



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA DE UM METRO QUADRADO DE PAREDE COM BLOCOS DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO ATÉ 20 ANOS DE USO EM COMPARAÇÃO AO BLOCO DE CONCRETO

SURGELAS, Vladimir (1); ROMAN, Humberto (2)

(1) Doutorando, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC),
Brasil - e-mail: dr.engenho@gmail.com

(2) Professor Dr., Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC),
Brasil - e-mail: humberto@ecv.ufsc.br

RESUMO

A criação de bancos de dados que associem o ciclo de vida de materiais e processos, com consumos e descartes, pode ser o ponto de partida no apoio à decisão para a escolha de opções ambientalmente adequadas. Apesar dos materiais de construção representarem um importante campo da engenharia, estes são responsáveis por grande parcela do impacto ambiental. Um dos causadores desses impactos, é o dióxido de carbono (CO_2). A incidência de CO_2 nos processos da cadeia produtiva com seu mapeamento define a “pegada de carbono”. A “pegada do carbono” integra o subconjunto do estudo de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e, no atual contexto político, este indicador é um dos mais utilizados no processo decisório relativo ao consumo e produção sustentáveis. O objetivo geral deste artigo é propor o desenvolvimento da rede de fluxo de materiais e energia, envolvendo desde a extração da matéria prima, manufatura, manutenção até vinte anos de uso, demolição até o beneficiamento dos RCD. Isso para a quantificação da “pegada de carbono” em um metro quadrado de parede para uma habitação do tipo RP1Q. Com o emprego da metodologia ACV com uso da logística reversa para obtenção de dados do ponto de consumo até o ponto de origem. Neste estudo são apresentados os objetivos desta ACV, o escopo, a unidade funcional, o sistema, a fronteira do estudo e os limites do sistema. Dos limites engloba a rede da manufatura do bloco com RCD envolvendo a planta fabril da usina de reciclagem de RCD de Belo Horizonte, a quantificação da emissão de CO_2 do bloco com RCD e o cenário da manufatura do bloco de concreto. Como resultado para o bloco com RCD obteve-se $29 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$. Com isso torna-se viável a continuidade do estudo para o desenvolvimento da rede de fluxo de materiais e energia para um ciclo fechado de um sistema construtivo.

Palavras-chave: Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), Sustentabilidade, Resíduos de Construção e Demolição, CO_2 , Bloco de Concreto.

1 INTRODUÇÃO

Os materiais de construção representam um importante campo da engenharia e também responsáveis por grande parcela do impacto ambiental. Nas obras de reformas, a falta de uma cultura de reutilização e reciclagem, podem ser elencadas como sendo uma das principais causas do resíduo gerado pelas demolições do processo. Já nas obras de demolição propriamente ditas, a quantidade de resíduo gerado não depende dos processos empregados ou da qualidade do setor, pois essa origem sempre existirá uma vez que haja demolição (Hendriks *et al.*, 2007). A criação de inventários identifica possibilidades de melhoria de processos, nesse contexto a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) destaca-se como ferramenta de excelência para minimizar os impactos ambientais. Com isso, a abordagem do ciclo de vida tem se tornado cada vez mais popular entre empresas e governos como uma ferramenta para promover o desenvolvimento sustentável. Contudo, Silva *et al.* (2003) comentam que o grande desafio é a reunião de dados acumulados para a geração de *benchmarks*, o que constitui a falta de perfis ambientais de edifícios, materiais e produtos de construção. Essa ausência de informação torna difícil a concepção de desenvolvimento sustentável estabelecida pela Agenda 21. Ressalta-se que as questões de impacto ambiental de materiais e produtos, não estão vinculadas apenas à sua produção, mas, também, o seu uso, à sua demolição e à sua deposição.

A Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) exige de cada município um plano integrado de gerenciamento deste tipo de resíduo. Dessa forma, as prefeituras municipais, desde julho de 2004, estão proibidas de receber os resíduos de construção e demolição em lixões e aterros. Isto obriga essas prefeituras a trabalharem para estimular o mais rápido possível o reaproveitamento desses resíduos. Soluções técnicas podem ser adotadas para mitigar esses problemas de contaminação do meio ambiente. Entre algumas das possíveis soluções estão, segundo Valle (2006) reduzir, reutilizar e reciclar. Além disso, uma abordagem do ciclo de vida torna-se essencial para a avaliação e melhoria do desempenho ambiental dos produtos de construção civil, no intuito de promover a reutilização, onde três conceitos devem ser observados: (a) garantia de segurança e qualidade; (b) redução do impacto ambiental; e (c) aumento do custo-efetividade da construção (Dosho, 2008).

Mulder (2007) propõe em escala laboratorial um estudo sobre as etapas do ciclo fechado a fim de aperfeiçoar esse processo (Figura 1). Nesse contexto de produção em ciclos fechados, quanto maior o número de reciclagens, menor será a quantidade de matéria prima natural incorporada ao processo, e no final do ciclo de vida, os efeitos ambientais se aproximarão do valor zero, com um sistema de grande sustentabilidade ambiental (Svoboda, 1995; EEA, 2004).

