

## **ANÁLISE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS**

**Priscila Pasti Barbosa**<sup>1</sup>

**Taís Larissa da Silva**<sup>2</sup>

**Cristiane Galassi**<sup>3</sup>

**Sheila Luz**<sup>4</sup>

**Generoso De Angelis Neto**<sup>5</sup>

### **RESUMO**

Atualmente, a construção civil e a economia brasileira atravessam um período de crescimento e diversos segmentos industriais procuram otimizar suas produções. Assim, tendo em vista a atual tendência do setor industrial em buscar melhorias nos processos com intuito de reduzir os impactos ambientais, acredita-se que estudos de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) sejam cada vez mais necessários. Com isso, o objetivo do presente estudo foi a realização de um diagnóstico de impactos ambientais do processo de fabricação de blocos cerâmicos. Para tanto, foi utilizada a técnica ACV com o uso do software SimaPro 7.3 e os métodos IPCC (mudança climática) para 100 anos, Demanda de Energia Acumulada (CED) e RECIPE. Os resultados indicaram que o transporte de argila para a olaria e o transporte dos blocos cerâmicos prontos até o consumidor final, foram quem mais contribuíram para os impactos ambientais potenciais. Por esta razão, a substância que mais contribuiu para os impactos nas categorias analisada foi o óleo diesel.

**Palavras-chave:** Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Construção Civil. Blocos Cerâmicos.

---

<sup>1</sup> Mestre, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana-PEU, prispbarbosa@gmail.com

<sup>2</sup> Mestre, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana-PEU, taislarissa@hotmail.com

<sup>3</sup> Mestranda, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana-PEU, crisgalassi@yahoo.com.br

<sup>4</sup> Mestre, Universidade Estadual de Maringá-UEM, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana-PEU, sheilaluz\_engprod@yahoo.com.br

<sup>5</sup> Prof. Dr., Universidade Estadual de Maringá-UEM, Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana-PEU, ganeto@uem.br

## 1. INTRODUÇÃO

Os processos industriais potencialmente poluidores estão entre as atividades econômicas que mais causam a degradação ambiental. A origem e as causas da poluição são complexas e seus efeitos podem ser cumulativos e disseminados. Nos dias atuais, devido ao grande crescimento e diversificação industrial, a grande preocupação com o ambiente tem aumentado a cada dia, isto devido ao fato de que a poluição, antes pontual, agora alcança proporções variadas, passando da escala local para regional ou até mesmo global, a exemplo das chuvas ácidas, dos gases do efeito estufa e da destruição da camada de ozônio.

Os impactos ambientais oriundos das diversas fontes de poluição evidenciam a urgência de ações concretas de prevenção, controle e preservação ambiental. Assim, com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento, mas de forma sustentável, foi desenvolvida a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

Essa ferramenta de gestão ambiental permite que se avaliem os aspectos ambientais e potenciais impactos associados a um produto ou processo, analisando diversas etapas que vão desde a extração de matérias-primas da natureza, até a disposição do produto final.

Neste estudo, a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) foi utilizada para elaboração do inventário do processo de fabricação de blocos cerâmicos. O processo produtivo da cerâmica vermelha inclui os processos de mineração, preparação beneficiamento, conformação, secagem e queima, até se obter os produtos finais, os blocos prontos. O *software* SimaPro 7.3, foi utilizado para análise dos dados coletados.

Como no Brasil não há, até o momento, um inventário nacional das indústrias potencialmente poluidoras, com registro preciso de sua localização e dos poluentes por ela gerados, foi utilizada uma metodologia de estimativa e projeção de emissão de poluição, conhecida como IPPS – *Industrial Pollution Projection System*, do Banco Mundial, para complementar os dados coletados da olaria em estudo.

O presente estudo tem como objetivo identificar as emissões de poluentes atmosféricos e avaliar do ponto de vista ambiental o processo de fabricação de blocos cerâmicos.

## 2. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA (ACV)

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma estrutura holística que atualmente tem ajudado a compreender as diversas formas que um produto ou serviço pode impactar o meio ambiente (WEISBROD; HOOF, 2012).

