

III-321 - DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DO TIJOLO ECOLÓGICO MODULAR A PARTIR DA REUTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Daniela Vasconcelos Zuquim Costa⁽¹⁾

Gestora Ambiental pelo Centro Universitário Unatec (MG), pós graduanda em Gestão da Economia Solidária e Desenvolvimento Sustentável pela Faculdade Milton Campos (CEFOS/MG).

Ana Paula de Freitas

Gestora Ambiental pelo Centro Universitário Unatec (MG), Técnica em Segurança do Trabalho pelo Centro de Formação Profissional Michel Michels - SENAI MG

Débora Cristina Silva

Graduando em Gestão Ambiental pelo Centro Universitário Unatec (MG).

Juliana Patrícia Oliveira Silva

Gestora Ambiental pelo Centro Universitário Unatec (MG), Técnica Química Industrial pela Fundação de Ensino de Contagem – IEC CENTEC - MG.

Marina Paschoalino Jesus

Gestora Ambiental pelo Centro Universitário Unatec (MG). Técnica Química pela CENATEC SENAI Mário Amato- São Bernardo do Campo (SP).

Endereço⁽¹⁾: Rua Vitória Magnavacca, 59/204 – Buritis - Belo Horizonte - CEP:30.455-730 - Brasil - Tel: (31) 3313-4400 email: danizuquim@yahoo.com.br

RESUMO

Desenvolvimento sustentável é hoje uma questão de sobrevivência, não só de discussão. Os resíduos sólidos urbanos são uma preocupação a parte pois, por serem inertes, não são capazes de serem absorvidos pelo meio ambiente e geram, com isso, grande impacto visual. Há ainda o problema gerado pela falta de espaço disponível para o acúmulo destes resíduos. A construção civil tem amplo espaço nesse tema, pois é um dos maiores campos de impulso da atividade econômica brasileira e um dos maiores poluidores e geradores de resíduos. O reaproveitamento dos resíduos gerados por este setor surge como solução para a minimização do problema da disposição. O uso do tijolo ecológico modular produzido através da reutilização de resíduos da construção civil tem como objetivo a redução não só dos resíduos urbanos, mas também do uso de recursos naturais não renováveis, da poluição atmosférica e do desflorestamento. Este trabalho vem apresentar o processo produtivo do tijolo ecológico modular, as vantagens do seu uso e sugerir ações de melhoria que possam servir como estratégia para o desenvolvimento sustentável do setor da construção civil. Este produto tem também como desafio evidenciar que uma tecnologia alternativa pode ser considerada a melhor forma de se construir a sustentabilidade, pois ela é a soma de todos os valores constantes desse ideal.

PALAVRAS-CHAVE: Solo-cimento; redução de impacto; otimização de processo.

INTRODUÇÃO

A construção civil é considerada um dos setores de maior fomento à economia brasileira. Um produto de destaque deste segmento é o tijolo, matéria-prima básica da maioria das construções.

Segundo a Secretaria Nacional de Habitação, o déficit habitacional no Brasil foi calculado em mais de 6.000.000 de domicílios, tendo como base Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD/IBGE 2007). Sendo assim, de um lado tem-se o crescimento da economia brasileira impulsionado pela construção civil que atende às classes A, B e C e, por outro lado, tem-se a escassez de moradias populares, ambos apontando o grande potencial mercadológico para este tipo de produto, o tijolo ecológico. Em função das características construtivas do tijolo ecológico modular, o tempo que se leva para construir uma casa popular é reduzido, pois as peças padronizadas facilitam seu processo de montagem.

De acordo com o site do SEBRAE (2010), são considerados tijolos ecológicos por permitirem a reutilização de resíduos em seu processo produtivo, evitando a degradação do meio ambiente causada pela extração da matéria-prima para sua fabricação, o que impede que florestas sejam destruídas para a obtenção de lenha. Pode-se acrescentar a economia energética como fator de vantagem ambiental da produção limpa do tijolo ecológico. Outro fator que merece destaque é que os tijolos ecológicos modulares podem ser fabricados e armazenados no local da obra. Este produto gera um excelente custo/benefício, pois além de alcançar melhor preço de mercado, o sistema construtivo dos tijolos ecológicos modulares traz para a obra de 20 até 40% de economia em relação ao sistema construtivo convencional. Um dos motivos é que não há desperdício, como neste último. “Hoje em uma obra convencional cerca de 1/3 do material vai para o lixo” (NETO, 2010).

Ainda de acordo com o mesmo autor, existem outras vantagens desta tecnologia construtiva, dentre as quais podem-se citar: reduz o tempo de obra em 30% devido aos encaixes que favorecem o alinhamento e prumo da parede; melhor distribuição da carga de peso sobre as paredes por permitir que as colunas sejam embutidas em seus furos; redução de uso de madeiras nas caixarias dos pilares e vigas em quase zero; economia de 70% de concreto e argamassa de assentamento; economia de 50% de ferro; a cura é realizada com água e sombra; maior durabilidade, pois chega a ser até 6 x mais resistente; contribui para aliviar o peso sobre a fundação, evitando gastos desnecessários com estacas mais profundas e sapatas maiores; fácil acabamento; pode-se optar por não rebocar e pintar, gerando mais economia; revestimento simples, usando-se direto sobre o tijolo apenas uma fina camada (5mm) de reboco, textura, gesso ou graffiato; o assentamento dos azulejos é direto sobre os tijolos; obra mais limpa e sem entulhos; acústica - como o tijolo ecológico possui dois furos, as paredes formam um isolamento acústico, diminuindo os ruídos provocados na rua para o interior da casa; isolamento térmico (calor) – os furos dos tijolos formam câmaras térmicas evitando que o calor que está do lado de fora penetre no interior da residência. Com isso a temperatura interna é inferior à externa; isolamento térmico (frio) – com o frio acontece ao contrário, pois a temperatura da casa fica mais quente do que a externa; proteção de umidade - esses furos também propiciam a evaporação do ar, evitando a formação de umidade nas paredes e interior da construção, que causa danos à saúde e danos materiais; instalações hidráulicas - toda a tubulação é embutida em seus furos dispensando a quebra de paredes; instalações elétricas - como as instalações hidráulicas, também são embutidas nos furos, dispensando conduítes e caixas de luz, podendo os interruptores e tomadas serem fixados diretamente sobre os tijolos; não necessita de mão de obra especializada; alinha-se automaticamente na montagem, pois sua forma geométrica é autotravante, permitindo ganhos de velocidade na execução da obra; seu aproveitamento é de praticamente 100%, pois o mesmo não quebra em virtude da elevada resistência mecânica (NETO, 2010).