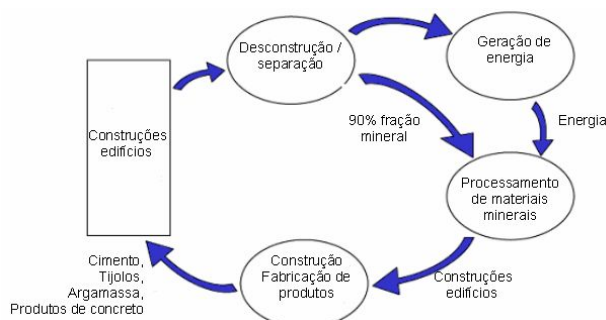


Figura 1 - Ciclo de construção/ conceito ciclo fechado (Mulder *et al.* / *Waste Management*, 2007).

No âmbito da construção civil, Torgal & Jalali (2007) relatam que a indústria da construção constitui um dos maiores e mais ativos setores em toda a Europa, comentam que essa atividade consome mais matérias primas do que qualquer outra atividade econômica, com elevado gasto de energia. Retratam, ainda, que a escolha de materiais para o uso deve levar em consideração a reciclagem, a durabilidade, à quantidade de energia incorporada e, mediante a aplicação de uma ACV, o que constitui soluções inequívocas de contribuição para uma construção sustentável. Nessa direção a ACV da Comunidade Européia *European Platform on Life Cycle Assessment*, define a pegada de carbono como um subconjunto do estudo de ACV e, no atual contexto político, este indicador é um dos mais utilizados no processo decisório relativo ao consumo e produção sustentáveis (EU, 2007).

Contudo, para que um metro quadrado de parede com blocos de RCD em comparação ao bloco de concreto, possa cumprir a funcionalidade proposta de forma sustentável, é necessário o emprego de materiais ecologicamente corretos, logo, deve ser restritos o uso de material com alto valor energético incorporado, e os que representam danos à saúde. Segundo Soutsos *et al.* (2005) a redução e utilização dos resíduos e subprodutos, aparecem como tarefa fundamental à sociedade atual, de forma que a utilização desses subprodutos de resíduos de construção e demolição (RCD) como bloco não estrutural apresenta-se como uma alternativa viável.

1.1 Caracterização dos Resíduos de Construção e Demolição

A caracterização do entulho ou RCD está condicionada à região onde o mesmo é gerado. Essa caracterização é de composição heterogênea, pois, o nível de desenvolvimento da construção local está diretamente ligado às características dos materiais que compõem o entulho (John *et al.* 1997). Acrescenta-se a variação cultural, o que incide diretamente nossos processos produtivos.

Uma vez recolhidos de sua fonte de origem, esses resíduos devem ser encaminhados às usinas de beneficiamento dos RCD, onde são classificados visualmente, geralmente por sua coloração. A coloração avermelhada deriva dos materiais cerâmicos e os acinzentados de materiais cimentícios. Porém, essa classificação dos RCD Classe A em cinza e vermelho tem se mostrado pouco eficiente para diferenciar as propriedades físicas dos agregados reciclados (Angulo *et al.*, 2003).

Quanto à composição dos RCD (em massa) no Brasil, apresentam variações estimadas, em termos de seus materiais. No entanto, a partir dos mesmos dados pode-se realizar outra estimativa da composição em função dos insumos presentes nos RCD, tais como o cimento, areia, cal e outros. Este estudo utiliza a estimativa da parcela mineral dos RCD em insumos (Ângulo *et al.*, 2002).

1.2 Extração de matéria prima do bloco de concreto

A extração de areia é realizada por meio de draga. No caso da brita a produção desses agregados é em lavra a céu aberto de rochas duras, e envolve a seguinte tecnologia, desenvolvimento em bancos, desmonte primário, desmonte secundário, carga do minério detonado, transporte interno. Porém, por se tratar de uma pesquisa em curso, os dados finais estão em fase de pesquisa.

1.3 Caracterização dos blocos em estudo

Este estudo, considera para os blocos em estudo as seguintes características gerais, na contabilização do bloco de concreto $16,67 \text{ pç/m}^2$, nesta primeira aproximação está conforme Mastella (2002). Para o bloco com RCD $13,13 \text{ pç/m}^2$, conforme Santos (2007).

1.4 Cimento Portland

É o principal material de construção usado na construção civil como aglomerante (Callister, 2006). Os dados considerados neste estudo estão baseados na linha tradicional de fabricação do cimento Portland, no Brasil. Segundo John (2005) a indústria do cimento é responsável por o equivalente a $0,6 \text{ t CO}_2/\text{t cimento}$. Contudo, no Brasil, há poucos estudos referentes às emissões provenientes do setor de produção de materiais de construção civil e operação/ funcionamento das edificações. Esta pesquisa utiliza o dado do cimento referente à composição, segundo o estudo de Stachera Junior (2006). Este utilizou para o cimento os parâmetros de massa específica aparente de 1200 kg/m^3 , e traço nas proporções de 14% de escória de alto forno, 10% de carbonato de cálcio e 3% de gesso. Mehta e Monteiro (1998) mencionam que o clínquer utilizado na composição do cimento é de 73% e que nessa percentagem estão inclusos 54,75% de calcário, 14,6% de argila e 3,65% de minério de ferro.

1.5 Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)

Mudanças na cadeia produtiva da construção, incluindo produtos, fornecedores, materiais e processos podem melhorar significativamente a eficiência ambiental e economia durante o uso de construção (Soares & Pereira, 2002). A ACV é uma metodologia “internacionalmente” reconhecida que possibilita o entendimento e análise das repercussões ambientais provocadas por um produto ou atividade. Isso pode ir ao encontro de oportunidades de melhorias se considerado as fases de um sistema de produção, segundo Ferreira (2004) e contribuindo para reduzir as emissões de CO_2 . De

acordo com John (2005) os critérios para a seleção de materiais, componentes e sistemas para a construção civil, mais saudáveis, incluem a energia incorporada, materiais socioeconômicos e o uso de Avaliação do Ciclo de Vida como ferramenta para a quantificação e comparação dos resultados.

