



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

Estudo do impacto ambiental no processo de produção de tijolos de solo-cimento e de blocos de resíduo de construção civil e demolição

Ana Paula da Silva Milani (1); Andrea Naguissa Yuba (2); Leandro Pieretti (3)

(1) Departamento de Estruturas e Construção Civil – CCET – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil – e-mail: anamilani@dec.ufms.br

(2) Departamento de Estruturas e Construção Civil – CCET – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil – e-mail: naguissa@gmail.com

(3) Departamento de Estruturas e Construção Civil – CCET – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil – e-mail: le_pieretti@hotmail.com

RESUMO

Em tempos onde a preocupação com o meio ambiente se coloca num patamar superior entre a sociedade, faz-se necessário que novas ferramentas de estudo de impactos ambientais sejam desenvolvidas e aplicadas de modo que quaisquer dúvidas quanto a sustentabilidade de determinado material de construção alternativo frente aos materiais convencionais sejam respondidas. Neste âmbito, a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é uma metodologia em destaque para a análise de sustentabilidade de produtos e processos construtivos. Portanto, o presente artigo realizou uma avaliação de sustentabilidade ambiental de duas fábricas de materiais alternativos de construção civil na região de Campo Grande – MS utilizando-se dos parâmetros da ACV. Tais fábricas são produtoras de tijolos de solo-cimento e de blocos de resíduo de construção e demolição (RCD), e foi avaliado in loco o processo de produção desde a obtenção de matéria-prima até a fabricação destes componentes construtivos. A ACV dos materiais é pioneira tanto para os materiais estudados como para as empresas envolvidas, proporcionando resultados para subsidiar a escolha de materiais de construção que estejam inseridos nas questões de desenvolvimento de tecnologias mais sustentáveis.

Palavras-chave: sustentabilidade; ACV; solo-cimento; RCD.

1 INTRODUÇÃO

Ao se partir do conceito de desenvolvimento sustentável (CIB, 1999): “é aquele que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de satisfazer suas próprias necessidades”, tal princípio deve ser aplicado a todas as ações humanas, evitando-se problemas como desperdícios de materiais, degradação ambiental, perda de patrimônios naturais, formação de áreas degradadas, exclusões sociais e desemprego. Assim, pesquisadores que buscam uma interação entre as dimensões ambiental, social e econômica obtêm uma visão pluridimensional do sistema, possibilitando uma análise de ganhos e perdas em toda a cadeia. No entanto, realizar uma análise de sustentabilidade de determinado sistema passa a ser caracterizada uma tarefa árdua e complexa, com grande quantidade de variáveis a serem identificadas, coletadas e analisadas. Logo, métodos de avaliações da sustentabilidade que fracionam a cadeia/sistema em análise pode ser uma das alternativas para o inicio de desenvolvimento de pesquisas que efetivamente contribuem para a análise imparcial de produtos e sistemas e seus impactos nas dimensões social, ambiental e econômico.

No âmbito da engenharia, a área de materiais de construção tem-se destacado pela necessidade urgente de estudos sobre seus impactos ambientais e alternativas para sua fabricação, aplicação e descarte. Para esses estudos, dispõe-se atualmente de uma metodologia muito prática de pesquisa: o dimensionamento dos impactos ambientais utilizando-se da Análise de Ciclo de Vida (ACV).

1.1 Avaliação do Ciclo de Vida

Uma das opções para realização da análise de ganhos e perdas de uma cadeia produtiva seria a aplicação da Análise de Ciclo de Vida (ACV), a qual atualmente é uma importante ferramenta para avaliação e escolha de alternativas mais sustentáveis. A ACV é um conjunto de normas da série ISO 14000, sendo que no Brasil, a NBR ISO 14040 (ABNT, 2001) estabelece os princípios gerais e a NBR ISO 14041 (ABNT, 2002) define objetivos, escopo e análise do inventário. Segundo Yuba (2005), apesar da ACV apresentar ausência da visão sistêmica da análise do sistema, as respostas de métodos que utilizam a ACV geralmente apresentam o melhor material a ser escolhido, a melhor edificação construída, previsão de impacto da edificação, status do impacto do material utilizado, status do impacto da edificação, e a melhor composição de materiais para a edificação.