Objetivo Geral

Produzir tijolo ecológico modular com alta qualidade para aplicação em vários segmentos de construção civil, com alta qualidade e baixo custo.

Objetivos Específicos

- Reaproveitar o solo (resíduo) proveniente da construção civil como matéria prima;
- Identificar os aspectos e impactos do processo produtivo para devido monitoramento;
- Otimizar o processo de produção do tijolo ecológico modular;
- Mostrar os benefícios do tijolo ecológico modular em relação ao tijolo convencional.

PROCESSO PRODUTIVO

Tijolo Convencional

Segundo John (2000 apud GRIGOLETTI, 2001, p. 15), o setor da construção civil, considerado um dos maiores da economia, é produtor dos maiores bens de consumo, sendo, portanto, o setor que mais consome recursos naturais. Deve-se, então, considerar dentro deste consumo os resíduos gerados em toda a vida útil da construção (edificação), a durabilidade das construções, a necessidade de manutenção, os desperdícios gerados devido a um mau projeto ou o uso de uma tecnologia inadequada. Além disto, este setor consome cerca de 40% de toda areia, brita e cascalho em comparação a outros setores, como matérias-primas. Sabe-se que a extração de matéria-prima pode acarretar o esgotamento dos recursos utilizados como tal, a degradação do

solo e a prejuízos da fauna e flora locais. “A seleção de produtos para construção que causem menor impacto possível sobre a natureza é uma forma de reduzir os danos causados ao ambiente natural” (JOHN, 2000 apud GRIGOLETTI, 2001, p. 15).

Para a escolha dos materiais a serem utilizados em uma construção, são utilizados critérios baseados na satisfação de fins construtivos e também estéticos. Porém, deve-se levar em conta a possibilidade de reciclagem do produto, o caráter renovável da matéria-prima, o conteúdo energético do material, entre outros (COCH et al, 1998 apud GRIGOLETTI, 2001, p.16). Para a autora, ao se considerar todas essas variantes, cria-se um novo parâmetro para a escolha de materiais, baseados nos processos naturais e nos impactos da produção e do uso destes, tornando ainda mais difícil a seleção dos mesmos. Sendo assim, para a defesa de um desenvolvimento sustentável no setor de construção civil, torna-se imprescindível a avaliação ambiental de materiais de construção.

Sobre o material de construção tijolo convencional ou tijolo de cerâmica vermelha, Grigoletti (2001) fez um estudo no qual a autora destaca alguns pontos de maior relevância de impactos ambientais negativos durante o processo produtivo do mesmo. A saber:

Recursos naturais: quanto à extração da argila como matéria-prima básica para o tijolo convencional, esta pode causar a degradação das áreas de extração e o esgotamento do recurso, uma vez que o mesmo não é renovável; e a geração de resíduos que são lançados ao solo, causando a perda de áreas para manutenção da biodiversidade, a alteração de cursos d’água e assoreamento.

Consumo energético: para a produção do tijolo convencional de cerâmica vermelha, há o uso da energia pela combustão de carvão vegetal (lenha) que é responsável pelos impactos referentes à perda de áreas para manutenção da biodiversidade, fatores estéticos e riscos à saúde.

Geração de resíduos sólidos: estes resíduos contribuem ainda mais para aumentar o impacto ambiental, por representarem um consumo de recursos naturais além do necessário, a necessidade de ocupação do solo para deposição desses resíduos e o aumento dos custos de produção.

Emissões aéreas: a produção de materiais de construção se constitui em uma importante fonte de poluição aérea. No caso do tijolo convencional, durante o seu processo produtivo através da queima de carvão vegetal, são emitidos na atmosfera SO_2 , NO_x e CO_2 , que contribuem significativamente para a ocorrência de chuva ácida e para o aumento do aquecimento global.

Produto acabado: há a geração de perdas de produto acabado com defeito (trincas, desconformidade de dimensões, quebras ou peças requeimadas), pelos mais diversos motivos, como condições de estocagem, manuseio incorreto, falta de conformidade com as normas, entre outros. Estes produtos, na maioria dos casos, são encaminhados para aterros na própria indústria.

Para uma melhor visualização e entendimento sobre o processo produtivo do tijolo convencional, é apresentado o seu fluxograma abaixo:

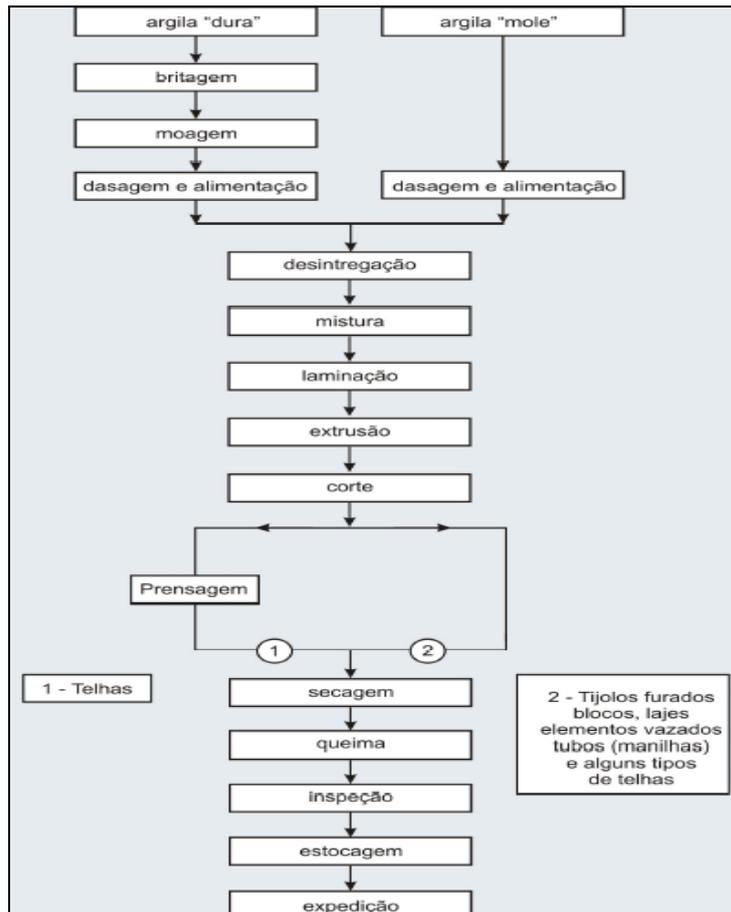


Figura 1: Fluxograma do processo convencional de produção de tijolos.

Fonte: Associação Brasileira de Cerâmica/2010

Através destas informações sobre o processo produtivo do tijolo convencional e sobre o produto em si, pode-se afirmar que o uso do mesmo traz grandes consequências negativas para o meio ambiente como um todo, o que também pode ser observado como mostra a matriz de impactos abaixo:

Tabela 1: Matriz de identificação / quantificação de aspectos e impactos ambientais.

Item	Atividade / setor	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Significância
1	Extração	Degradação do solo	Perda da qualidade do solo	Muito importante
		Águas superficiais	Redução da disponibilidade de água	Muito importante
		Emissões hídricas	Deterioração da qualidade das águas superficiais	Muito importante
			Alteração dos ecossistemas aquáticos	Muito importante
		Resíduos sólidos	Perda de qualidade do solo	Muito importante
			Contaminação do solo	Muito importante
			Deterioração da qualidade das águas superficiais	Pouco importante
Alteração dos ecossistemas aquáticos	Pouco importante			
2	Produção	Matérias primas	Redução da base de recursos	Muito importante
3	Disposição de rejeitos	Infiltração no solo	Perda de qualidade do solo	Muito importante
			Contaminação do solo	Muito importante
			Deterioração da qualidade das águas superficiais	Pouco importante
			Alteração dos ecossistemas aquáticos	Pouco importante
		Resíduos sólidos	Perda de qualidade do solo	Muito importante
			Contaminação do solo	Muito importante
			Deterioração da qualidade das águas superficiais	Pouco importante
			Alteração dos ecossistemas aquáticos	Pouco importante

Fonte: Matriz de impacto ambiental, adaptada de Sánchez (2008 apud KEMERICH, 2011, p. 147).

De acordo com DANIOTTI et al (1998 apud GRIGOLETTI, 2001, p.34),

(...) a solução do problema de desenvolvimento sustentável no setor da construção civil passa pela definição de prioridades na escolha de materiais para serem usados no projeto e na produção de componentes de edificação. A escolha e o incentivo para produção destes materiais devem levar em conta sua compatibilidade com o equilíbrio global do uso de recursos naturais. Então somente os materiais para os quais esta compatibilidade é conhecida devem ser usados.

Tijolo Ecológico Modular

O tijolo ecológico modular ou solo-cimento tem como diferencial o reaproveitamento de resíduos de outros processos e atividades que são utilizados como sua matéria-prima. Estes rejeitos são provenientes muitas vezes do próprio segmento de construção civil.

Segundo Alcântara (2005, p. 4),

“o lixo oriundo de entulhos da construção civil, embora não seja o “lixo” mais incômodo sob o ponto de vista da toxicidade, assusta pelo seu volume crescente e requer medidas imediatas. Ele é, muitas vezes, utilizado na recuperação de áreas alagadas, para aterros e reaterros ou, então, simplesmente lançado, de maneira aleatória e irregular, na beira de estradas, cursos d’água ou antigas cavas, quando não lançado em aterros sanitários. Porém, o problema reside, ainda, na escassez de áreas adequadas para a sua deposição que, com o crescimento metropolitano, vêm se tornando cada vez mais remotas”.

Dentro desta perspectiva, tal ação visa o reaproveitamento de rejeitos, a redução no uso de recursos naturais e a fabricação de um produto ecologicamente correto, minimizando ao máximo os impactos ambientais decorrentes do processo produtivo. O impacto ambiental causado por estes resíduos sólidos deve-se a interação

destes com o meio. O acúmulo e a disposição inadequada de resíduos sólidos da construção civil podem causar diversos danos ao meio ambiente, dentre eles a poluição do solo e da paisagem, além de serem estes os grandes responsáveis pela diminuição da vida útil de um aterro sanitário.

Para tanto, o fabricante poderá recolher resíduos oriundos de terraplanagem de prédios, aberturas de estradas e outros para o reaproveitamento no processo produtivo do tijolo ecológico modular.

Para a fabricação do tijolo ecológico modular são utilizadas areia e argila do solo na proporção ideal de 70% arenoso e 30% argiloso. Com essas características o solo é misturado ao cimento na proporção de sete para um (7:1) e recebe 5% de água. Seu formato pode ser compacto ou de encaixe.