A norma NBR 14040 estabelece os princípios e estruturas para o estudo de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) e define um procedimento sistemático para identificar, qualificar, conferir e avaliar as informações dos resultados do inventário do ciclo de vida. E com isso criar uma base sólida às conclusões e recomendações no relatório final. Os detalhes adicionais às diversas fases da ACV são fornecidos nas normas descritas a seguir: ABNT 14040, 2009; ABNT 14044, 2009. A norma 14044 substituiu as normas 14041, 14042 e 14043 e envolve os estudos de ACV e os Inventários do Ciclo de Vida. A estrutura básica de uma ACV possui quatro componentes básicos. Começa com objetivos e definição de escopo, a identificação dos sistemas e subsistemas que serão modelados, o limite, a especificidade dos dados, a unidade funcional e comparação entre os sistemas, que estabelece o contexto em que a avaliação será feita. É fundamental a elaboração do inventário que identifica e quantifica os indicadores ambientais que serão analisados e interpretados ao longo de seu ciclo de vida. No entanto, uma ACV não determina qual processo ou produto é o mais caro, mais barato e de melhor funcionamento. As informações produzidas devem ser utilizadas para apoiar o processo de decisão no contexto ambiental regional. A presente pesquisa utiliza o *software* Umberto.

1.6 Software Umberto

O *software* Umberto é um programa de administração ambiental que modela e calcula o fluxo líquido de materiais e energia, e visualiza por meio de gráficos e ou tabelas, os estudos de Avaliação do Ciclo de Vida. Sendo um dos principais softwares de gestão ambiental na Europa. Utilizado por indústrias, universidades, empresas de consultoria e institutos de pesquisa UMBERTO (2008). Com essa ferramenta computacional é possível identificar a interdependência entre os processos e as oportunidades de economia de recursos e energia no plano de uma empresa de gestão ambiental. Os resultados podem ser apresentados através do diagrama de *Sankey*. Esse diagrama é um fluxograma de materiais, onde a quantidade de fluxo é representada por setas com largura proporcional à sua massa ou energia.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

É propor o desenvolvimento da rede de fluxo de materiais e energia, envolvendo desde a extração da matéria prima, manufatura, manutenção até vinte anos de uso, demolição até o beneficiamento dos RCD (Figura 2). Isso para a quantificação da “pegada de carbono” em um metro quadrado de parede para uma habitação do tipo RPIQ (ABNT 12721.2006). O parâmetro utilizado para determinação dos períodos de manutenção de vinte anos é baseado na norma Inglesa BS 7543.

2.2 Objetivo específico

Identificar os componentes do sistema; desenvolver o cenário do bloco com RCD; comparar os cenários do bloco com RCD com o do bloco de concreto.

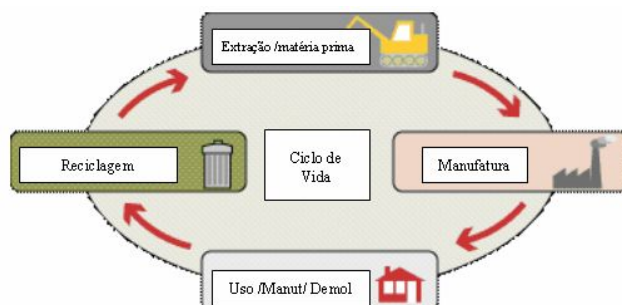


Figura 2 – Ciclo de vida para 1m² de parede com blocos de RCD e bloco de concreto

3 METODOLOGIA

3.1 Composição da ACV

Para a aplicação da ACV é necessária a definição do escopo: a finalidade, o destino, os dados utilizados. O escopo aborda a função do sistema, a unidade funcional, os limites do sistema, e qualidade dos dados. Soma-se a quantificação de dados, geração de inventário, análise dos resultados e avaliação de impacto.

3.2 Aplicação da ACV

Conforme composição da ACV o estudo abrange os blocos que exercem a função de vedação interna de ambientes em uma dada edificação do tipo RPIQ. A unidade funcional do sistema é de 1 m² de parede. Sobre a qualidade dos dados, sua representatividade, integridade e consistência, esses registros em grande parte foram coletados através de um estudo de caso auxiliado por revisão bibliográfica, entrevista com o pessoal da indústria de bloco de concreto e da usina de beneficiamento dos RCD em Belo Horizonte/ MG. A partir disso, os dados foram organizados em formulário específico, segundo Chehebe (1998). Estas informações foram utilizadas para montar a cadeia de produção desses materiais. As observações e coleta desses dados ocorreram durante o período de um ano, conforme Vigon *et.al* (1993), relativo ao ano de 2008.

Os processos de produção dos referidos blocos com RCD e de concreto são semelhantes. O último dado desta investigação está diretamente relacionado com o estudo de caso. Soma-se a isso, a criação do cenário da manufatura do bloco de concreto. Por se tratar de uma pesquisa em curso, quanto aos demais processos, assentamentos, revestimentos, acabamentos, manutenção da edificação em vinte anos de uso, demolição e a criação da rede são objetos de estudo futuros. As recomendações para a fase de utilização e de manutenção são elaboradas a partir de Svoboda (1995).

