietário quer, o que o arquiteto quer, o que o usuário espera e o que a legislação permite. Como é o projetista que lida diretamente com o proprietário, ele pode orientá-lo e mostrar as implicações de decisões, tanto nos custos como nos impactos ambientais.

Na fase de projeto tem-se o planejamento, as especificações, a integração do arquitetônico com os projetos complementares e os detalhamentos. As decisões aqui tomadas podem comprometer a qualidade do produto e gerar altos custos do processo e da tecnologia. Na etapa de planejamento a correta utilização dos condicionantes físicos, climáticos e legais do terreno em questão, pode propiciar a preservação do perfil do terreno, a vegetação nativa e a manutenção de áreas permeáveis maiores. Especificar tecnologias e materiais que permitam a redução de consumos e de resíduos, fácil manutenção e desmonte, o uso de energia natural e boa qualidade do ar interior, além do aumento da vida útil da edificação, é o que se almeja. Na prática isso não é tão simples assim, pois há materiais, como telhas de fibrocimento, carpetes de tecido e tintas à base de solvente que podem comprometer a qualidade do ar interior. Então, procura-se por materiais alternativos não danosos. Na etapa de integração de projetos, por exemplo, o uso de equipamentos mais eficientes combinada com o projeto adequado da fachada, em prédios comerciais com condicionador de ar central, pode reduzir o consumo de energia. Segundo John (2000), essa redução pode chegar a 50%. Na análise de consumos e perdas de materiais em canteiros de obras de edifícios, Paliari (1999) constatou que a falta de coordenação entre os projetos, principalmente entre o arquitetônico e o estrutural, acarretou a necessidade de se aumentar a espessura dos revestimentos.

Como decisões erradas na fase de projetos podem aumentar, significativamente, os consumos e os resíduos nas fases seguintes, influenciar a qualidade do ar interior nas fases de construção e uso, gerar grandes áreas impermeabilizadas e alterações significativas no entorno e nos ecossistemas devido aos cortes e aterros e à retirada de vegetação nativa, é imprescindível que o projetista tenha pleno conhecimento da relação causa e efeito entre os aspectos e impactos ambientais gerados pela edificação.

Na **fase de construção** do produto edificação, tem-se como aspectos ambientais: (i) a energia e as matérias-primas consumidas nas várias etapas de construção de uma edificação tais como a água (para as argamassas, por exemplo), aço, madeira, cimento, cal, tijolos, pisos, tintas, tubulações prediais e esquadrias e, dos insumos tais como produtos de limpeza, a água para a cura do concreto, escoras, pregos e madeiras para as formas — *as entradas* e (ii) os resíduos em todas as etapas, além das poeiras e dos ruídos — *as saídas*.

Na etapa de estrutura de concreto armado (infra e supra), por exemplo, pode-se ter como entradas chapas de madeira resinada, tábuas e sarrafos de madeira, escoras de madeira, desmoldante, pregos, aço, concreto, água, energia. E como saídas os resíduos destas entradas, além de poeiras, ruído, etc. O ruído provocado pela serra circular para o corte da madeira e pelo uso do vibrador para o adensamento do concreto podem ser considerados prejudiciais à saúde humana. O procedimento de lavar o caminhão betoneira após o término da concretagem e o lançamento do efluente em boca de lobo pode entupir os tubos, além de que o concreto passa a ser resíduo sólido nas águas.

Pode-se, porém, reduzir consumos e resíduos se forem adotados procedimentos, já na fase de projeto, tais como: (i) utilizar uma tecnologia de concreto armado que reduza as seções dos elementos da estrutura; (ii) detalhar, em projeto estrutural, as chapas de madeira compensada resinada e o aço para que sejam bem aproveitados e utilizar pastilhas para o recobrimento recomendado pela NBR 6118, o que aumenta a vida útil do concreto e reduz a necessidade de manutenção. O canteiro de obras planejado, projetado e executado de forma racional, de acordo com os projetos aprovados, a legislação, as normas técnicas da ABNT, o cronograma físico-financeiro e em que se utiliza mão-de-obra especializada, são procedimentos que, também, podem contribuir para reduzir consumos e resíduos, além de patologias e, conseqüentemente, custos.