Conforme descrito pelo SEBRAE (2010), o processo produtivo do tijolo ecológico modular é simples, pois não utiliza formas para fabricação dos tijolos. Para a produção do tijolo ecológico modular, são seguidas as seguintes etapas:

- Recebimento da matéria-prima proveniente das construtoras: o solo ideal para ser utilizado na produção do tijolo ecológico modular deve ser livre de matéria orgânica, pois esta altera a hidratação do cimento e a estabilização do solo como matéria-prima, comprometendo a qualidade do tijolo. É importante também avaliar a quantidade de areia e argila do solo, sendo ideal um solo composto por 30% de argila e 70% de areia. O solo arenoso requer uma quantidade menor de cimento do que o solo argiloso e siltoso. A argila é necessária para dar à mistura solo-cimento, quando umidecida e compactada, a liga suficiente para desmoldagem e manuseio do tijolo após a prensagem. Caso o solo seja muito arenoso, deve-se acrescentar argila, pois esta ajuda a fechar os poros entre as partículas de areia;
- Trituração do solo para diminuir o tamanho dos grãos: é realizada para retirar as pelotas de terra que vêm junto com o solo. Para preparar o solo, deve-se triturar os torrões de terra ou passá-los em uma peneira de 4 a 6 mm. Para explodir os torrões de terra, o triturador trabalha com lâminas em alta rotação;
- Medição de volume e/ou massa dos componentes: caso haja necessidade, o solo deverá ser novamente triturado para que se alcance uma uniformidade;
- Adição de água: depois de selecionado e beneficiado, o solo deve ter a umidade certa. Para uma perfeita compactação e resistência do tijolo ecológico modular, o solo cimento deve ter 4 a 5% de umidade. Para uma umidade uniforme, deve-se espalhar o solo no chão e pulverizá-lo com água. Em seguida mistura-se muito bem esse solo;
- Mistura manual dos componentes com o cimento: após a umidificação do solo, faz-se o acréscimo do cimento, na proporção de 7:1, como visto anteriormente. Não é recomendável fazer a mistura do solo-cimento em betoneiras;
- Alimentação das prensas e operação de prensagem: a compactação na prensa se dá em até 6 toneladas de pressão, onde fecham-se os poros expulsando o ar do interior do tijolo;
- Retirada dos moldes e colocação em mesas de transporte: a retirada dos tijolos da prensa deve ser feita com muito cuidado, assim como o acomodamento dos mesmos nas mesas de transporte e na estocagem, para que não hajam quebras ou perdas;
- Acomodação das peças em local apropriado para a secagem e estocagem: os tijolos deverão ser estocados em pilhas, não ultrapassando um (01) metro de altura. As pilhas deverão ficar imóveis no mínimo por 3 dias após a prensagem. As pilhas deverão ser feitas em locais bem nivelados para evitar o desnível, que concentra mais peso em um dos lados da pilha, o que causará o empenamento e trinca dos tijolos. Este processo de secagem, que deve ser ao abrigo da luz, leva em torno de sete dias para ser concluído, conferindo assim as propriedades requeridas para o tijolo ecológico modular. Estas propriedades, definidas em normas, são o índice de absorção de água e a resistência à compressão.

As principais fases do processo estão descritas no fluxograma a seguir:

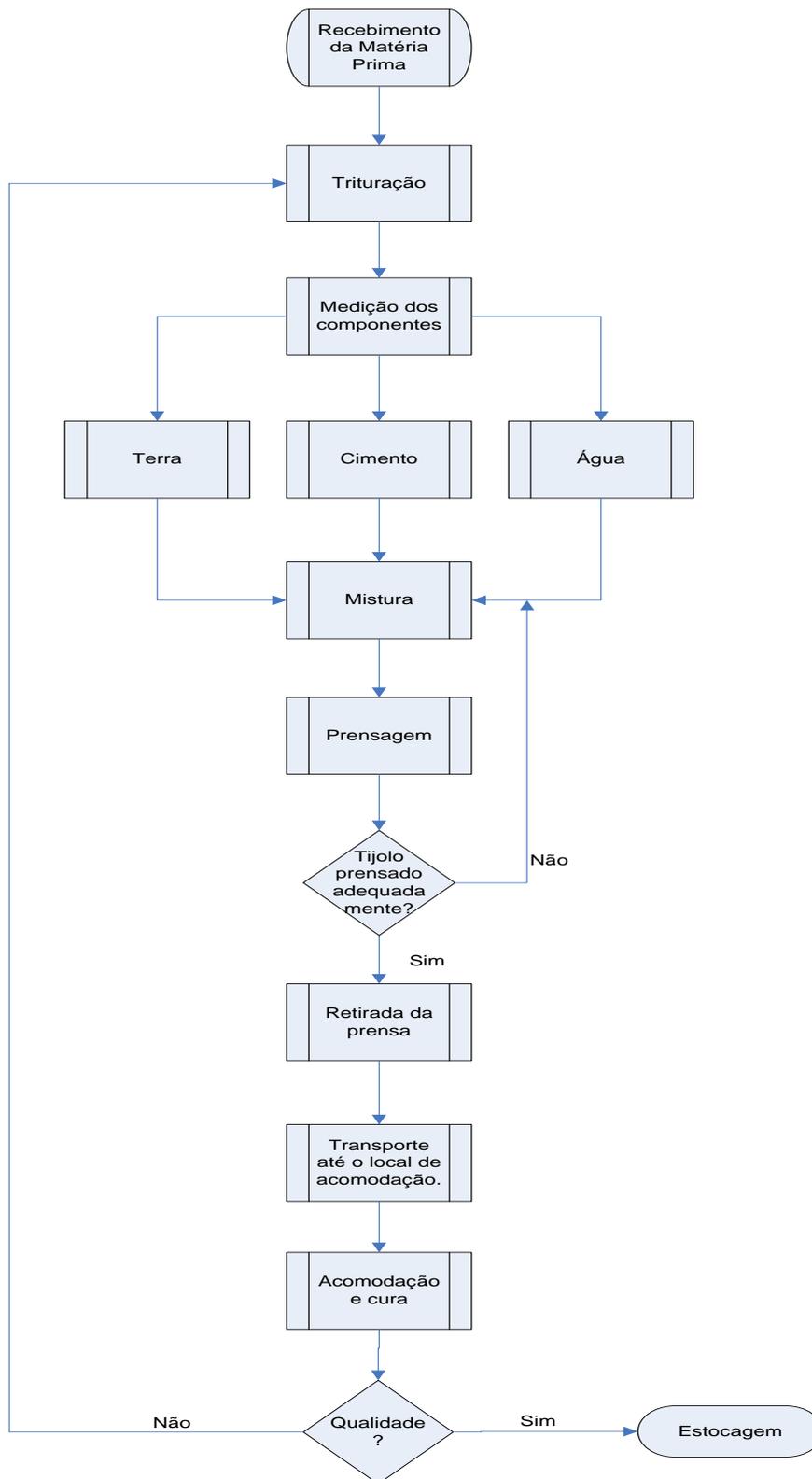


Figura 2: Fluxograma do processo de produção de tijolos ecológicos modulares

Para melhor entendimento do processo produtivo foi elaborado um fluxograma de imagens, que contém sete etapas a serem descritas abaixo:

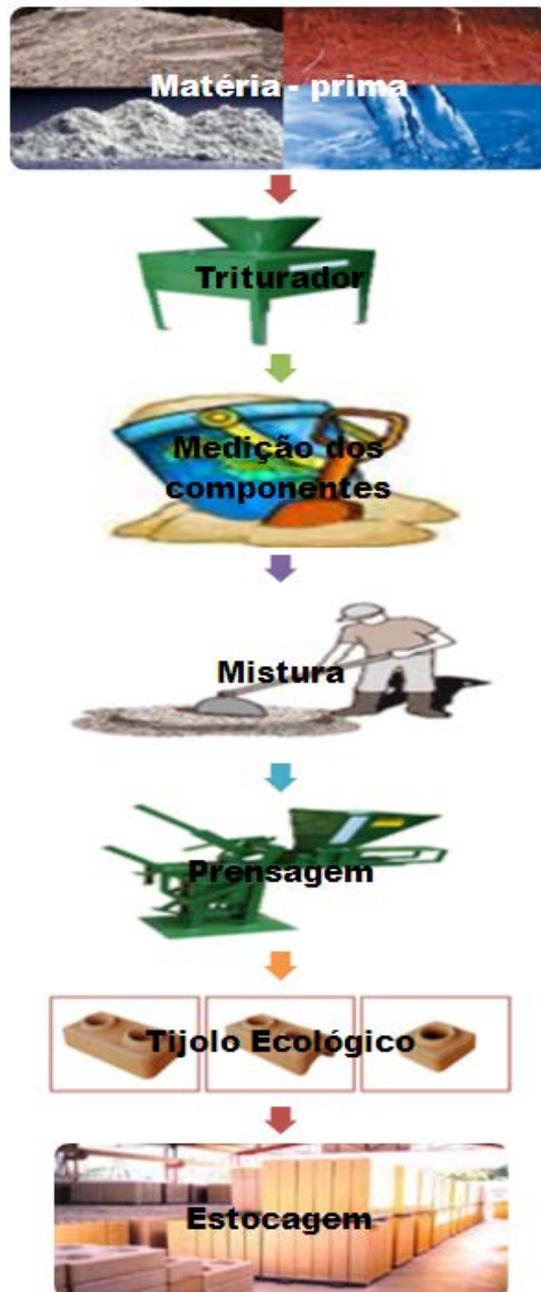


Figura 3: Fluxograma ilustrativo do processo de produção de tijolos ecológicos modulares

MATRIZ DE IMPACTO

Segundo a ABNT NBR 14001, aspecto ambiental é o elemento das atividades, produtos ou serviços do empreendimento que pode interagir com o meio-ambiente, impactando-o de maneira benéfica ou adversa. Sendo o impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio-ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetam: a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1997). A partir da matriz de identificação de aspectos e impactos ambientais, é possível pontuar em cada setor os prováveis impactos gerados no processo produtivo, definindo o seu gerenciamento e colocando em escala as prioridades a serem cumpridas. Ao determinar a significância destes impactos, atendendo aos requisitos legais e normativos, serão estabelecidos os controles operacionais e elaborados planos de emergência e de monitoramento e medição.

Tabela 2: Matriz de identificação / quantificação de aspectos e impactos ambientais.

Item	Atividade/setor	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Avaliação								Significância
				I	A	Pr	Sr	Es	De	Re	Legisl.	
01	Aquisição de matéria prima	Reaproveitamento de rejeitos de outras indústrias	Reduz a exploração dos recursos naturais (Solo).	D	L	3	3	3	2	54	Lei Estadual nº 14128/2001 de 19/12/01	Significante
			Reduz o descarte desse rejeito em locais inapropriados.	D	L	3	3	3	2	54		Significante
02	Produção	Particulado	Alteração das características atmosféricas do entorno.	D	L	3	1	2	1	6	Resolução Conama nº 382 de 26/12/06	Desprezível
03	Produção	Ruído	Alteração das características audiométricas do entorno.	D	L	3	1	2	1	6	Resolução CONAMA nº 001, de 08.03.1990 Lei	Desprezível
04	Produção	Efluente com Óleo/Sólidos	Contaminação do solo; Contaminação da água.	D	G	3	3	2	3	54	9505/2008 Resolução Conama nº 357 de 17/03/05	Significante
05	Produção	Utilização da água captada da chuva no processo produtivo.	Redução do uso de água potável:	D	L	3	3	3	1	27	NBR 15.527/2007 da ABNT	Importante
06	Produção	Processo de cura do tijolo	Não há necessidade de desmatamento;	G	G	3	3	3	3	81	Lei 4771 de 15/09/1965 – Código Florestal	Significante
			Evita a emissão de CO ₂	G	G	3	3	3	3	81	Protocolo de Kioto	Significante

I = Incidência : Direta (D) ou Indireta (I)

Pr = Probabilidade: Alta (3), Média (2), Baixa (1).

Es = Escala: ampla (3), Limitada (2), Isolada (1).

A = Abrangência : Local (L) , Regional (R) , Global (G)

Sr = Severidade: Severo (3), Leve (2), Sem dano (1).