Segundo Soares e Pereira (2004), a ACV consiste em analisar as repercuções ambientais de um produto ou atividade a partir de um inventário de entradas e saídas (matérias-primas e energia, produto, subprodutos e resíduos) do sistema considerado. As fronteiras de análise devem considerar as etapas de extração de matérias-primas, transporte, fabricação, uso e descarte (o ciclo de vida). Esse procedimento permite uma avaliação científica da situação, além de facilitar a localização de eventuais mudanças associadas às diferentes etapas do ciclo que resultem em melhorias no seu perfil ambiental. Porém, segundo a própria NBR ISO 14040 (ABNT, 2001), a ACV possui limitações como: a subjetividade do estabelecimento das fronteiras do sistema e a seleção das fontes de dados e categorias de impacto; os resultados de estudos de ACV enfocando questões globais ou regionais podem não ser apropriados para aplicações locais. Portanto, para evitar análises equivocadas e injustas de subsistemas, componentes ou materiais de construção, segundo Grigoletti e Sattler (2004), a avaliação de impactos ambientais pelo método de ACV requer a adequada definição da unidade funcional e da seleção de fronteiras para delimitação dos fluxos (entradas e saídas) que farão parte do inventário das cargas ambientais.

2 OBJETIVO

O objetivo deste artigo é realizar o estudo dos impactos ambientais do sistema produtivo dos tijolos de solo-cimento e dos blocos de resíduo de construção civil e demolição tomando como ferramenta de pesquisa a Avaliação do Ciclo de Vida. Com os dados obtidos foi realizada uma comparação entre os dois produtos para avaliar o quanto mais sustentável são estes materiais finais.

3 METODOLOGIA

3.1 Definições da unidade funcional e fronteiras do sistema

3.1.1 Inventário do subsistema vedação de tijolos de solo-cimento

Para o estudo do processo produtivo do subsistema tijolos de solo-cimento foram realizadas medições in loco em uma fábrica de produção de artefatos de solo-cimento localizada na cidade de Campo Grande–MS. Para os dois materiais em estudo foram adotadas a mesma unidade funcional e fronteiras.

Conforme Grigoletti e Sattler (2004), para que não ocorra qualquer diferença no levantamento e na análise, a interpretação e avaliação dos dados deverão ficar explícitas de tal forma que os resultados possam ser questionados e aperfeiçoados. Dessa forma, mesmo estudos que pretendam dirigir-se a apenas uma fase do ciclo de vida do material ou componente deve garantir a equivalência dos sistemas, considerando as mesmas condições de desempenho em uso. No caso em estudo, ambos os blocos são para uso na construção de vedação não-portante, sendo então adotadas idênticas regras para análise dos fluxos de entradas e saídas dos impactos ambientais.

A empresa escolhida para realização das pesquisas é pioneira na região do Mato Grosso do Sul na fabricação dos componentes construtivos de solo-cimento, visto que este material apesar de consagrado em diversas aplicações na engenharia civil, requer trabalhos intensos de transferência de tecnologia e aceitação, tanto, pelo usuário, como, pelo mercado da construção civil. Na tentativa de abertura do mercado para o produto solo-cimento, este material de construção é inserido no setor como material ecológico, de fácil assimilação no processo construtivo, com dimensões e desempenho mecânico semelhantes aos dos blocos cerâmicos convencionais. Para a execução do inventário de produção do subsistema blocos de solo-cimento (Figura 1) foram definidos como unidade funcional 1 m² de parede de blocos, sendo blocos de 2 furos com dimensões de 25 cm x 12,5 cm x 6,25 cm e composição da mistura em volume 1:10 (cimento:solo).



Figura 1 - Fluxograma do inventário do subsistema de vedação de tijolos de solo-cimento.

3.1.1.1 Extração e transporte das matérias-primas

A extração e transporte de solo não é realizado pela empresa produtora de tijolos de solo-cimento. Porém, foi realizada uma estimativa desta etapa do processo produtivo a partir da coleta de dados com o fornecedor de matéria-prima, a qual é uma empresa terceirizada e proprietária da jazida de solo. Tal

empresa realiza o comércio do solo, sendo a extração com pá-carregadeira e transporte até a fábrica de blocos com caminhão basculante. O tempo necessário para extração do solo e carregamento do caminhão, o consumo de combustível da máquina por intervalo de tempo e a capacidade de carga do caminhão foram os fatores considerados para estimativa do consumo de óleo durante a extração. Para o transporte, foi levantado o consumo médio do caminhão e a distância média da jazida até a fábrica.