Como os edifícios são produtos com longa vida útil, **a fase de uso**, é responsável por parcela significativa dos impactos ambientais, em que há grande consumo de energia, de água e grande geração de resíduos, especialmente de esgotos e de lixo doméstico. O esgoto doméstico, quando tratado corretamente, evita danos às águas. As águas dos esgotos pluviais e dos esgotos de pias e chuveiros poderiam ser reaproveitadas, o que geraria considerável economia de água potável.

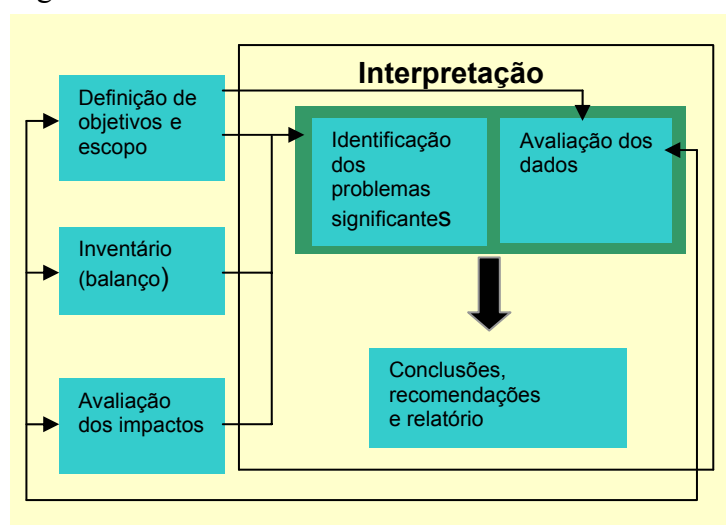
Há, cada vez mais, necessidade de projetos que considerem adaptações tecnológicas para manutenção e reforma, além de espaços flexíveis para atender às necessidades dos futuros usuários, para um maior tempo de uso. A reforma que visa melhorias, além de contribuir para o aumento da vida útil da edificação, valoriza o produto no mercado imobiliário. A manutenção preventiva também pode contribuir no aumento da vida útil da edificação, além da redução de consumos e resíduos e assim, custos. A Agenda 21 do CIB (2000) observa que estimular a durabilidade dos novos edifícios é uma das preocupações em muitos países como um meio de conservar espaço. Evitar a necessidade de produção de novas edificações reduz o consumo de recursos naturais e de energia e a geração de resíduos e, por conseqüência, de custos.

Finalizada a vida útil do edifício vem a **demolição** com a tentativa de reciclar e ou reutilizar elementos e materiais. A decisão de demolição da edificação deveria ser implementada somente quando não existir outra alternativa. Tecnologias e materiais que permitem desmonte mais fácil e propiciam a redução, o reuso e a reciclagem de resíduos são desejáveis neste caso.

### 3 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO

Após a revisão da literatura, adaptou-se o modelo da análise de ciclo de vida (ACV) segundo a ISO 14040 (1997) para o produto edificação (Fig. 2), que foi aplicado para duas edificações verticais, multifamiliares. Por se tratar de produto com longa vida útil, foram estudados, sobretudo, os aspectos e impactos ambientais nas fases de construção e uso. Os aspectos e impactos da demolição puderam ser apenas prognosticados.

Figura 2 - Modelo da ACV



Fonte: ISO 14040, 1997

Os principais motivos que levaram à escolha destas duas edificações residenciais e multifamiliares, que se encontram na fase de uso e estão localizadas no município de Blumenau-SC, foram (i) a utilização de uma alta taxa de ocupação do terreno; (ii) o *Edifício A* está localizado em terreno de cota elevada e possui dois apartamentos por pavimento tipo; (iii) o *Edifício B* está localizado em cota de enchente, próxima ao ribeirão, e possui quatro apartamentos por pavimento tipo e (iv) as duas empresas construtoras (bem atuantes e conceituadas na região) disponibilizaram os dados necessários para este trabalho. Para melhor compreensão foram feitas visitas ao local das edificações.