De = Detecção: Difícil (3), Moderada (2), Fácil (1).

Re = Resultado: PrxSrxEsxDe

Tabela 3: Plano de ação dos pontos de maior impacto

ASPECTOS	IMPACTOS	REQUISITOS LEGAIS	CRITÉRIOS INTERNOS DE DESEMPENHO	OBJETIVOS	METAS	PRAZO	CUSTO ESTIMADO	RESPONSÁVEL
Geração de particulado	Alteração das características atmosféricas do entorno	Resolução CONAMA nº 382 de 26/12/06	Inspeção diária dos equipamentos de trienação	Evitar que a emissão de particulados ultrapasse os limites de tolerância	Instalação de "saiotes" na fonte de emissão de particulados (triturador)	10 dias	R\$100,00	Gerente
Geração de ruído	Alteração das características audiométricas do entorno	Resolução CONAMA nº001 de 08/03/1990; Lei 9.505/2008	Manter os níveis em 60dB(A)	Evitar que a emissão de ruídos ultrapasse os limites de tolerância	Monitoramento diário para controle da emissão de ruído;	30 dias	R\$200,00	Gerente
					Casos os níveis de ruído estejam acima do limite de tolerância, realizar encasernamento da fonte de emissão	60 dias	R\$600,00	Gerente
Utilização de captação de água de chuva no processo de mistura e de cura	Redução do consumo de água potável	NBR ABNT 15527/2007	Não há necessidade de realizar o monitoramento dos parâmetros de qualidade da água	Reduzir o consumo de água potável na produção do tijolo	Utilização de 100% de captação de água de chuva no processo produtivo	30 dias	R\$6.000,00	Gerente
Geração de efluentes com óleo/sólidos	Contaminação do solo; Contaminação de água subterrânea	Resolução CONAMA 357 de 17/03/05	Coletar diariamente a água residual	Impedir que a água com os efluentes do processo infiltre no solo e, consequentemente, contamine a água subterrânea	Captação da água residual, armazenamento da mesma e destinação para empresa especializada em tratamento de efluentes	30 dias	Não há custos para esta ação	Produção

NORMALIZAÇÃO DO PRODUTO E PROCESSO

Para a produção dos tijolos ecológicos modulares, a produção deverá estar em conformidade com as normas da ABNT. Existem várias normas que podem ser utilizadas para a produção do tijolo ecológico modular e critérios de qualidade do produto. Seguem:

- NBR 10834/94 - Bloco vazado de solo-cimento sem função estrutural;
- NBR 6502/95 - Rochas e solos;
- NBR 6459/84 – Solo - Determinação do limite de liquidez;
- NBR 7186/79 – Solo - Determinação do limite de plasticidade;
- NBR 8491/84 - Tijolo maciço de solo-cimento;
- NBR 8492/84 - Tijolo maciço de solo-cimento - Determinação da resistência a compressão e da absorção d'água;
- NBR 8949/85 - Paredes de alvenaria estrutural - Ensaio a compressão simples;
- NBR 10835/94 - Bloco vazado solo-cimento sem função estrutural – Forma e dimensões;
- NBR 10836/94 - Determinação a resistência a compressão e da absorção d'água;
- NBR 12023/92 - Solo-cimento – Ensaio de compactação;
- NBR 12024/92 - Solo-cimento – Moldagem e cura de corpos-de-prova cilíndricos.

LEGISLAÇÃO

O Brasil é mundialmente conhecido pela sua legislação ambiental, considerada uma das melhores do mundo. Quanto aos resíduos sólidos, existem a Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, a Política Estadual de Resíduos Sólidos, de Minas Gerais, Lei nº 18.031, de 12 de janeiro de 2009 e a Resolução CONAMA Nº 307, de 02 de janeiro de 2003, dentre outras. Essas leis, através dos seus princípios, objetivos e instrumentos, visam orientar quanto ao gerenciamento ambientalmente adequado de resíduos sólidos, bem como apresentam diretrizes e ações para a gestão integrada dos mesmos.

A Resolução CONAMA 307/03 “estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais, tendo para esse fim definido as especificações de resíduos da construção civil”.

A Política Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de Minas Gerais tem como objetivo I “estimular a gestão de resíduos sólidos no território do Estado, de forma a incentivar, fomentar e valorizar a não-geração, a redução, a reutilização, o reaproveitamento, a reciclagem, a geração de energia, o tratamento e a disposição final adequada dos resíduos sólidos”.

No capítulo II, artigo 7º da Política Nacional de Resíduos Sólidos, são descritos os objetivos da mesma, como: proteção da saúde pública e da qualidade ambiental; não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços; adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais; redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos; incentivo à indústria da reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados; gestão integrada de resíduos sólidos; articulação entre as diferentes esferas do poder público, e destas com o setor empresarial, com vistas à cooperação técnica e financeira para a gestão integrada de resíduos sólidos; capacitação técnica continuada na área de resíduos sólidos; regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, com adoção de mecanismos gerenciais e econômicos que assegurem a recuperação dos custos dos serviços prestados, como forma de garantir sua sustentabilidade operacional e financeira, observada a Lei nº 11.445, de 2007; prioridade, nas aquisições e contratações governamentais, para: a) produtos reciclados e recicláveis; b) bens, serviços e obras que considerem critérios compatíveis com padrões de consumo social e ambientalmente sustentáveis; integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; estímulo à implementação da avaliação do ciclo de vida do produto; incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético; estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável”.