Em posse desses dados, as emissões gasosas (monóxido de carbono CO, dióxido de carbono CO₂, óxidos de azoto NO_x, hidrocarbonetos HC) emitidas pela extração e transporte do solo arenoso foram estimadas seguindo os procedimentos realizados por SILVA (2007), a qual considerou o valor de 10,65 kWh/l o poder calorífico para o óleo diesel e os limites de emissões de poluentes segundo a Resolução 128/1996 - CO= 4,0 g/kWh; HC= 1,1 g/kWh; NOx = 7,0 g/kWh. O cimento Portland - CP II E32 foi considerado um sistema fechado e inserido no subsistema blocos de solo-cimento, ou seja, como a matéria-prima cimento é um produto, possui um inventário de produção complexo e a concentração do trabalho foi analisar o produto solo-cimento, considerou-se nesta etapa apenas o transporte entre o distribuidor de cimento até a fábrica de blocos, sendo levantado o consumo médio do caminhão, a distância média entre os mesmos e a o cálculo das emissões gasosas de forma análoga a metodologia acima citada.

3.1.1.2 Etapas de fabricação

O volume das matérias-primas solo arenoso, cimento Portland e água foi computado através da apuração in loco das quantidades volumétricas desses materiais utilizados no momento da confecção dos componentes construtivos (blocos) necessários para a composição de uma unidade funcional. Posteriormente, estes dados foram transformados em massa (kg) através das densidades aparentes de cada matéria-prima. Após a mistura e homogeneização manual dos componentes solo-cimento-água, esta era transportada manualmente até a máquina de prensagem hidráulica, a qual é alimentada por energia elétrica e foi monitorada através do aparelho potenciômetro para a medição e cálculo de energia necessária para a fabricação dos blocos para a composição de uma unidade funcional.

Ressalta-se que, como o cimento Portland foi lançado como produto dentro do subsistema blocos solo-cimento, foram adicionados ao inventário de produção de blocos de solo-cimento as entradas de energia elétrica e emissões gasosas consumidas para a produção do cimento com base em valores declarados pela empresa cimenteira CIMPOR (2004), SANTI (1997) e MIC (1982). Os poluentes atmosféricos mais relevantes resultantes do processo de fabricação de cimento são as partículas: óxidos de azoto (NOx), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO) e dióxido de carbono (CO₂); emitidos essencialmente nas chaminés dos fornos. Existem ainda outros poluentes a considerar tais como os compostos orgânicos voláteis (COV's), metais pesados e dioxinas que não são considerados significativos por serem emitidos em muito pequenas quantidades. Somente foram utilizados os insumos energia elétrica e as principais emissões gasosas da produção do cimento devido a priorização de compatibilidade entre os fluxos de entradas e saídas dos dois materiais analisados.

O bloco de solo-cimento necessita do processo de cura úmida, a qual é efetuada pela empresa em estudo de maneira artesanal, com aplicação de 3 ciclos de molhagens durante 7 dias de cura dos blocos. Portanto, foi computado in loco o volume de água gasta para a cura dos componentes construtivos (blocos) necessários para a composição de uma unidade funcional. Quanto as saídas do subsistema blocos solo-cimento não há perdas, visto que durante o processo de prensagem, os blocos com defeitos (trincas, deformação nas dimensões) são triturados manualmente e recolocados na máquina de prensagem para novamente tornarem-se peças da unidade funcional.

3.1.2 Inventário do subsistema vedação de blocos de resíduo de construção civil e demolição (RCD)

O resíduo resultante das constantes obras e reformas no meio urbano tem representado um grande problema ao meio ambiente, especialmente relacionado à destinação final correta. Segundo a Resolução 307 do CONAMA (2002), por RCD entende-se: “resíduos 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.” Ainda, o artigo 5º, sobre a Resolução 307: “É instrumento para a implementação da gestão dos resíduos da construção civil o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, a ser elaborado pelos Municípios e pelo Distrito Federal, o qual deverá incorporar: I - Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil; e II - Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil”. Ou seja, cabe à prefeitura estabelecer os programas de gestão do RCD, e aos geradores dos resíduos o cumprimento dos parâmetros estabelecidos (CHAHUD et al., 2007).

Na pesquisa realizada por PINTO (1999), em 10 cidades brasileiras, a geração de RCD variou de 230 a 760 kg/hab.ano, representando entre 41% e 70% de resíduo sólido municipal. Por isso, faz-se necessário que exista uma gestão bem estabelecida para esse resíduo da construção civil.