O *Edifício A* tem uma área total de 4795,27 m<sup>2</sup> em 13 pavimentos, sendo os dois primeiros com garagens, além de um salão de festas e uma moradia para o zelador no primeiro, e os onze restantes são pavimento tipo com 2 apartamentos. A edificação tem estrutura de concreto armado moldado no local.

O *Edifício B* tem uma área total de 6.821,97 m<sup>2</sup> em 15 pavimentos, sendo os três primeiros com garagens, além de uma loja no primeiro, o salão de festas no segundo e os doze restantes são pavimento tipo com 4 apartamentos. A edificação tem estrutura mista. Nos três primeiros pavimentos usou-se estrutura de concreto armado moldado no local e nos restantes, blocos estruturais.

O **escopo**, os limites e o nível de detalhamento de uma ACV dependem do objeto e dos objetivos do estudo. Por razões já apontadas acima, o estudo se restringe às fases de projetos, construção, uso e demolição da edificação; o escopo é verificar a influência da fase de projetos sobre as seguintes e o detalhamento será o possível com os dados que as empresas têm e que se pode conseguir acompanhando o produto num curto período. A definição de uma unidade de referência é fundamental e a quantificação das entradas e saídas será feita sempre para uma unidade funcional do produto, neste caso, área construída ( $m^2$ ) da edificação. O ideal é quantificar os fluxos de entrada e saída em unidades de massa (quilogramas ou toneladas) e em unidades de energia (kWh) por metro quadrado de edificação. Como na maioria das empresas ainda não é hábito fazer controle de consumo das matérias-primas, da energia, da água e de insumos e também não fazer a separação do entulho para reciclagem, usar-se-á:

- Para os resíduos, a unidade de  $m^3$  (volume da caçamba), o que não é muito adequado porque há, via de regra, materiais de diferentes tipos e densidades misturados, além de espaços ociosos nas caçambas;
- Para as matérias-primas, a energia e os insumos, as unidades utilizadas na prática de obras, definidas pela TCPO 2003 (2003), como pode ser visto nas tabelas a seguir.

O **balanço ou análise do inventário** envolve a coleta de dados e os cálculos necessários para quantificar as entradas e saídas relevantes.

Na *fase de projetos* do produto edificação, o consumo de materiais, de energia e de água e a geração de resíduos nos escritórios de arquitetura e engenharia podem ser considerados de pouca importância para fins de inventário. Como os projetos são executados, cada vez mais, com auxílio de computadores e programas com que o trabalho fica mais ágil e as modificações mais fáceis de serem executadas, pode-se estar diminuindo o resíduo de papel e aumentando o consumo de energia.

Na *fase de construção* verificaram-se aspectos ambientais em todas as suas etapas: (i) consumo de *energia*; (ii) consumo de *matérias-primas*, tais como água, aço, madeira, cimento, cal, tijolos, pisos, tintas, tubulações prediais e esquadrias; (iii) consumo de *insumos* tais como produtos de limpeza, escoras, pregos e madeira para as fôrmas; (iv) geração de resíduos, efluentes, emissões gasosas, ruído, etc.

Os consumos dos materiais, previstos nos projetos, das edificações estudadas foram fornecidos, em sua maioria, pelas empresas construtoras e estão na Tabela 1, a seguir.

Ressalta-se que os projetos das instalações hidrossanitárias e preventivas de incêndio não foram encontrados nem pela empresa, nem pelos profissionais responsáveis e, os resíduos gerados devido à demolição da edificação, antes existente nos terrenos, não foram quantificados pelas empresas.

Na *fase de uso, operação e manutenção* há grande consumo de energia, de água e grande geração de resíduos, especialmente de esgotos e de lixo doméstico, além de ruído. Os possíveis consumos e resíduos das edificações estudadas estão na Tabela 2, a seguir.