Os primeiros estudos envolvendo ACV tiveram início durante a crise do petróleo. Do final da década de 60 ao início da década de 80, em função do boicote internacional realizado pelos países da OPEP, o preço do barril de petróleo teve um grande salto, acarretando para a economia mundial uma crise sem precedentes (CHEHEBE, 2002). Apesar do enorme enfoque destes estudos na questão energética, alguns deles chegaram a considerar vários aspectos ligados à questão ambiental, incluindo estimativas de emissões sólidas, gasosas e líquidas (JENSEN et al., 1997).

No início dos anos 90, a ACV ganhou ênfase na temática ambiental. No mesmo período, ocorreu grande impulso com relação à consciência ambiental, com a publicação das normas ISO 14.000. Posteriormente, as normas da série ISO 14.040 (2006), relativas à análise de aspectos ambientais e dos impactos potenciais associados aos ciclos de vida de produtos, foi padronizada pela SETAC – *Society of Environmental Toxicology and Chemistry* (CHEHEBE, 2002). Seguindo a padronização estabelecida foram definidos quatro componentes básicos para a realização de uma ACV: definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impacto e interpretação (SAIC, 2006).

A definição de objetivo e escopo é a etapa que define e descreve o processo ou produto, estabelecendo o contexto no qual a avaliação será realizada e identificando os limites e efeitos

ambientais a serem revistos para a avaliação. A análise do inventário identifica e quantifica as entradas e saídas do sistema. A avaliação de impacto analisa os efeitos humanos e ecológicos da utilização de energia, água, materiais e descargas ambientais identificadas na análise do inventário. Por fim, a interpretação avalia os resultados da análise do inventário (SAIC, 2006). Chehebe (2002) define que dos resultados dessa etapa podem ser tiradas as conclusões e recomendações às tomadas de decisão.

No que tange a ACV, em alguns casos verifica-se a necessidade de recursos computacionais devido a complexidade dos cálculos envolvidos, assim, neste estudo, optou-se por utilizar o banco de dados do *software* SimaPro 7.3.

O SimaPro – *System for Integrated Environmental Assessment of Products*, foi desenvolvido pela empresa Pré Consultants, uma empresa holandesa de consultoria em ACV (GOEDKOOOP et al., 2009). Lançado em 1990, é uma ferramenta profissional e flexível para coletar, analisar e acompanhar o desempenho ambiental de produtos e serviços, sendo um dos *software* mais utilizados no mundo em ACV (PRÉ CONSULTANTS, 2009).

Seguindo as normas ISO 14040 e 14044 (2006), por meio do *software* SimaPro é possível avaliar de forma integral, do ponto de vista ambiental e socioeconômico, todas as etapas do ciclo de vida de um produto ou serviço (PRÉ CONSULTANTS, 2009).

### 3. SISTEMA DE PROJEÇÃO DA POLUIÇÃO INDUSTRIAL (IPPS)

O IPPS é uma metodologia desenvolvida por técnicos do *Environment Infrastructure Agriculture Division – Policy Research Department* (PRDEI), do Banco Mundial, em 1987, para estimar o potencial poluidor em países emergentes que possuam pouco ou nenhum dado sobre poluição industrial (HETTIGE et al., 1995).

Na aplicação desta metodologia são cruzados os fatores de intensidade de poluição IPPS com os dados das indústrias. Os fatores de intensidade possuem relação direta com a classificação *International Standard Industrial Classification* (ISIC). Esta classificação internacional é compatibilizada com a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE). O IPPS possui coeficientes de intensidade de emissão de poluentes para os meios: água, ar e solo, no qual cada um desses meios possuem parâmetros de poluição determinados (COSTA; FERREIRA; NEVES, 2011).

### 4. PROCESSO PRODUTIVO DE BLOCOS CERÂMICOS

Os blocos cerâmicos deste estudo são blocos de cerâmica vermelha porosa. A cerâmica vermelha compreende todos os produtos feitos com matérias-primas argilosas, que após a queima apresentam coloração avermelhada. Desta forma, a argila é a principal matéria-prima utilizada na produção da cerâmica vermelha (MINEROPAR, 2000).