A empresa produtora dos blocos de RCD, ao longo do tempo, tem aperfeiçoado seu sistema produtivo, procurando mostrar à população os benefícios que a utilização dos blocos de RCD como alvenaria estrutural traz para a cidade de Campo Grande – MS e especialmente para o meio ambiente. Além dos blocos, esta empresa também produz telhas desse mesmo material.

Para a execução do inventário de produção do subsistema blocos de RCD (Figura 2), a unidade funcional estabelecida foi a de 1 m² de parede, a mesma dos blocos de solo-cimento, com blocos de dimensão 39 cm x 19cm x 9cm, o que resulta em 13 blocos /m².

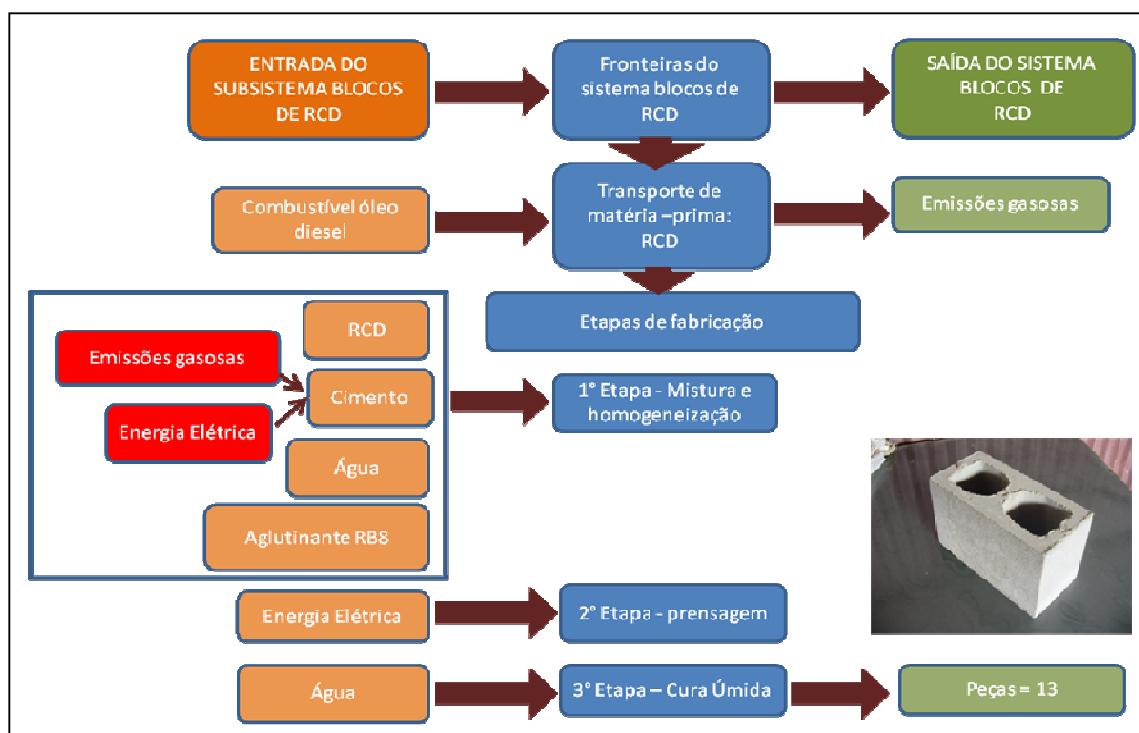


Figura 2 - Fluxograma do inventário do subsistema de vedação de blocos de RCD.

3.1.2.1 Transporte das matérias-primas

O RCD utilizado pela fábrica é transportado por caminhões caçamba, carroças, etc. Porém, para o presente estudo foi adotado o transporte principal por caminhões, sendo então determinadas as emissões gasosas referentes à queima de óleo diesel semelhante aos cálculos realizados para os blocos de solo-cimento.

3.1.2.2 Etapas de fabricação

Os dados referentes a composição dos blocos de RCD foram obtidas da seguinte maneira: levantamento durante um dia de fabricação in loco dos blocos de RCD a utilização 240 litros de RCD, 38 litros de cimento, 38 litros de água e 150 ml de aglutinante RB8 para a confecção de 80 blocos. Esses dados foram transformados em massa através das suas respectivas massas específicas e depois determinados os gastos envolvidos para a fabricação de 13 blocos referentes a 1 m² de parede.