Tabela 1 – Consumos das edificações previstos em projeto

ENTRADAS	Un.	Edifício A/ m <sup>2</sup>	Edifício B/ m <sup>2</sup>
Estacas moldadas no local	m	não consta	0,2775
Estacas metálicas	m	0,123	não consta
Madeira de qualidade mole	m <sup>3</sup>	0,033	0,023
Madeira de qualidade dura	m <sup>3</sup>	0,003	não consta
Chapas compensada resinada	m <sup>2</sup>	2,100	0,045
Pregos de aço	kg	0,556	0,233
Desmoldante	litros	0,2100	0,388
Barras de aço	kg	5,236	11,534
Arame de aço	kg	0,191	0,191
Tijolos cerâmicos para lajes	un	11,152	não consta
Concreto usinado fck=20 MPa	m <sup>3</sup>	0,211	0,161
Concreto usinado fck=25 MPa	m <sup>3</sup>	não consta	0,003
Cimento	kg	39,284	17,092
Cal hidratada	kg	26,112	2,253
Areia	m <sup>3</sup>	0,192	0,0535
Brita	m <sup>3</sup>	0,014	não consta
Bloco estrutural	un	não consta	10,946
Canaleta estrutural	un	não consta	1,246
Compensador estrutural	un	não consta	0,551
Pastilha estrutural	un	não consta	0,899
Tijolo cerâmico furado	un	47,798	não consta
Telha de fibrocimento	m <sup>2</sup>	0,126	0,171
Tinta asfáltica	litros	0,012	0,009
Manta asfáltica	m <sup>2</sup>	não consta	0,012
Argamassa de cimento colante	kg	3,877	3,981
Rejunte pré-fabricado	kg	1,411	2,095
Azulejos	m <sup>2</sup>	0,588	0,604
Piso cerâmico	m <sup>2</sup>	0,2348	0,259
Granito	m <sup>2</sup>	não consta	0,002
Mármore	m <sup>2</sup>	0,008	0,009
Carpete de tecido c/ cola	m <sup>2</sup>	0,366	0,341
Manta flutuante	m <sup>2</sup>	não consta	não consta
Carpete de madeira	m <sup>2</sup>	não consta	não consta
Rodapé de madeira	m	0,075	0,418
Forro de madeira	m <sup>2</sup>	0,031	não consta
Forro de PVC	m <sup>2</sup>	não consta	0,123
Forro de gesso	m <sup>2</sup>	0,058	não consta
Perfis de aço para forro de gesso	m	0,058	não consta
Tinta látex acrílica	litros	0,380	0,813
Selador	litros	0,760	0,660
Esmalte sintético	kg	0,020	0,047
Zarcão	litros	0,015	0,035
Verniz	litros	0,072	0,0206
Solvente	litros	0,017	0,023
Lixa	un	0,388	0,388
Esquadrias de madeira	m <sup>2</sup>	0,103	0,088
Esquadrias de alumínio p/ vidro	m <sup>2</sup>	0,110	0,082
Esquadrias de ferro	m <sup>2</sup>	0,031	0,032
Vidro comum transparente	m <sup>2</sup>	não consta	não consta
Vidro comum cor bronze	m <sup>2</sup>	0,116	0,083
Vidro temperado	m <sup>2</sup>	0,005	não consta
Porta corta-fogo	m <sup>2</sup>	0,010	0,009
Caixa fibra p/ ar condicionado	un	0,010	0,007
Caixa de ferro	un	0,047	0,082
Eletroduto ferro	m	0,001	0,001
Eletroduto PVC rígido	m	0,379	0,368
Conexões PVC rígido	un	0,127	0,194
Haste de aterramento	m	0,001	0,001
Caixas de aço	un	0,009	0,008
Fios	m	1,137	1,105
Argamassa p/ revestimento	kg	não consta	49,642
Bloco de vedação	un	não consta	5,624
Painel de laje(3cm)	m <sup>2</sup>	não consta	1,057
Treliça p/ painel de laje	m	não consta	2,115
Asfalto oxidado p/ box banheiro	m <sup>2</sup>	0,027	0,034
Moldura pré-fabricada	m	não consta	0,176

Fonte: KLEIN, 2002



Tabela 2 – Formulário para possíveis entradas e saídas na fase de uso, op.e manut.