As atividades de uma olaria tem início na lavra da matéria-prima, no qual são formados pequenos montes de argila para serem misturados e homogeneizados por equipamentos como retroescavadeiras e pá carregadeiras, para em seguida serem transportados para o caixão alimentador, onde se dará início a produção dos blocos cerâmicos.

O caixão alimentador realiza a dosagem necessária para alimentar a linha de produção, em seguida a matéria-prima passa pelo destorroador, com intuito de se quebrar todos os torrões de argila. Após o material ser homogeneizado, este segue para o laminador que completa a mistura e é responsável pelo adensamento, eliminando bolhas de ar ou aglomerados remanescentes, antes de ser levada a extrusora. A extrusora ou maromba, como também é conhecida, é responsável por dar o formato ao produto, nela a massa de argila é impulsionada, por meio de um propulsor, lançando-a dentro de uma câmara de vácuo, no qual o ar é retirado e o material é extraído mediante uma matriz de aço, conhecida como boquilha, conformando a massa no formato desejado.

Após este processo e realizado o corte dos blocos cerâmicos e estes são postos para secagem, que pode ser realizada de forma natural ou forçada, artificial ou mista. O processo de secagem é uma das operações mais importantes da fabricação de produtos cerâmicos, pois a secagem demasiadamente rápida causa retração diferencial, acarretando em trincas e rachaduras nos blocos (MINEROPAR, 1997).

Depois de secos os blocos são transportados para o forno, onde são queimados a temperaturas variantes entre 750° a 1000° C. O forno da olaria estudada é alimentado por lenha e bagaço de cana de açúcar. Em seguida os blocos são resfriados e desenformados, e estão aptos para comercialização e uso (MINEROPAR, 2000).

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) utilizada neste estudo tem como base os princípios definidos pelas normas ISO 14040 e ISO 14044 (2006).

Este estudo foi realizado em uma olaria do município de Japurá – PR, no qual foram coletados os dados necessários para o estudo.

As emissões oriundas do processo de fabricação dos blocos cerâmicos foram calculadas pelo método IPPS.

Para a realização desta ACV verificou-se a necessidade do uso de recursos computacionais, desta forma, foi utilizado o *software* SimaPro 7.3, que permite relacionar os dados a diferentes categorias de impacto.

## 6. APLICAÇÃO DA ACV NO ESTUDO DE CASO

A metodologia adotada consiste em quatro fases para a conclusão da ACV: definição do escopo, realização do inventário, análise dos impactos e interpretação dos resultados.

### 6.1 Definição do objetivo e escopo do projeto

O objetivo deste estudo é avaliar do ponto de vista ambiental o processo de fabricação de blocos cerâmicos. A unidade funcional (u.f.) do estudo foi de 1 kg de bloco cerâmico produzido. Os dados relativos ao processo de fabricação dos blocos foram obtidos por meio de relatórios de produção da olaria em estudo. Os dados referentes às emissões do processo foram calculados pela metodologia do IPPS.

O cálculo do potencial poluidor industrial é a razão entre o coeficiente de intensidade de poluição do IPPS e uma medida da atividade industrial. Essa medida pode ser o valor de produção industrial ou o número de empregados. Neste estudo optou-se pelo número de empregados.

Para o cálculo dos coeficientes de emissão de poluentes do IPPS atribuídos para indústria brasileira, foi necessário efetuar a correspondência entre os dois sistemas de classificação: ISIC e CNAE. A correspondência entre os dois sistemas foi obtida por meio do agrupamento de todas as indústrias de acordo com a classificação resumida da CNAE 1.0, obtida de Moreno (2005). Neste estudo, para a Descrição da Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE), encontrou-se a correspondência de número 2641 (Fabricação de produtos cerâmicos não refratários para uso estrutural na construção civil) e sua correspondente na ISIC Revisão 2, de número 3961.

Os indicadores ou parâmetros de poluição do ar utilizados no estudo foram: emissões de dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>), particulados finos (PM<sub>2,5</sub>), particulados finos (PM<sub>10</sub>) e compostos orgânicos voláteis (COV), medidos em t/ano.

Para o inventário utilizou-se os dados da tabela 1, convertidos em toneladas/ 26 funcionários/ mês.