A energia elétrica envolvida no processo refere-se ao maquinário da fábrica: esteira, rosca-sem-fim, misturador, vibro-prensa, compressor de ar para a limpeza dos blocos e iluminação quando necessário. Como não foi possível realizar a medição in loco devido a complexidade do processo, utilizou-se o procedimento de cálculo da energia através do consumo computado pela empresa fornecedora de energia da região, sendo considerado o gasto de R\$ 0,02 de energia elétrica por bloco fabricado.

Conforme já mencionado, a seleção dos resíduos deveria ser feita pelos geradores (setor público ou privado, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos) seguindo um programa de gestão estabelecido pela prefeitura dos municípios. Como no Município de Campo Grande ainda não vigora a realização de tais procedimentos, o RCD depositado no pátio da fábrica passa por uma rápida seleção, sendo utilizado apenas os componentes cerâmicos, cimentícios e solo residual. Tais resíduos passam por um processo de moagem, onde se adequa à granulometria desejada e é depositado em um reservatório. Uma rosca sem-fim leva esse resíduo moído para o misturador onde são acrescentados a água, o cimento e o aglutinante RB8. Essa mistura é transportada até a vibro-prensa para a prensagem do bloco e, posteriormente, empilhado e aplicado o processo de cura úmida.

A presença do aglutinante RB8 (desenvolvido pelos engenheiros da fábrica e de patente própria) não representa nenhum problema para o meio ambiente, pois ensaios de toxicidade foram realizados pela Pró Ambiente. O grupo Pró Ambiente, fundado em 1986 por um grupo de professores universitários, é constituído atualmente por três instituições: Pró-Ambiente Análises Químicas e Toxicológicas Ltda., Pró-Ambiente Indústria e Comércio Ltda., e Fundação Pró Ambiente. Sua missão é fornecer serviços e suporte técnico para a sociedade, concebido para a melhoria da qualidade de vida de seus clientes, fornecedores e colaboradores. O resultado, exposto no Projeto Verde Vida (ALVES, 2009), não apresentou concentração significativa de substâncias ou elementos que conferem periculosidade ao resíduo, conforme listagem da norma técnica NBR 10004(ABNT, 2004).

Pode-se dizer que não há perdas de matéria-prima durante o processo produtivo, pois os blocos que quebram ou saem defeituosos são novamente moídos e prensados. Referente ao processo de moagem do RCD para a adequação do material à granulometria desejada, não há a suspensão de partículas no ar, pois a fábrica possui filtros do tipo manga, cuja finalidade é separar as partículas existentes nos gases industriais. Assim, a poeira resultante do processo é levada por tubulações até o filtro, onde ficam retidas e depois descartadas adequadamente.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Avaliação de impactos ambientais

TABELA 1. Inventário da produção de 1 m² de parede de blocos de solo-cimento.

ENTRADAS		SAÍDAS	
Insumos	Quantidade	Insumos	Quantidade
Solo	153,6 kg	Blocos solo-cimento (64 blocos/m ²)	181,7 kg
Cimento	18,1 kg	CO	0,113 kg
		CO2	15,31 kg
		NOx	0,190 kg
		SO2	0,003 kg
Água	70,4 kg		
Óleo diesel	2,2 l	HC	0,025 kg
Energia elétrica	3,26 kWh	Efluentes Gasosos Totais	15,641 kg