ENTRADAS / SAÍDAS	Un.	Edifício A	Edifício B
Consumo de água	m <sup>3</sup>		
Consumo de gás	m <sup>3</sup>		
Consumo de energia	kWh		
Esgoto doméstico	m <sup>3</sup>		
Lixo doméstico	m <sup>3</sup>		
Esgoto pluvial	m <sup>3</sup>		
Ruído	dB		

Fonte: da autora

Depois de alguns anos de uso surge a necessidade de melhorias tais como nova pintura, novas instalações prediais e novos revestimentos de paredes, pisos e tetos, que geram novos consumos e resíduos. Na Tabela 3, a seguir, foram discriminadas algumas das possíveis entradas e saídas para esta etapa.

Tabela 3 – Possíveis entradas e saídas na futura manutenção

ENTRADAS	Unidade	SAÍDAS	Unidade
Energia	kWh	Ruído	dB
Água	m <sup>3</sup>	Poeira	mg/m <sup>3</sup> ar
Tinta látex	litros	Vidro	m <sup>3</sup>
Argamassa de cimento colante	kg	Papelão	m <sup>3</sup>
Rejunte pré-fabricado	kg	Latas de tinta	m <sup>3</sup>
Azulejos	m <sup>2</sup>	Resíduos de argamassa	m <sup>3</sup>
Piso cerâmico	m <sup>2</sup>	Resíduos de azulejos	m <sup>3</sup>
Metal sanitário	un	Resíduos de piso cerâmico	m <sup>3</sup>
Louça sanitária	un	Resíduos de PVC	m <sup>3</sup>
Tubos de PVC	m		
Conexões de PVC	m		
...		...	

Fonte: KLEIN, 2002

Na *fase de demolição* são gerados resíduos (entulhos) em grande escala, desperdiçando recursos naturais e energia, especialmente os incorporados aos materiais utilizados. Na Tabela 4, a seguir, foram discriminadas algumas das possíveis entradas e saídas para esta etapa.

Tabela 4 – Possíveis entradas e saídas na fase de demolição

ENTRADAS	Unidade	SAÍDAS	Unidade
Energia	kWh	Entulho	m <sup>3</sup>
Água	litros	Ruídos	dB
Explosivos	kg	Poeiras	mg/m <sup>3</sup> ar
...		...	

Fonte: KLEIN, 2002

Dentre os possíveis **impactos ambientais** que a construção de edificações pode gerar, verificou-se que os principais são: degradação de áreas, esgotamento de recursos não renováveis, redução das águas subterrâneas, poluição do solo, do ar, de rios e mares, formação da chuva ácida, efeito estufa, destruição de espécies vegetais e animais nativas.

## **Análise e discussão dos resultados:**

Projetos bem detalhados, especificados e integrados contribuem para evitar problemas na fase de construção, tais como refazer trabalhos, podendo-se reduzir consumos e resíduos.

Na fase de uso, a utilização adequada dos condicionantes climáticos e de tratamentos em fachadas podem propiciar para as residências dos futuros usuários melhor conforto térmico natural, que pode propiciar a redução do uso de refrigeração artificial e, desta forma, menores taxas de energia. Tecnologias, materiais e equipamentos que economizam água e energia, propiciam menores consumos destes. Evitar materiais considerados ambientalmente agressivos tais como carpetes de tecido, colas, tintas à base de solventes, telhas e caixas d'água de fibrocimento, contribuem para uma boa qualidade de ar interior na fase de construção e, especialmente na fase de uso. Áreas adequadas de esquadrias com vidros transparentes e o uso correto da orientação solar permitem uma boa iluminação natural, que pode propiciar menor uso de iluminação artificial durante o dia e, assim, um menor consumo de energia. Iluminação e ventilação natural podem propiciar melhor qualidade de ar interior.

Projetar espaços flexíveis para permitir melhorias e modificações na edificação de forma a atender às novas realidades e necessidades dos usuários e, especificar materiais com maior durabilidade, são fatores que propiciam maior vida útil de uma edificação e, conseqüentemente, retardam a demolição.

A utilização de tecnologias que permitem fácil desmonte propiciam menor quantidade de resíduos na fase de demolição, além de reutilização e ou a reciclagem de materiais. A viabilidade de manutenção preventiva e reformas facilitadas desde os projetos podem retardar a necessidade de demolição.