PRODUTO FINAL

Dentre as diversas vantagens da tecnologia construtiva utilizando-se o tijolo ecológico modular, ressaltam-se as que, além de trazerem um benefício econômico para a obra, são relevantes para a preservação ambiental. São elas:

- Redução de uso de madeiras nas caixarias dos pilares e vigas em quase zero. Ao se reduzir o consumo de madeiras em obras, contribui-se para evitar que áreas sejam desmatadas, provocando perda da biodiversidade, extinção de animais silvestres, desequilíbrio do clima e do ciclo hidrológico (WWF, 2011), erosão e empobrecimento dos solos, enchente e assoreamento dos rios e desertificação; (Pessoal Educacional, 2011)
- Economia de 70% do concreto e argamassa de assentamento. Além da economia financeira pela redução da quantidade de materiais, há também uma redução do uso de recursos naturais não renováveis tais como a pedra britada e a areia, que seriam explorados para a fabricação dos mesmos e, conseqüentemente, redução na geração de resíduos provenientes das embalagens destes materiais. Mas a maior contribuição está na redução da poluição atmosférica causada pela fabricação destes produtos pois, segundo Malhotra (1999 apud GALLY, 2010, p.7) “a indústria do cimento é responsável pela emissão de cerca de 7% da emissão mundial de CO₂, contribuindo significativamente para o aquecimento global devido ao processo de calcinação do carbonato de cálcio (CaCO₃) e da queima dos combustíveis.
- Economia de 50% de ferro. Contribui consideravelmente para a não exploração deste mineral, o que acarretaria grandes impactos ambientais, tais como poluição da água, poluição do ar, poluição sonora e subsidência do terreno minerado, bem como alterações ambientais, conflitos de uso do solo e geração de áreas degradadas (FARIA, 2002);
- A cura é realizada com água e sombra, diferente dos tijolos convencionais que dependem da queima em fornos a lenha, evitando o desflorestamento e os impactos já mencionados anteriormente;
- Maior durabilidade do que o tijolo comum, pois chega a ser até 6 x mais resistente, o que implica em uma diminuição de quebras, desperdícios e também a geração de resíduos provenientes de tais quebras;
- Fácil acabamento. Pode-se optar por não rebocar e pintar, gerando mais economia. De acordo com a ABRAFATI (2006, p.45 e 46), ressalta-se que, com um menor consumo de tinta, evita-se a extração de vários minerais que seriam utilizados para a sua fabricação, uma grande redução de recursos naturais necessários para o processo produtivo, como também evita-se as emissões atmosféricas, as emissões de efluentes líquidos industriais, tais como óleos, graxas, solventes, pigmentos e fosfatos. Há ainda os resíduos gerados por este processo, considerados embalagens de insumos, solventes, sólidos em suspensão, material filtrante, águas residuais e tinta em pó;
- Obra mais limpa e sem entulhos, devido à redução de materiais utilizados, de resíduos de embalagens destes materiais e também com relação à não geração de resíduos pelas quebras do tijolo;
- Isolamento Térmico (calor) – os furos dos tijolos são importantes, pois formam câmaras térmicas evitando com isso que o calor que está do lado de fora penetre no interior da residência. Com isso a temperatura interna é inferior à externa, não havendo necessidade de instalações de aparelhos para refrigeração do ar, levando a uma economia no uso de energia elétrica. De acordo com o site Ambiental Brasil (2003), os aparelhos de ar condicionado emitem GEEs, pois eles funcionam com fluidos produtores de frio à base de hidrofluorcarbonos (HFC), que têm poder de aquecimento 1.300 vezes maior ao do gás carbônico (CO₂);
- Isolamento Térmico (frio) – com o frio acontece ao contrário, pois a temperatura da casa fica mais quente do que a externa, dispensando o uso de aquecedores ou lareiras, o que também leva a uma economia de energia elétrica bem como elimina o uso de madeiras;
- Instalações Hidráulicas - toda a tubulação é embutida em seus furos dispensando a quebra de paredes, como na alvenaria convencional. Isto evita também a geração de resíduos sólidos;
- Instalações Elétricas - como as instalações hidráulicas, também são embutidas nos furos, dispensando conduites e caixas de luz, podendo os interruptores e tomadas serem fixados diretamente sobre os tijolos, assim como no caso anterior.

ANÁLISE DO CICLO DE VIDA (ACV) DO TIJOLO ECOLÓGICO MODULAR

Em busca de melhoria no desempenho do produto e da necessidade de se utilizar produtos na área da construção civil que causem um menor impacto ambiental, seja na redução do consumo de recursos naturais, seja na redução da geração de resíduos decorrentes destes, pode-se utilizar a ACV (Análise do Ciclo de Vida) do tijolo ecológico modular para avaliar o desempenho ambiental do produto.

Segundo Sonneman (2002, apud SEO e KULAY, 2006, p.4),

A ACV pode ser entendida como a consciência de que o bom desempenho ambiental de uma unidade isolada da cadeia produtiva não é suficiente para garantir que a mesma tenha sua sustentabilidade garantida; essa condição será atingida apenas se a totalidade dos elos dessa cadeia apresentarem desempenho ambiental adequado. Nunca é demais enfatizar que a avaliação do desempenho ambiental de um produto, processo ou serviço leva em conta não apenas a disposição de rejeitos como também o consumo de recursos naturais.

O consumidor do futuro, inclusive no Brasil, passará a privilegiar não apenas o preço e a qualidade dos produtos, mas principalmente o comportamento ambiental das empresas fabricantes desses produtos.

A crescente conscientização quanto à importância da proteção ambiental e os possíveis impactos associados aos produtos, tanto na sua fabricação quanto no consumo, tem aumentado o interesse e o desenvolvimento de métodos para melhor compreender e lidar com aqueles impactos. Uma das técnicas em desenvolvimento com esse objetivo é avaliação do ciclo de vida (ABNT, 2009, p. 5). Os resultados da ACV podem ser subsídios úteis para uma variedade de processos decisórios.

Segundo a NBR ISO 14040/2009, a ACV “é uma técnica para avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto”, através da quantificação: do uso de insumos na entrada do processo produtivo; das perdas, emissões e do produto final na saída do processo produtivo; dos impactos ambientais potenciais relacionados a essas entradas e saídas; e da interpretação destes resultados. Portanto, a ACV estuda os aspectos e os impactos potenciais ao longo da vida de um produto, ou seja, do berço ao túmulo, considerando o uso de recursos naturais, a saúde humana e as conseqüências ecológicas de qualquer processo produtivo.