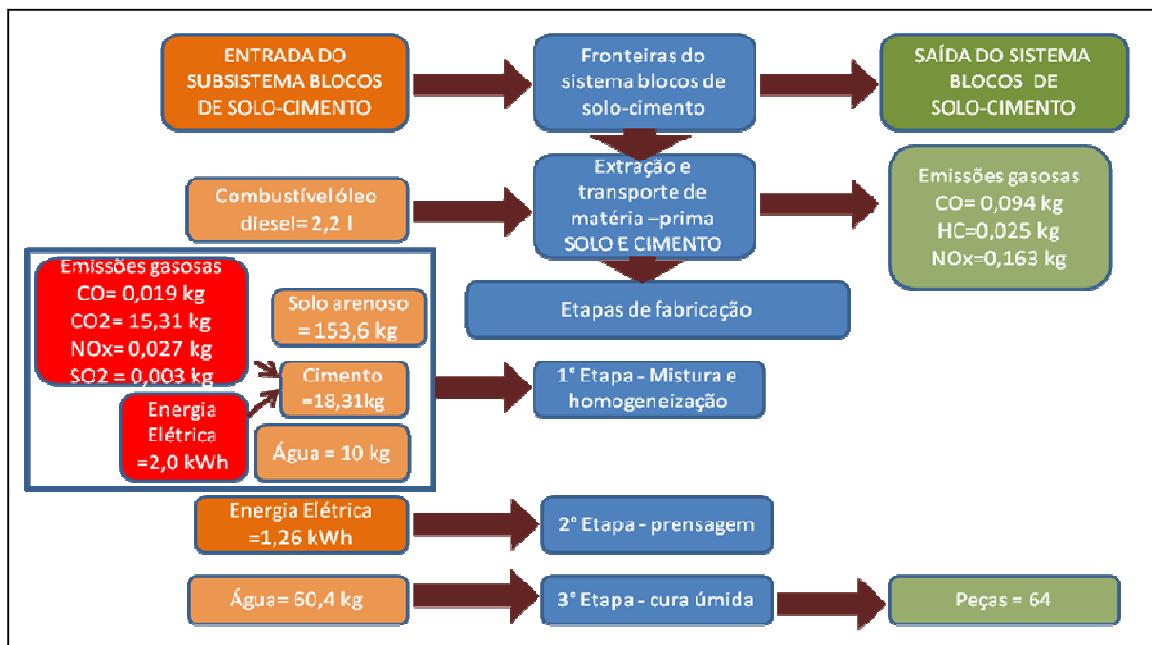


Figura 3 - Entradas e saídas do inventário do subsistema de paredes de blocos de solo-cimento.

TABELA 2. Inventário da produção de 1 m² de parede de blocos de RCD.

ENTRADAS		SAÍDAS	
Insumos	Quantidade	Insumos	Quantidade
RCD	48,75 kg	Blocos RCD (13 blocos/m ²)	63,75 kg
Cimento	8,8 kg	CO	0,00973 kg
		CO2	7,418 kg
		NOx	0,0134 kg
		SO2	0,00166 kg
Aglutinante RB8	24,375 ml		
Água	36,21		
Óleo diesel	2,2 l	HC	0,025 kg
		CO	0,094 kg
		NOx	0,163 kg
Energia elétrica	2,47 kwh	Efluentes Gasosos Totais:	7,725 kg