Verifica-se, portanto, que o projeto arquitetônico é fator determinante para os projetos complementares e dos aspectos ambientais gerados nas fases de construção, uso e demolição. Identificados os aspectos ambientais relevantes para o produto edificação em todas as fases do seu ciclo de vida, pode-se, então, adotar medidas ambientalmente mais corretas que afetem todas as fases e reduzam os possíveis impactos deste produto.

## **4. RECOMENDAÇÕES PARA PROJETO DE EDIFICAÇÃO AMBIENTALMENTE MAIS CORRETA**

Este trabalho, então, elabora diretrizes gerais a serem consideradas nos projetos de uma edificação, para assim reduzir os aspectos por ela gerados nas fases de construção, uso e demolição. Sabe-se que para contribuir neste processo, enquanto não existir uma conscientização maior, são necessários Planos Diretores elaborados com critérios ambientalmente mais corretos, além de fiscalização e punição severas.

### **4.1 Para os projetos**

Para que os projetos contribuam para a redução de impactos ambientais gerados, propõe-se que o projetista:

- Utilize corretamente os condicionantes físicos, climáticos e legais;
- Especifique materiais e técnicas construtivas de acordo com a região e com as normas técnicas;
- Utilize mais os materiais naturais renováveis e os recicláveis, de preferência com selo de qualidade ambiental para, desta forma, economizar os não renováveis;

- Detalhe bem os projetos para evitar desperdícios e, quando possível, cotar as áreas para uso de peças inteiras para evitar cortes;
- Coordene a integração entre os projetos arquitetônico e complementares;
- Coordene a integração entre os projetos e a obra;
- Conserve ao máximo o perfil original do terreno;
- Considere o entorno, para não descaracterizá-lo;
- Utilize uma taxa de ocupação máxima do terreno menor ou igual a 60%, para propiciar áreas permeáveis e verdes;
- Preserve o máximo possível a vegetação nativa e, assim, o ambiente natural;
- Promova a integração entre as áreas verdes e as áreas de lazer para os usuários;
- Utilize materiais porosos para a pavimentação externa;
- Preveja adaptações tecnológicas de forma a permitir fácil manutenção e aumentar a vida útil da edificação;
- Permita flexibilização dos espaços para atender às necessidades dos futuros usuários e aumentar a vida útil da edificação;
- Evite edificações muito altas e recuos muito próximos dos terrenos vizinhos para não originar falta de insolação e ventilação natural, tanto para a edificação quanto para a vizinhança;
- Evite edificação com mais de dois apartamentos por andar, para propiciar condições mais favoráveis de insolação e/ou ventilação natural para todos os apartamentos;
- Considere adequadamente a orientação solar, temperaturas máximas e mínimas diárias, ventos dominantes, áreas de aberturas adequadas, a tipologia dos materiais utilizados na envoltória, o percentual de vidros na fachada, o clima predominante, a forma do edifício e a tipologia da cobertura para proporcionar conforto térmico natural aos usuários e permitir a redução de refrigeração artificial, por exemplo, e assim, propiciar a redução de consumo de energia;
- Faça tratamentos adequados nas fachadas que recebem maior incidência de radiação solar direta, tais como beirais, brises, etc.;
- Considere adequadamente a orientação solar e áreas de aberturas com vidros transparentes para proporcionar iluminação natural e permitir a redução do uso da iluminação artificial, e assim, propiciar a redução de consumo de energia;
- Evite o recurso de aberturas internas ou ventilação mecânica;
- Utilize esquadrias de correr que possibilitem abertura total para melhorar a ventilação natural, e conseqüentemente, melhor qualidade de ar interior e conforto térmico natural;
- Destine certa área da edificação ou do terreno para separação e/ou armazenagem do lixo doméstico reciclável;
- Destine, se possível e pertinente, certa área do terreno para compostagem dos resíduos gerados pela área verde e resíduos orgânicos das residências;
- Utilize adequadamente tecnologias de energia natural, por exemplo, aquecimento solar;
- Utilize corretamente materiais, componentes e equipamentos para economizar energia, tais como sensores de presença para iluminação artificial, fotocélulas, luminárias e lâmpadas de menor consumo;
- Utilize dispositivos para economizar água, tais como torneiras com controle automático, válvulas redutoras de pressão e caixas de descargas duplas. Recomenda-se também utilizar tecnologias para reciclar águas servidas de pias, tanques e chuveiros, além das águas das chuvas, tornando-as adequadas para, por exemplo, lavar calçadas e regar plantas;
- Determine a utilização de medidor de gás e de água individuais que, além de provocar satisfação no usuário por não ter de pagar pelo desperdício dos outros, pode promover economia de gás, água e esgoto;
- Determine o tratamento adequado dos esgotos domésticos, considerando os condicionantes da região;