Como coberturas geográficas estão à região Sul e Sudeste do Brasil. Quanto à cobertura tecnológica, abrange a produção semi-artesanal. A precisão do estudo retrata cálculos estimativos utilizados quando não há a possibilidade de aferir com precisão ou certeza a origem da informação e/ ou dado. Quanto aos fatores de emissão do diesel em motores a combustão, presentes em veículos de transporte de carga, esta pesquisa considera as diretrizes conforme Prado (2007) e Brasil (2006) expresso no primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa – relatório de referência – 2006. Sendo estes dados lançados no *software* Umberto.

O período total proposto de análise do sistema é de vinte anos. Trata-se de um período em curto prazo para as emissões de carbono através do impacto GWP (*global warming potential*). Isso evita as possíveis incertezas crescentes relacionadas com a GWP (Ferreira, 2004). O parâmetro utilizado para determinação dos períodos de manutenção de vinte anos, o qual foi é baseado na norma Inglesa BS 7543, sendo esta um guia para a durabilidade dos edifícios e elementos de construção civil, produtos e componentes. Ponderou-se a partir dos resultados de estudos de caso em quarenta e quatro edifícios em São Paulo (Pereira *et al.*, 2003), e por observação dos edifícios da cidade de Belo Horizonte. No Brasil as atividades de manutenção, em especial nas edificações residenciais, não são registrados dados específicos, segundo Surgelas (2009).

Quanto aos limites, esses são considerados necessários, para a garantia do estudo, Guiné (2002). No caso da não observância desses limites, corre-se o risco de adicionar complexidade e despesas ao sistema, o que dificultará a conclusão e a análise técnica desta ACV, conforme Ferreira (2004). Tendo em vista a grandeza de um inventário de ACV decidiu-se por escolher os principais produtos e materiais envolvidos no sistema. Essas fronteiras foram definidas a partir da extração, manufatura, uso e manutenção até a etapa de 20 anos de uso, demolição e reciclagem. A linha tracejada demarca o limite do sistema, dentro desse espaço configuram-se os processos a serem estudados na pesquisa, conforme ilustra a Figura 3.

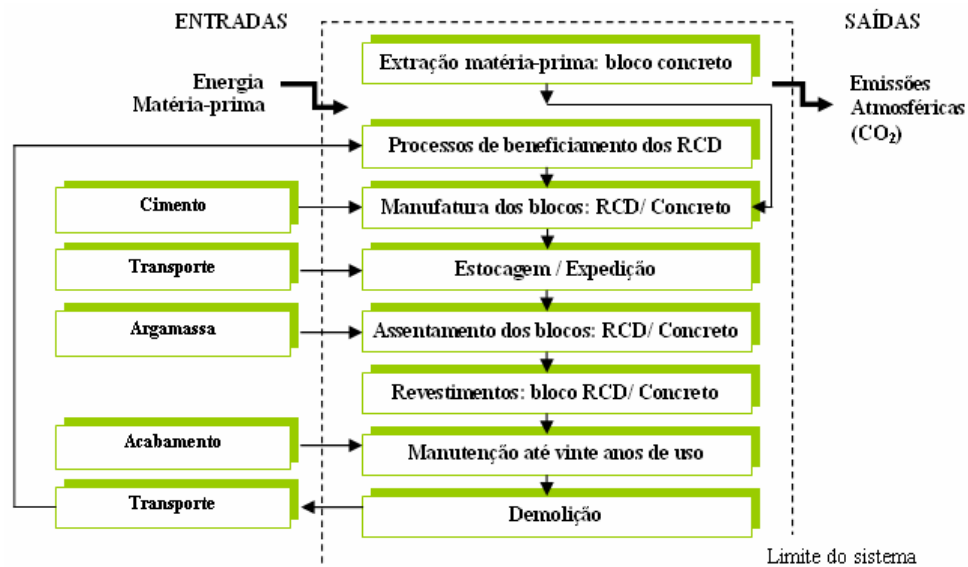


Figura 3 – Limites do sistema.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1 Utilização do *software* Umberto

Os componentes de materiais do ciclo de vida dos agentes envolvidos neste estudo foram inseridos no *Software* Umberto, explicitando a unidade para cada tipo de material, separados em grupos (pastas de Umberto). Estas pastas de trabalho foram criadas para a energia, emissões, matéria prima, suprimento, e outras. Na sequência, estão apresentados os resultados parciais do estudo. Foram criados dois cenários distintos, o cenário preliminar da manufatura do bloco de concreto (Figura 4) o cenário da manufatura do bloco com RCD (Figura 5). O diagrama de fluxo da rede foi montado para o cenário do bloco com RCD.