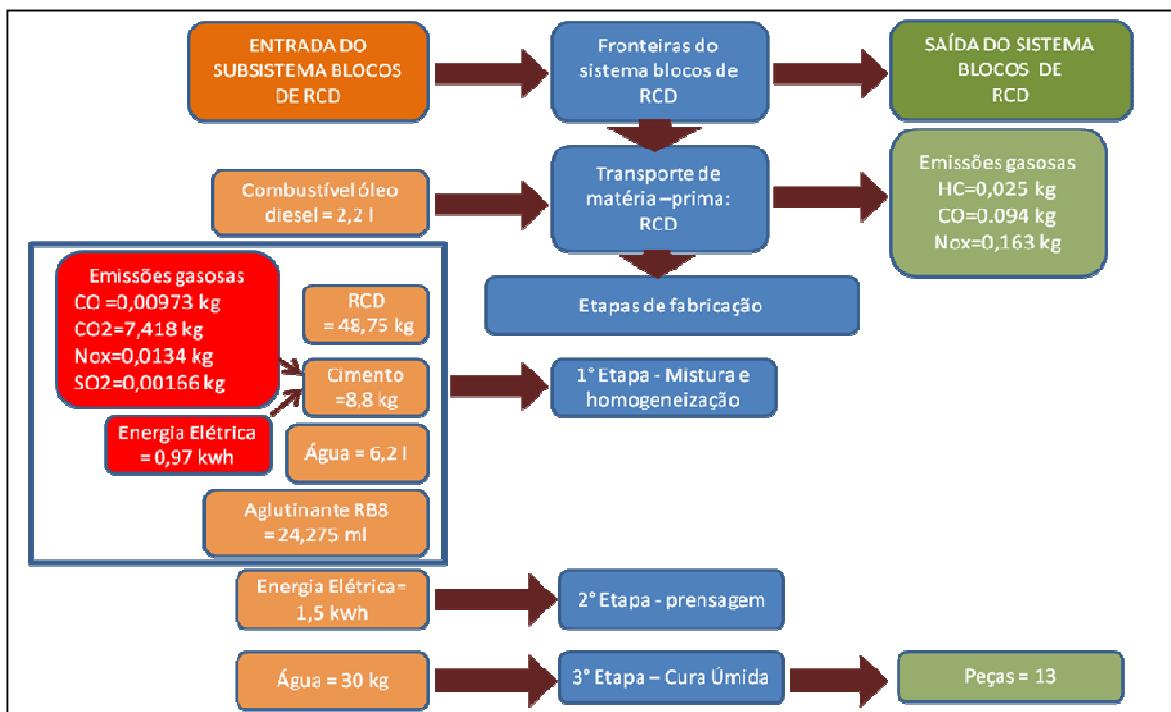


Figura 4 - Entradas e saídas do inventário do subsistema de paredes de blocos de RCD.

A principal vantagem em se utilizar algum desses dois tipos de blocos está no fato de que eles não passam pelo processo de queima que os blocos e tijolos cerâmicos convencionais passam. Com isso, evita-se a emissão de poluentes gasosos devido à queima. O processo de extração de matéria-prima para os blocos alternativos de construção é muito menos impactante quando comparados com o material convencional bloco de concreto, visto que a extração do solo e o coleta do RCD são processos menos agressivos que a retirada de agregados graúdos e miúdos (areia e brita).

Analizando-se as Figuras 3 e 4 foram destacados os pontos com relação a quantidade de cimento e a quantidade de água utilizada em cada processo para a construção de 1 m² de parede. Para os blocos de solo-cimento são utilizados 18 kg de cimento, enquanto para os blocos de RCD apenas 8 kg. Isto se deve ao fato de que no RCD, o cimento já está incorporado através do seu uso como reboco ou concreto, conferindo a esta matéria-prima pozolanicidade e, consequentemente, menor necessidade de cimento para estabilização do bloco de RCD (BOLDRIN et al., 2006). Este aproveitamento de resíduo representa um grande ganho para o meio ambiente, pois esta porcentagem seria descartada em lixões e terrenos baldios, sem destinação correta.

Além disso, quanto maior a quantidade de cimento utilizado na mistura, maior a quantidade de gases poluentes emitidos e energia elétrica devido ao processo de fabricação do cimento. Assim, o bloco de RCD e de solo-cimento apresentam proximidade nos valores gastos com energia elétrica durante a prensagem dos mesmos, no entanto quando compararam-se os processos de mistura e homogeneização, e emissões gasosas finais; o bloco de RCD apresentou mais sustentabilidade frente ao bloco de solo-cimento justamente pelo fato de apresentar menor consumo de cimento para sua confecção.

Em relação à utilização de água têm-se 60 l para os blocos de solo-cimento e 36 l para os blocos de RCD, para a mesma unidade funcional. A diferença nessa etapa se deve ao fato de que os blocos de RCD passam pelo processo de cura úmida automático, com aspersão de água regular e constante durante 24 horas nos primeiros dias de cura, evitando assim o desperdício de água. O mesmo não foi aplicado aos blocos de solo-cimento, que no decorrer do período de cura consome muitos litros de água pela falta de um mecanismo mais preciso, sendo realizado manualmente.

Analizando-se a questão da logística do processo de fabricação, os blocos de solo-cimento apresentam maior facilidade de implantação da planta de produção, pois os blocos podem ser confeccionados no próprio local da obra. Os procedimentos de retirada da matéria-prima solo do local da obra, o destorroamento e peneiramento manual, a mistura com o cimento e água no traço desejado e prensagem utilizando-se de prensa hidráulica que pode ser transportada com praticidade devido a seu pequeno porte, armazenamento no próprio local da obra; são etapas para a fabricação dos blocos de solo-cimento que agregam na questão de menor impacto social. No caso dos blocos de RCD isso não acontece. É necessário que haja uma fábrica própria implantada para a produção dos blocos, devido a maior quantidade de etapas envolvidas, além da questão de acúmulo de entulho no local da obra para depois realizar todas as etapas do processo de fabricação do bloco alternativo.

Destaca-se, também, que a quantidade de cimento utilizada no processo de produção do solo-cimento é facilmente modificada, podendo sofrer diminuição em seus teores de incorporação, visto que dependendo do tipo de solo são necessárias menores porcentagens do aditivo para estabilização da terra e consequentemente a redução das emissões gasosas e energia elétrica.