**Tabela 1 – Coeficiente de intensidade IPPS para poluentes do ar em libras/1000 empregados/ano**

CNAE	ISIC	AR					
		MP <sub>10</sub>	MP <sub>2,5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	COV	NO <sub>2</sub>
2641	3691	396.671,62	1.946.567,61	256.641,90	589.063,89	201.485,88	2.479.762,26

Fonte: MORENO, 2005.

## 6.2 Realização do Inventário

O inventário do processo de fabricação dos blocos cerâmicos inclui as etapas de preparação da matéria-prima, mistura, extrusão, corte, secagem, queima e carregamento. Além do consumo de energia, água, transporte e emissões atmosféricas. A produção da olaria em estudo é de 500.000 blocos cerâmicos por mês, a olaria trabalha com 26 funcionários e utiliza lenha e bagaço de cana de açúcar para alimentar o forno que realiza a queima dos blocos cerâmicos (Tabela 2 e Tabela 3).

**Tabela 2 - Dados coletados e utilizados para o inventário**

Dados coletados	Quantidade mensal	Quantidade para 1kg de bloco
Consumo de energia elétrica	60.976 kWh	0,04067 kWh
Consumo de água na olaria	450 m <sup>3</sup>	0,0003 m <sup>3</sup>
Consumo de óleo diesel	9.000 litros	-----
Distância percorrida pelos caminhões	2.250 km	-----
Argila	1.050 toneladas	0,7 kg
Lenha	250 m <sup>3</sup>	0,0001666 m <sup>3</sup>
Bagaço de cana	600 toneladas	0,0004 toneladas

Fonte: Relatório de produção da olaria em estudo, 2012.

**Tabela 3 – Coeficiente de intensidade para poluentes do ar para 1kg de bloco cerâmico em quilogramas/ 26 empregados/ mês**

CNAE	ISIC	AR					
		PM <sub>10</sub>	PM <sub>2,5</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	COV	NO <sub>2</sub>
2641	3691	0.0002599	0.0012754	0.0001681	0.0003859	0.0001320	0.0016247

Fonte: MORENO, 2005

Para o cálculo do transporte admitiu-se 1 tonelada ao longo de 1 km, chegando-se ao valor de 2,25 tkm, como mostra a Fórmula 1.

$$\text{Fator de Transporte} = \frac{1 \text{ tonelada}}{1000 \text{ quilos}} \times 2.250 \text{ km} = 2,25 \text{ tkm} \quad (1)$$

## 6.3 Análise do Impacto

Para a realização da análise do inventário do ciclo de vida foram utilizados os métodos: IPCC 2007 (Mudança Climática), Demanda de Energia Acumulada (CED) e RECIPE MIDPOINT (E).

No método CED foram analisadas as categorias de energia não renovável – fóssil, energia renovável – biomassa e energia renovável – água. Para o método RECIPE foram analisadas as categorias: Formação de oxidante fotoquímico, formação de material particulado, acidificação terrestre, ecotoxicidade terrestre, ecotoxicidade de água doce, depleção de metais e depleção fóssil.

A partir dos dados do inventário realizado para produção de 1 kg de bloco cerâmico, gerou-se com o auxílio do SimaPro as Tabelas 4, 5 e 6 com as contribuições de cada componente para potencialidades de impacto em cada método estudado.

**Tabela 4 – Contribuição de impacto: Método IPCC (Mudança Climática) para 100 anos**

Categoria de impacto	Unidade	Total	Processo de Fabricação de Blocos Cerâmicos	Eletricidade	Transporte	Argila	Lenha	Bagaço de cana
IPCC GWP 100a	kg CO <sub>2</sub> eq	0,6219	0,0156	0,0216	0,5777	0,0020	0,0005	0,0044

Fonte: SimaPro 7.3

**Tabela 5 – Contribuições de impacto: Método CED – Demanda de Energia Acumulada**

	Unidade	Não Renovável - fóssil	Renovável - biomassa	Renovável - água
Eletricidade	MJ	0,2624	0,0057	0,0195
Transporte	MJ	8,9431	0,0228	0,1657
Argila	MJ	0,0301	2,5662E <sup>-05</sup>	8,0724E <sup>-05</sup>
Lenha	MJ	0,0066	0,6314	0,0003
Bagaço de cana	MJ	0,0384	0,8499	0,0007