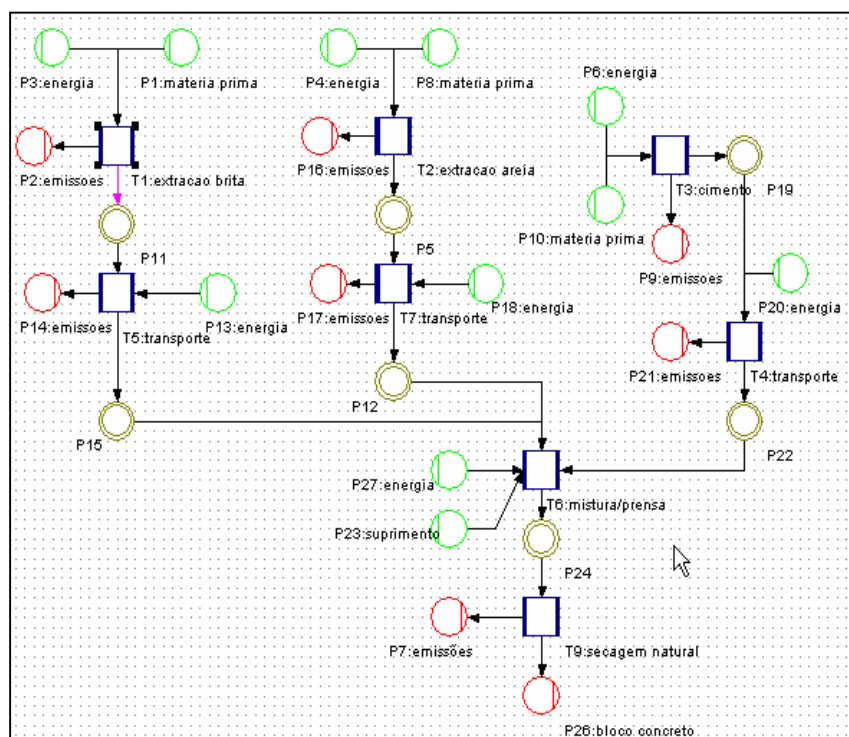


Figura 4 – Cenário da manufatura do bloco de concreto

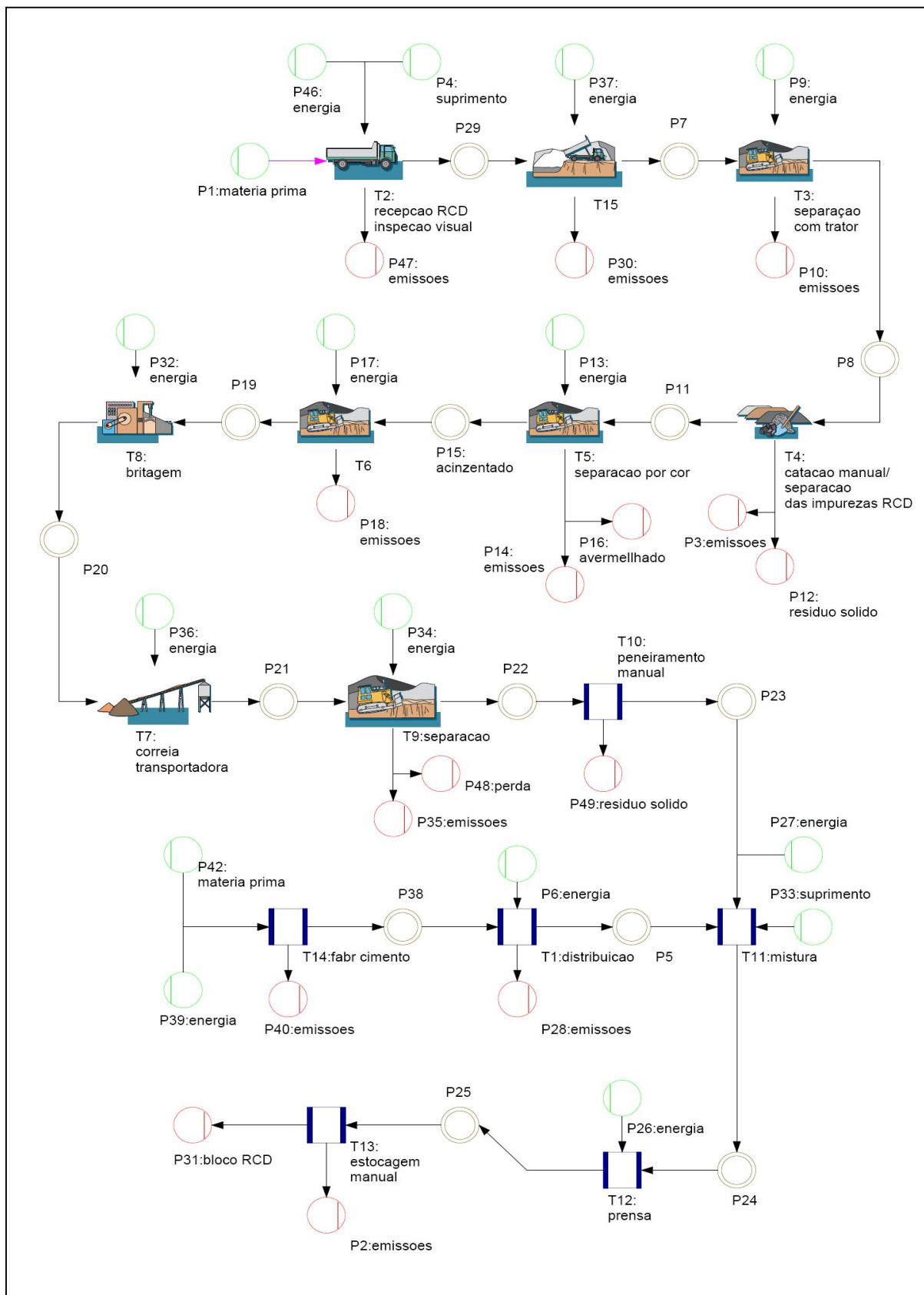


Figura 5 – Cenário beneficiamento/ manufatura do bloco com RCD

Os inventários dos processos de beneficiamento dos RCD e manufatura do bloco de RCD foram gerados. Para uma melhor visualização, o diagrama de Sankey é utilizado (Figura 6), com uma carta

representado o fluxo de materiais e as quantidades de fluxo são indicados por setas com largura proporcional a sua massa ou energia.