5 CONCLUSÕES

A avaliação ambiental por meio da ACV dos materiais alternativos de construção blocos de RCD e de solo-cimento, que progressivamente têm se tornado conhecidos e aceitos pelos usuários, corroborou a necessidade de averiguação da sustentabilidade de um produto pela ótica pluridimensional, visto que ao se analisar apenas o impacto ambiental no processo de produção, o blocos de RCD apresentaram-se menos impactante que o tijolo de solo-cimento para as situações estudadas, no entanto ao visualizar globalmente, o tijolo de solo-cimento destaca-se por apresentar menor impacto sócio-econômico devido a potencialidade de criação de ambiente de trabalho de cooperativismo, geração de postos de trabalho, apropriação dos benefícios, etc; visto que estes também são fatores importantes para menor ou maior sustentabilidade do produto final.

6 REFERÊNCIAS

ALVES, G.B. **Projeto Verde Vida** – Um compromisso com a humanidade. Prêmio CNI – Confederação Nacional da Indústria, empresa Projemix Resilix Reciclagem do Brasil Ltda. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 10004:** Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR ISO 14040:** Gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2001. 10 p.

_____. **NBR ISO 14041:** Gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: definição de objetivo e escopo eanálise do inventário. Rio de Janeiro, 2002. 21 p.

BOLDRIN, A.J.; MACHADO, R.L.; CAMPOS, M.A.; LINTZ, R.C.C. Estudo das propriedades mecânicas do concreto com resíduos de construção e demolição empregado na produção de blocos de concreto. In: 48 Congresso Brasileiro de Concreto. **Anais**...rio de Janeiro: Ibracon, 2006. Cd-rom.

CIB Agenda 21 on Sustainable Construction . s.l., **CIB Report Publication 237**, 1999.

CIMPOR - Indústria de Cimentos S.A. **Declaração Ambiental Intercalar**. Centro de Produção de Alhandra. 2004. <www.cimpor.pt/cache/bin/>

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 307**, 2002.

CHAHUD, E.; ALCÂNTARA, E. P. L.; LAHR, F.A.R. **Reciclagem de Resíduos para a Construção Civil**. Belo Horizonte: Fumec/FEA, 2007, capítulo 2, p. 35-75.

GRIGOLETTI, G.C.; SATTLER, M.A. Definição da unidade funcional e das fronteiras do sistema paravedações em blocos de concreto e blocos cerâmicos para análise do ciclo de vida. In: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável e X Encontro Nacional de Tecnologia do AmbienteConstruído. **Anais**...São Paulo: ANTAC, 2004. Cd-rom

MIC - Ministério da Indústria e Comércio. **Balanço Energético de Edificações Típicas**. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC / MG. Brasília, 1982.

PINTO, T.P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 189p. Tese (doutorado em engenharia) Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 1999.

PRÓ-AMBIENTE. <http://www.pro-ambiente.com.br>. Acessado em 16 de maio de 2010.

SANTI, A.M.M. **O emprego de resíduos como combustíveis complementares na produção de cimento na perspectiva da energia, da sociedade e do meio ambiente. Estudo de caso: Minas Gerais no período 1980-1997**. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos). Faculdade de Engenharia Mecânica. UNICAMP, Campinas, 1997.

SILVA, F.M.G. **Análise da sustentabilidade no processo de produção de moradias utilizando adobe e bloco cerâmico**. Caso: Assentamento Rural Pirituba II – Itapeva-SP. Dissertação (Mestrado), São Carlos. EESC/USP, 2007.

SOARES, R.S.; PEREIRA S.W. Inventário da produção de pisos e blocos cerâmicos no contexto da análise do ciclo de vida. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.4, n.2, p. 83-94, 2004.

YUBA, A. N. **Análise da pluridimensionalidade da sustentabilidade da cadeia produtiva de componentes de construção em madeira de plantios florestais**. Tese (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental), São Carlos. Universidade de São Paulo, CRHEA/USP, 2005.

7 AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao CNPq, à empresa TECPAN (Sr. Lucas Simões e funcionários), à empresa ECOMÁQUINAS (Sr. Festa e funcionários) e à empresa PROGEMIX RESILIX (Sr. Borges, Sr. Lionaldo, Sr. Anagildes e funcionários).