Fonte: SimaPro 7.3

**Tabela 6 – Contribuições de impacto: Método RECIPE**

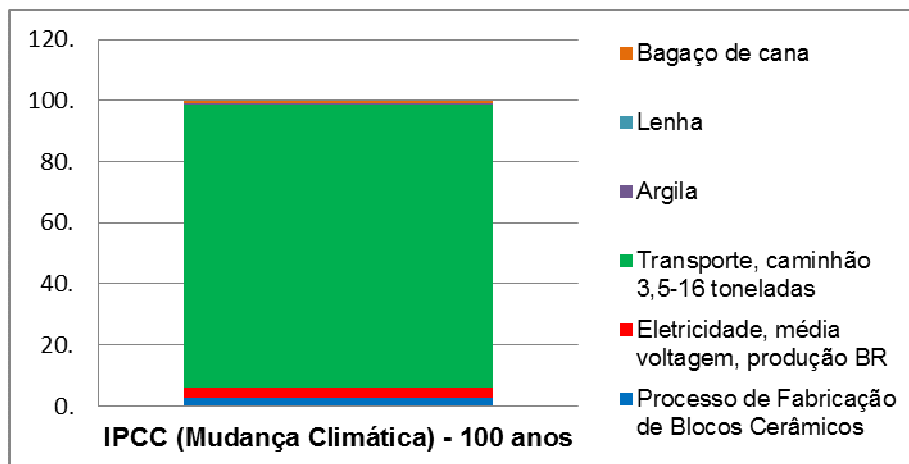
Categoria de impacto	Unidade	Processo de Fabricação dos Blocos	Eletricidade	Transporte	Argila	Lenha	Bagaço de cana
Formação de oxidantes fotoquímicos	kg COV	0.0017	4.51E <sup>-05</sup>	0.0055	2.83E <sup>-05</sup>	3.23E <sup>-06</sup>	0.0002
Formação de material particulado	kg PM <sub>10</sub>	0.0019	2.84E <sup>-05</sup>	0.0014	8.35E <sup>-06</sup>	9.27E <sup>-07</sup>	2.64E <sup>-05</sup>
Acidificação Terrestre	kg SO <sub>2</sub>	0.0013	9.54E <sup>-05</sup>	0.0038	2.02E <sup>-05</sup>	2.71E <sup>-06</sup>	8.47E <sup>-05</sup>
Ecotoxicidade Terrestre	kg 1,4-DB	-----	1.19E <sup>-05</sup>	0.0013	8.39E <sup>-07</sup>	3.69E <sup>-07</sup>	0.0001
Ecotoxicidade de água doce	kg 1,4-DB	-----	0.0003	0.0017	2.96E <sup>-06</sup>	6.1E <sup>-06</sup>	0.0001
Depleção de metal	kg Fe	-----	0.0002	0.0284	5.48E <sup>-05</sup>	2.36E <sup>-05</sup>	0.0002
Depleção fóssil	kg óleo	-----	0.0062	0.2128	0.0007	0.0001	0.0009