Nesta primeira aproximação, considerou-se a realidade fabril da usina do Estoril em Belo Horizonte/MG no ano de 2008. Isso foi possível por ter obtido os dados globais de beneficiamento dos RCD durante um ano ininterrupto dessa usina, do número de viagens recebidas dos RCD, das horas trabalhadas da planta fabril, do volume processado em cada etapa, do consumo de água, de energia dos equipamentos elétricos, de combustível e de cimento incorporado ao bloco com RCD.

Desse total de RCD recebidos, o resíduo de cor avermelhada foi desconsiderada e o de cor acinzentado foi aproveitado em parte para a manufatura do bloco com RCD, sendo uma parcela desses RCD acinzentado estocada para outros fins e portanto não considerados neste estudo, assim como o resíduo descartado após peneira.

A partir do emprego da logística reversa e unidade funcional se obteve as percentagens proporcionais em cada processo, desde a fabricação do bloco com RCD até a entrada de matéria prima na recepção da usina de reciclagem dos RCD. Os processos relevantes para o cálculo das porcentagens equivalentes de entradas e saídas de materiais, energia e emissões foram o T10 (peneiramento manual), T9 (separação dos RCD), T5 (separação dos RCD pela cor) e T4 (catação manual dos RCD). Estes processos identificaram os RCD que realmente seguiram para a etapa seguinte, assim como os RCD que ficaram retidos no processo como resíduo/ perda.

A partir disso esclarece-se que a quantidade calculada entre os processos T10 (peneiramento manual) até o T2 (recepção RCD inspeção visual) é proporcional à quantidade obtida a partir dos insumos presentes no processo T11 (mistura) da composição de RCD. Sendo este, o ponto de partida para aplicação do processo reverso de análise. O procedimento de cálculo encontra-se descrito em Surgelas (2010).

Assim constatou-se a necessidade de aproximadamente 5.621 kg de RCD para produzir 1 m² de blocos com RCD ou o equivalente a 114,71 kg/m² de blocos. O diagrama *Sankey* ilustra uma grande concentração de material “RCD” nas primeiras fases do beneficiamento desses RCD. Isso ocorreu, em grande parte devido ao processo de segregação do material por parte da usina, ao restrito parque fabril semi-artesanal da manufatura do bloco com RCD, e da destinação dos RCD para outros fins não objeto deste estudo, identificado no processo T5 – separação por cor (Figura 6). A emissão de CO₂ resultou em uma “pegada de carbono” de aproximadamente 29 kg/m² de CO₂, o equivalente a aproximadamente 44,46% das emissões consideradas neste estudo (Surgelas, 2010).