- Utilize tecnologias e materiais que permitam redução de consumos e resíduos e, preferencialmente de fácil manutenção e desmonte para a demolição.

É fundamental que todos os projetistas envolvidos trabalhem integrados de forma a obter um produto bem planejado e de boa qualidade ambiental, ou seja, um edifício que gere menos impactos.

#### 4.2 Para a construção

Para que a construção de edificações possa ser considerada ambientalmente mais correta ou possa contribuir para o desenvolvimento sustentável do país, as construtoras deveriam:

- Planejar e executar a obra de acordo com os projetos arquitetônico e complementares e as suas especificações;
- Promover a integração entre os projetistas e gerenciadores da obra;
- Utilizar mão de obra especializada;
- Cumprir a legislação ambiental, além das normas técnicas;
- Adotar procedimentos ambientalmente mais corretos;
- Separar resíduos para estimular a reciclagem;
- Comprar os materiais e equipamentos, preferencialmente, de empresas fornecedoras que praticam gestão ambiental;
- Utilizar procedimentos e mecanismos de controle na execução, controlando, periodicamente, seus indicadores ambientais e procurar melhorar sempre.

Uma vez entregue a obra é fundamental que, na fase de uso, faça-se a manutenção preventiva e as melhorias necessárias para aumentar a vida útil da edificação. Outro ponto importante é a conscientização dos usuários sobre a necessidade de redução do consumo de energia, água e gás, além da redução e separação de resíduos gerados, como lixo doméstico.

Deve-se retardar a demolição o máximo possível, que deve ser feita somente se não tiver outra opção, e para contribuir nesse processo, pode-se estudar a utilização do prédio, se for o caso, para outra finalidade.

**Quanto à aplicação das diretrizes** nas edificações analisadas, evidentemente, deve-se analisar vantagens e desvantagens delas do ponto de vista ambiental e econômico, lembrando que cada caso tem suas peculiaridades específicas.

Se o custo da edificação aumenta com a aplicação das diretrizes, o preço de aquisição do apartamento é maior, mas o custo de operação, na fase de uso, é menor. O retorno financeiro provavelmente será positivo, principalmente, considerando a vida longa. Além disso, há os benefícios intangíveis para o ambiente, de difícil quantificação, mas que reduz o ônus para a sociedade.

Confrontando-se as diretrizes aqui sugeridas com o detectado nos projetos analisados, verifica-se que as construtoras atenderam aos condicionantes legais e tentaram propiciar ventilação e insolação adequadas na medida do possível.

### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

É fato que a construção civil de edificações gera aspectos ambientais significativos relacionados ao uso e à ocupação do solo, ao consumo de materiais, energia e água, à geração

de resíduos e à qualidade do ar e, por consequência, causa impactos em todo o seu ciclo de vida, devido às opções de projetos, principalmente, o arquitetônico.

O longo tempo da execução e a longa vida útil são fatores que dificultam a análise do ciclo de vida de uma mesma edificação vertical. Por isso a ACV pode ser realizada em edifícios existentes, o que já fornece uma série de dados úteis para serem considerados na fase de projetos de futuras edificações, além de permitirem prever aspectos nas fases de manutenção e demolição.

Como a construção de edificações usa produtos, em sua maioria, fabricados por terceiros, esses fornecedores têm também grande responsabilidade quanto à qualidade ambiental da edificação. A construtora pode pressionar seus fornecedores e preferir comprar elementos e materiais de empresas que praticam gestão ambiental.