Fonte: SimaPro 7.3

## 6.4 Interpretação dos Resultados

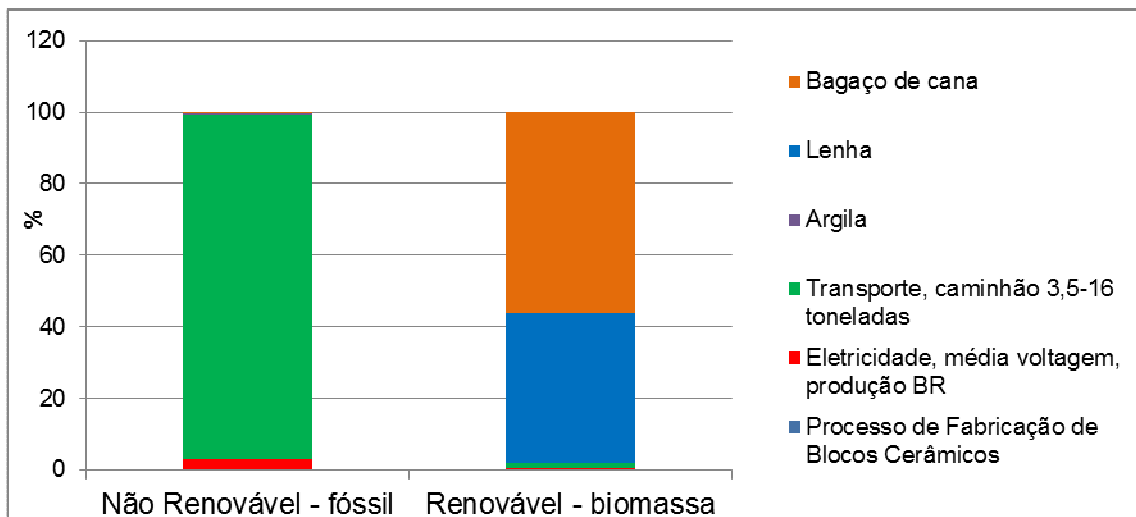
O alcance geográfico de cada categoria ambiental pode ser dividido em impactos locais, regionais e globais. Para o estudo dos impactos globais foi calculado o Potencial de Aquecimento Global (GWP – *Global Warming Potential*) pelo método IPCC (mudança climática) para um período de 100 anos. Este indicador de categoria está relacionado com as emissões crescentes de gases que provocam o efeito estufa, sendo a emissão do CO<sub>2</sub> quem apresenta maiores valores significativos de potencialidades de impacto, com um total de 0,6219 kg de CO<sub>2</sub> equivalentes para cada quilo de bloco cerâmico produzido.

De acordo com a Figura 1, a maior parte do CO<sub>2</sub> é liberado pelo transporte da argila até a olaria e o transporte dos blocos da olaria até o consumidor, isto devido a queima de óleo diesel.



**Figura 1 – Contribuição de impacto: método IPCC 100 anos**

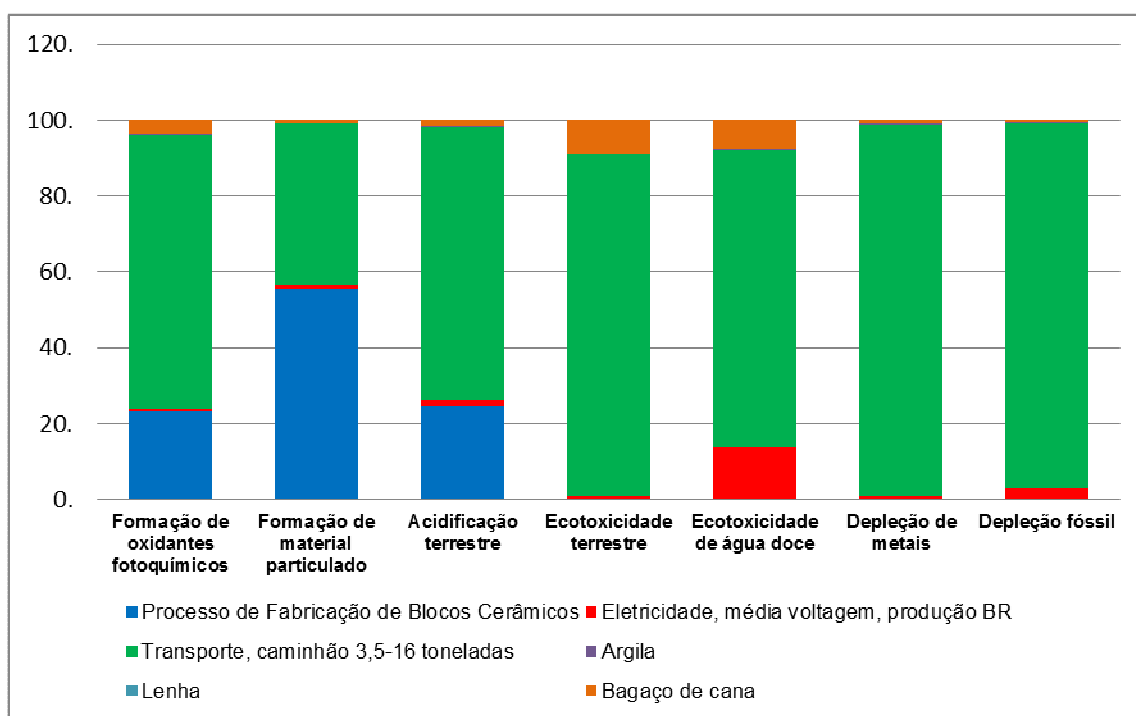
O método CED é um indicador de impacto de triagem e desempenho energético, o objetivo deste método é investigar o uso de energia em todo o ciclo de vida do estudo. As fontes de energia não renováveis são aquelas que se encontram na natureza em quantidades limitadas e se extinguem com a sua utilização. No caso da energia não renovável – fóssil, encontra-se um montante de 8,94 MJ oriundo do processo de transporte, como mostra a Figura 2. Tal impacto pode ser explicado devido ao uso de óleo diesel, combustível derivado do petróleo.