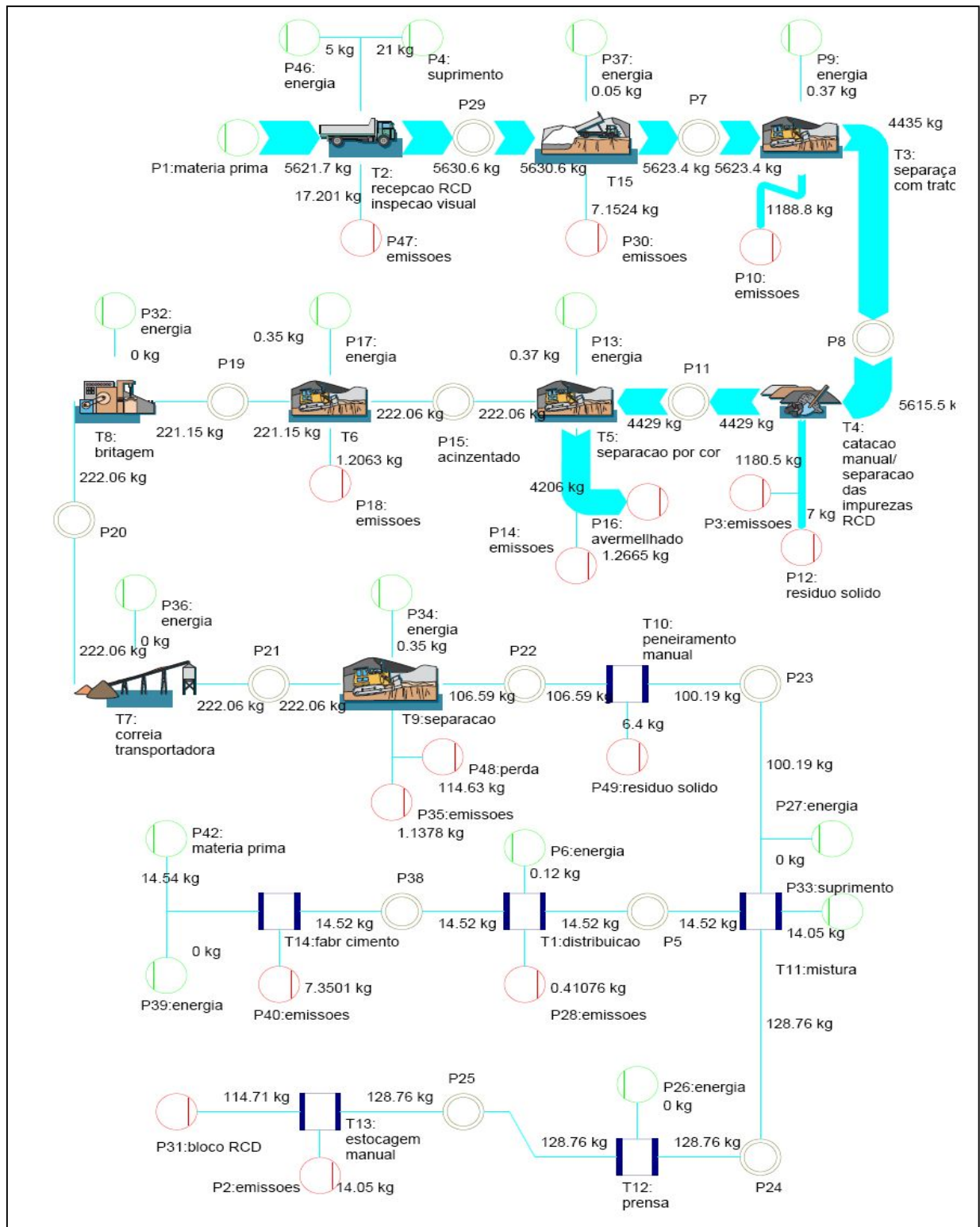


Figura 6 – Diagrama Sankey do beneficiamento dos RCD e manufatura do bloco de RCD – fluxo de material

5 CONCLUSÃO E EXPECTATIVAS

Esta é uma investigação em curso. O resultado obtido neste trabalho servirá de base para o desenvolvimento da rede de fluxo de materiais e energia para criação de um ciclo fechado de um sistema construtivo. Outros cenários deverão ser criados para geração de inventário para a identificação e quantificação da “pegada do carbono”, quanto às emissões de CO₂ de 1 m² de parede,

com o uso da ferramenta computacional *software* Umberto. Estes resultados devem ser úteis na identificação de alternativas de construção e de tecnologia, com reduzido impacto ambiental, bem como as fases essenciais de cada alternativa. O que se verificaria para uma produção mais limpa. A unidade definida para massa, é o kg e para a energia kWh. Os processos serão caracterizados por uma estrutura gráfica organizada em rede. A rede é uma interconectividade produtiva entre processos de um sistema.

Alguns processos produtivos, como exemplo a manufatura de argamassa, cimento, acabamento, manutenção, demolição. Esses serão agrupados em redes separadas denominadas de sub-redes, armazenadas no Umberto em diferentes *layers* de um dado cenário. Trata-se de um recurso de refinamento da rede, o que possibilitará a modelagem da rede de fluxo em diferentes níveis hierárquicos e melhor análise dos processos, flexibilidade de inserção e alteração de dados futuros.

Quanto à utilização dos resultados obtidos, esses resultados parciais podem ser utilizados para fins de informação do produto, a nível operacional, tática e estratégica, conforme Ferreira (2004). Quanto ao tipo de audiência que se pretende dar aos resultados parciais estão os encontros técnicos, revistas técnicas, congressos, periódicos, entre outros relacionados à academia. Entre o público alvo estão os envolvidos na tomada de decisão, engenheiros, arquitetos, administradores, pesquisadores das áreas de engenharia, meio ambiente, mudança climática, entre outros pesquisadores.

6 REFERÊNCIAS

ANGULO, S.C *et al.* **Construction and demolition waste, its variability and recycling in Brazil**. In: *Sustainable buildings* 2002. Oslo, Noruega. 2002.

ANGULO, S. C.; ULSEN C.; KAHN H.; JOHN V.M. **Desenvolvimento de novos mercados para a reciclagem massiva de RCD**. V Seminário Desenvolvimento sustentável e a reciclagem na construção civil. CT 206 – IBRACON. São Paulo. 2003. Disponível em <<http://www.reciclagem.pcc.usp.br/ftp/NOVOS%20MERCADOS%20RCD%20II.pdf>>. Acesso em 03 Mar 09.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT 12721: **Avaliação de custos unitários e preparo de orçamento de construção para incorporação de edifícios em condomínio – procedimento**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, Brasil, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT 14040. NBR ISO 14040: **Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – princípios e estrutura**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, Brasil, 2009.

BRASIL – MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA (MCT). **Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa – relatório de referência – 2006**. Disponível em <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/17349.html>> acesso em 08 fev 2009.

CALLISTER JR, W. D. **Materials Science and Engineering an Introduction** – 5 edição. Editora LTC. 2006.

CHEHEBE, J. R. **Análise do Ciclo de Vida de produtos: Ferramenta gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: CNI, 1998.

CYBIS, L. F.; SANTOS, C.V.J., artigo: **Análise do Ciclo de Vida (ACV) aplicada à indústria da construção civil** – estudo de caso. In: XXVII Congresso interamericano de engenharia sanitária e ambiental, 2000. Porto Alegre. Disponível em <<http://www.ingenieroambiental.com/info/ciclodevida.pdf>> Acesso em 21 Dez 2008.

DOSHO Y. **Sustainable concrete waste recycling**. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers Construction Materials* 161 Issue CM2 Pages 47–62 doi: 10.1680/coma.2008.161.2.47. May 2008.