Segurança, conforto, qualidade do ar interior e menores gastos na fase de uso, operação e manutenção são critérios que se tornarão cada vez mais importantes na escolha de espaços residenciais e comerciais e, portanto, diferenciais na competitividade. Esses fatores dependem de decisões na fase de projetos. O valor do imóvel, num futuro próximo, não será determinado apenas pelo metro quadrado, mas será considerado também se o prédio tem uso eficiente de água e energia através de tecnologias adequadas, por exemplo. Aos poucos, vai ficando claro que isso agrega valor, já que tem repercussão significativa nas taxas individuais e de condomínio, ainda mais que a energia e a água estão se tornando mais caras. E as empresas incorporadoras podem utilizar isso como *marketing* para a venda das residências.

Na tomada de decisões quanto ao uso de materiais, ter-se-á de optar cada vez mais pelos reutilizáveis e/ou reciclados, além de substituir materiais não renováveis por renováveis, dada a escassez e possível exaustão desses. No uso de materiais reciclados, as condicionantes culturais não devem ser desprezadas, pois muitos ainda os consideram como um produto de segunda categoria, independente do seu desempenho técnico e ambiental, dificultando um pouco a introdução deles numa construção. Isso pode ser resolvido, por exemplo, através da conscientização da sociedade e de selos ambientais reconhecidos como confiáveis.

Dos casos estudados, infere-se que, nas empresas, existe uma preocupação maior na fase de projetos, quanto ao uso correto dos condicionantes climáticos e legais e, na fase de construção, quanto à redução de resíduos através de tecnologias de execução mais precisas e mão de obra especializada. O ponto mais crítico verificado é que depende do Plano Diretor, é a superutilização da área do terreno que gera retirada de vegetação e áreas impermeabilizadas. As construtoras não têm o hábito de controlar consumos previstos com os reais, nem entre as suas edificações, estando mais preocupadas com os custos. Esses controles podem oportunizar redução do custo por metro quadrado da edificação, se for verificado, por exemplo, que a previsão do consumo de materiais em projeto é maior do que o consumo real na construção, podendo baixar o preço principalmente quando houver muita oferta. Além disso, os controles induzem a implementar melhorias para reduzir consumos e resíduos e, conseqüentemente, reduzir custos. Também não praticam a separação de resíduos.

Como toda empresa, a rigor, precisa praticar gestão ambiental, independente da necessidade de certificação por norma, recomenda-se que as empresas do setor estudado acompanhem o real uso de materiais, insumos e energia e as quantidades de resíduos gerados por tipo na construção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CIB – International Council for Research and Innovation in Building and Construction - *Agenda 21 para a construção sustentável* / tradução de I. Gonçalves, T. Whitaker. São Paulo : Ed. de G. Weinstock, D. M. Weinstock, 2000.

JOHN, Vanderley M. *Reciclagem de resíduos para metodologia de pesquisa e desenvolvimento*. São Paulo: Escola Politécnica da USP/ Departamento de Engenharia de Construção Civil ( Tese de livre Docência), 2000.

JOHN, Vanderley M. *Aproveitamento de resíduos sólidos como materiais de construção*. In : Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção: Projeto Entulho Bom, pp 26 - 44. Salvador: EDUFBA; Caixa Econômica Federal, 2001.

KLEIN, Ralf . *Trincas em edifícios*. Blumenau : FURB/ Departamento de Engenharia Civil (Monografia), 1993.

KLEIN, Sheila E. S. *Diretrizes de gestão ambiental na indústria da construção civil de edificações*. Blumenau : FURB/ Departamento de Engenharia Civil (Dissertação), 2002.

KRÜGER, Patricia. *Mudança paradigmática da construção civil: estudo de caso*. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos – USP (Dissertação), 1996.

NBR ISO 14040 – ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *Environmental management – Life cycle assesment – Principles and framework*. Geneve, 1997.

PALIARI, José Carlos. *Metodologia para a coleta e análise de informações sobre consumos e perdas de materiais e componentes nos canteiros de obras em edifícios*. São Paulo : Escola Politécnica da USP/ Departamento de Construção Civil (Dissertação), 1999.

TCPO 2003 – *Tabelas de composições de preços para orçamentos*. São Paulo: Editora Pini Ltda, 2003.