**Figura 2 – Contribuições de impacto: método CED (Demanda de Energia Acumulada)**

Os recursos energéticos renováveis na CED deste estudo, abrangem a biomassa e a água. A biomassa é utilizada na produção de energia a partir de processos como a combustão de material orgânico. Neste estudo as fontes com potencial energético considerável são resíduos de madeira (lenha) e resíduos agrícolas (bagaço de cana) usados no forno da olaria para a queima dos blocos. A lenha contribui com 0,63 MJ e o bagaço de cana com 0,84 MJ para cada quilo de bloco cerâmico produzido (Figura 2), o que equivale a 945.000MJ de lenha e 1.260.000MJ de bagaço de cana por mês, considerando a produção mensal da olaria.

O gráfico gerado pelo método RECIPE (Figura 3), apresenta as contribuições para as categorias: formação de oxidante fotoquímico, formação de material particulado, acidificação terrestre, ecotoxicidade terrestre, ecotoxicidade de água doce, depleção de metais e depleção fóssil.



**Figura 3 – Contribuições de impacto: Método RECIPE**

Referentes aos impactos regionais estão as categorias formação de oxidantes fotoquímicos e acidificação terrestre. A formação de oxidante fotoquímico é um tipo de impacto que pode receber contribuições do monóxido de carbono (CO) e de todos os compostos orgânicos voláteis (COV) capazes de reagirem com o radical hidróxido  $k(OH)$  para formar radicais peróxidos, que na presença de óxidos nitrogênio ( $NO_x$ ) e luz ultra violeta (UV) podem induzir a formação de ozônio e outros compostos reativos na troposfera. Nesta categoria a emissão de CO e COVs está associada ao processo de fabricação dos blocos, como mostra a Figura 3.

Já a acidificação terrestre é a deposição ácida, resultantes de óxidos de nitrogênio e enxofre para a atmosfera, para o solo ou para água que pode conduzir a mudanças na acidez da água e do solo, afetando a fauna e a flora. O indicador desta categoria é expresso em máxima liberação de prótons ( $H^+$ ) e o fator de caracterização é o potencial de acidificação de cada emissão (kg  $SO_2$  equivalentes/ kg de emissão). Nesta categoria o impacto está associado a emissão de óxidos de nitrogênio ( $NO_x$ ) emitidos no processo de transporte dos blocos por caminhões (0,00321 kg  $SO_2$  equivalentes).

As demais categorias são referentes a impactos locais. Em relação aos parâmetros de formação de material particulado observa-se a maior contribuição vinda das emissões do processo de fabricação. O material particulado possui uma série de substâncias químicas em forma de partículas que do ponto de vista toxicológico contribui para o aumento da incidência de doenças respiratórias e do ponto de vista ambiental, contribui para danos a vegetação e contaminação do solo. As substâncias que mais contribuem para este impacto é o dióxido de nitrogênio ( $NO_2$ ) e o material particulado (MP) menor de 10 e 2,5 micrômetros.