EEA EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **Methodological framework**, 2004. Disponível em <<http://www.itylland.sdu.dk/~rl/EnergieUmw/eea/methfram.pdf>> Acesso em: 17 mar 2008.

EU. **Carbon Footprint – what it is and how to measure it**. European Platform on Life Cycle Assessment European Commission. JRC, Institute for Environment and Sustainability, 2007.

- FERREIRA, J. V. R. **Análise de Ciclo de Vida de Produtos**. Instituto Técnico de Viseu. 2004. 80 p.
- GUINE, J.B., *et al.* **Handbook on Life Cycle Assessment – Operational Guide to the ISO Standards**. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht/ Boston/ London. 2002.
- HENDRIKS, C. F.; HIJCKER, A. A.; VANKOPPEN, A. E. **O ciclo da construção**. Ed. UNB. 2007. 250 p.
- JOHN, V. M.; ROCHA, J. C.; SAVASTANO, H.; CINCOTO, M. A. **Workshop sobre Utilização de Resíduos na Construção Civil**. São Paulo: Editora ANTAC, 1997. 160 p.
- JOHN, V. M. **Desenvolvimento sustentável e reciclagem de resíduos**. Seminário de construção sustentável da Fundação Getúlio Vargas (FGV). São Paulo, 21 jun 2005. Disponível em <<http://www.ces.fgsp/arquivos/moacyrjohn.pdf>> Acesso em nov 2008.
- MASTELLA, D. V. **Comparação entre os processos de produção de blocos cerâmicos e de concreto para alvenaria estrutural, através da análise do ciclo de vida**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002. 107p.
- METHA, P. K.; MONTEIRO, P.J.M. **Concreto: estrutura, propriedades e materiais**. São Paulo: PINI, 1994, 573 p.
- MULDER E. **Closed Cycle Construction: An integrated process for the separation and reuse of C&D Waste**. Waste Management. USA. 2007.
- PEREIRA, F. N. J. C. *et al.* **A pintura na manutenção de edifícios**. Trabalho apresentado n. pe 01. XII COBREAP – Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícia. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2003.
- PRADO, M.R. **Análise do inventário do ciclo de vida de embalagens de vidro, alumínio e PET utilizadas em uma indústria de refrigerantes no Brasil**. Tese (doutorado) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos. Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, 2007. Disponível em: <http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/1884/8804/1/TESE_MarceloRealPrado.pdf> Acesso em jul.2008.
- RESOLUÇÃO CONAMA Nº 307, DE 05 DE JULHO DE 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Publicada no DOU de 17 de julho de 2002.
- SANTOS, L. D. R. **Influência da utilização de agregados de resíduos da construção e demolição nos parâmetros de absorção e resistência mecânica de blocos de concreto**. CEFET MG. 2007.
- SILVA, V. G.; SILVA, M. G.; AGOPYAN, V. **Avaliação de edifícios no Brasil: da avaliação ambiental para avaliação de sustentabilidade**. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, ISSN 1415-8876, Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 3, n. 3, p. 7-18, jul./set. 2003.
- SOARES, S.R., PEREIRA, S.W., Breitenbach, F.E. **Análise do Ciclo de Vida de produtos cerâmicos da indústria da construção civil**. *Proceedings of XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, Cancun, México, 21 al 31 octubre 2002.
- SOUTSOS, M.; MILLARD, S.; BUNGEY, J.; JONES, N.; TICKELL, J.; GRADWELL, J. **Recycling demolition waste in building blocks**. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers Engineering Sustainability 157 September 2004 Issue ES3 Pages 139-148. Paper 13760*. 2005.
- STACHERA JUNIOR, T. **Avaliação de emissões de CO₂ na construção civil: um estudo de caso da habitação de interesse social no Paraná**. Dissertação (mestrado), UTFPR, Curitiba, PR, 2006.
- SURGELAS, F. M. A. **Inventário do ciclo de vida do revestimento cerâmico e da pintura externa**. Dissertação (mestrado), CEFET, MG, 2009. 186 p.
- SURGELAS, V. **Inventário do ciclo de vida dos processos de produção do bloco cerâmico e bloco de resíduos de construção e demolição RCD: estudo de caso em Belo Horizonte**. Dissertação (mestrado), CEFET, MG, 2010. 145 p.
- SVOBODA, S. **Note on Life Cycle Analysis. Environmental Management Program (CEMP). Pollution Prevention in Corporate Strategy. National Pollution Prevention Center for Higher Education. University of Michigan, mar 1995.**

TORGAL, F.P.; JALALI, S. **Construção sustentável. o caso dos materiais de construção.** Congresso Construção 2007 - 3.º Congresso Nacional 17 a 19 de Dezembro, Coimbra, Portugal, Universidade de Coimbra. 2007.

UMBERTO. *Reference list.* Disponível em <http://www.ifu.com/export/download/umberto_en/umberto_referencelist_en.pdf> Acesso em setembro 2008.

VALLE, C. E. **Qualidade ambiental: ISO 14000.** São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2006.

VIGON, B. W.; TOLLE, D. A.; CORNARY, B. W.; LATHAN, H. C. C.; HARRISON, L.; BOUGUSKI, T. L.; HUNT, R. G.; SELLERS, J. D. *Life Cycle Assessment: inventory guidelines and principles.* Environmental Protection Agency – Risk Reduction Engineering Laboratory. Cincinnati, U.S, 1993.