Com relação as categorias ecotoxicidade terrestre e de água doce, depleção de metais e depleção fóssil o transporte de argila e dos blocos cerâmicos prontos é quem apresenta maior contribuição para os impactos. A ecotoxicidade compreende os impactos de substâncias tóxicas nos ecossistemas aquáticos, terrestres e sedimentos. As substâncias que mais contribuem para o impacto são cobre e zinco (ecotoxicidade terrestre) e hidrocarbonetos aromáticos (ecotoxicidade de água doce), sendo o último, constituição básica do óleo diesel. O impacto na categoria depleção fóssil



também é referente ao uso do óleo diesel, combustível fóssil derivado do petróleo, que corresponde a 96% do impacto da categoria.

## 7. CONCLUSÕES

O objetivo deste estudo baseou-se na construção do inventário do ciclo de vida da produção de blocos cerâmicos e na análise deste inventário quanto aos impactos ambientais das emissões atmosféricas e do processo produtivo.

Dentre todas as categorias analisadas o transporte de argila e o transporte dos blocos cerâmicos prontos, foi quem mais contribuiu para os impactos ambientais potenciais, sendo o óleo diesel a substância mais encontrada nos impactos das categorias analisadas.

A queima de combustíveis fósseis em motores de combustão interna é uma das principais fontes causadoras do aumento da concentração de gases do efeito estufa (GEE) e o aumento médio da temperatura do planeta. O ciclo de vida dos combustíveis fósseis é considerado um sistema energético. Suas atividades de extração, transporte, processamento, distribuição e uso final podem acarretar significativos impactos ambientais.

Considerando os fatores de emissão de todos os poluentes as substâncias emitidas em maior quantidade foram o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), seguido do monóxido de carbono (CO), dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), material particulado (MP) e com menor emissão os compostos orgânicos voláteis (COV).

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14.040**. Gestão Ambiental – Análise do Ciclo de Vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 14.044**. Gestão Ambiental – Análise do Ciclo de Vida – Requisitos e diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

CHEHEBE, J. R. B. **Análise do Ciclo de Vida de Produtos: Ferramenta Gerencial da ISO 14000**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.

COSTA, L. C.; FERREIRA, A. P.; NEVES, E. B. Aplicação do sistema de projeção de poluição industrial (IPPS) na bacia hidrográfica da baía de Sepetiba (Rio de Janeiro, Brasil): estudo de caso. **Caderno Saúde Colet.**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 66-73, 2011.

GOEDKOOP, M.; HEIJUNGS, R.; HUIJBRETS, M.; SCHRYVER, A. D.; STRUIJS, J; ZELM, R. V. **Recipe 2008 – A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the Midpoint and the endpoint level**. Firstedition. 2009.

HETTIGE, H.; MARTIN, P.; SINGH, M.; WHELLER, D. **The Industrial Pollution Projection System**. Policy Research Department, Policy Research Working Paper, 1431, The World Bank, 1995.

JENSEN, A. A.; HOFFMAN, L.; MOLLER, B. T.; SCHMIDT, A. **Life Cycle Assessment (LCA) - A guide to approaches, experiences and information sources**. 1997. Disponível em: <<http://themes.eea.eu.in/index.php>>. Acesso em 03 ago 2012.

MINEROPAR – MINERAIS DO PARANÁ S/A. **Setor da Cerâmica Vermelha no Paraná**. Curitiba: IPARDES, 1997.

MINEROPAR – MINERAIS DO PARANÁ S/A. **Perfil da Indústria de Cerâmica no Estado do Paraná**. Curitiba: IPARDES, 2000.

MORENO, R. A. M. **Estimativa de potencial poluidor nas indústrias: O Caso do Estado do Rio de Janeiro.** 2005, 165p. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

PRÉ CONSULTANTS. **Simapro 7 – versão 7.3.** Pre consultants Amersfoort, Netherlands, 2009.

SAIC - SCIENTIFIC APPLICATIONS INTERNATIONAL CORPORATION. **Life cycle assessment: principles and practice.** Cincinnati: EPA, 2006.

WEISBROD, A. V., HOOF, G. V. LCA – measured environmental improvements in Pampers® diapers. **Journal Life Cycle Assessment**, v.17, p. 145-153, 2012.