Através da avaliação da análise do ciclo de vida do tijolo ecológico modular, é possível perceber que em seu processo produtivo há um uso reduzido de recursos naturais não-renováveis, bem como uma baixa emissão de poluentes e/ou efluentes, tendo como produto final um material inerte, não-poluidor e que possui um tempo de vida longo, que dependerá basicamente do uso a que será destinado, e não da sua composição.

METODOLOGIA

Foi realizada extensa pesquisa bibliográfica em artigos, normas e sites para a fundamentação e conhecimento do processo produtivo do tijolo ecológico modular, que foi o ponto de partida deste trabalho. Foi realizada visita a uma empresa instalada em Belo Horizonte, fabricante do maquinário utilizado para a produção do tijolo ecológico, onde o grupo foi recebido pelo proprietário, o engenheiro mecânico Frederico Marinho, que contribuiu com o enriquecimento de informações sobre o tijolo ecológico modular e seu processo produtivo. A partir desta visita, foram detectados pontos de melhoria no processo produtivo, propostos ao longo do trabalho.

RESULTADOS

Ficou comprovado que, devido ao seu processo produtivo, é possível a reutilização de resíduos da construção civil como matéria-prima para a fabricação do tijolo ecológico modular.

Através da matriz de impactos e aspectos ambientais, foi possível identificar os pontos de maior impacto ambiental do processo produtivo do tijolo ecológico modular e, portanto, sugerir ações de melhoria de desempenho, tais como a reutilização de resíduos, o aproveitamento da água de chuva captada para ser utilizada no momento de mistura dos componentes e de cura do tijolo ecológico modular, o uso de saiotos no triturador para o controle da emissão de particulados, sendo aqueles confeccionados com materiais reutilizáveis. Para o controle de emissão de ruído, o enclausuramento do equipamento para manter a emissão dentro dos limites permitidos e, para a emissão de efluentes químicos oleosos, a captação e o tratamento da água que contém tal elemento. Estas ações resultam na otimização do processo produtivo do tijolo ecológico modular.

Ao se descrever o processo produtivo do tijolo convencional e fazer uma comparação com o processo produtivo do tijolo ecológico modular, fica evidente a supremacia deste último em relação àquele, tanto em relação aos aspectos econômicos quanto, principalmente, aos aspectos ambientais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com a crescente demanda habitacional, o setor da construção civil é considerado um dos principais agentes que contribuem consideravelmente para a degradação ambiental, devido ao alto consumo de bens naturais não-renováveis, bem como pela alta geração de resíduos. Este cenário exige a prática de um manejo sustentável para o setor, pois os resíduos tornaram-se um grande problema para as questões urbanas e ambientais, o que exige altos investimentos para o seu gerenciamento. Pode-se citar como alguns desses problemas principalmente a escassez de áreas disponíveis para a deposição dos resíduos acarretada pela ocupação e valorização de áreas urbanas. Sendo assim, conclui-se que a utilização do tijolo ecológico modular irá favorecer para a renovação dos padrões deste setor, mostrando ser possível aliar redução de resíduos a redução de custos e a redução de consumo de recursos naturais.

Portanto, através do recolhimento dos resíduos sólidos originados pelo setor da construção civil, geram-se parcerias a fim de evitar a disposição inadequada dos resíduos, o que contribui para que os mesmos não sejam lançados de forma irregular, evitando a poluição ambiental e visual do meio.

Quanto a fabricação do tijolo ecológico modular, observa-se a contribuição importante do seu processo para a conservação e preservação ambiental, uma vez que não há o desmatamento e, conseqüentemente, não há a emissão de gases que contribuem para o aquecimento global devido a ausência de queima de matéria-prima.

Com a atenção voltada ao processo, é possível torná-lo mais eficiente ao se adotarem medidas de controle e monitoramento das emissões identificadas na matriz de impacto. Soma-se a isto a reutilização da água de chuva através de sua captação como medida de redução de consumo de recursos naturais.

Percebe-se que, ao comparar a fabricação do tijolo ecológico modular com a fabricação do tijolo convencional, o primeiro exhibe uma série de vantagens que o torna um produto sustentável, considerando-se desde o início do seu processo produtivo até o produto final. Com o foco voltado ao produto, nota-se uma redução expressiva de materiais utilizados e ausência de perdas devido ao seu alto grau de resistência, tudo isto contribuindo para a redução de custos totais em uma obra em que o tijolo ecológico modular é adotado. E, uma vez que há a diminuição no uso de outros materiais de construção devido ao uso do tijolo ecológico modular, compreende-se que há, paralelamente, uma significativa redução de outros resíduos gerados, tais como embalagens de produtos não utilizados na obra e entulhos, bem como a redução no uso de recursos naturais decorrentes da fabricação destes mesmos produtos que não serão necessários para a obra.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14001: Sistema da Gestão Ambiental – Requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2004.
2. ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14040: Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura. Rio de Janeiro, 2009.
3. ABRAFATI, Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas. Guia Técnico Ambiental Tintas e Vernizes - Série P+L, 2006. p. 45 e 46 Disponível em: <http://www.abrafati.com.br/bnews3/images/multimedia/Documentos/sbd.pdf>. Acesso em: 08 Maio 2011
4. ALCÂNTARA, Cícero Alves de. Reutilização de resíduos sólidos para construção civil. São Paulo 2005. Disponível em: <<http://cursos.anhemi.br/TCC-2005/Trabalhos/TCC-07.pdf>> Acesso em: 18 Set. 2010
5. AMBIENTE BRASIL. Ar condicionado Contribui para o efeito estufa, diz especialista. Disponível em: <<http://noticias.ambientebrasil.com.br/clipping/2003/08/08/11654-ar-condicionado-contribui-para-o-efeito-estufa-diz-especialista.html>>. Acesso em: 08 Maio 2011
6. COCH, H. et al. An application of a method for analyzing the environmental impact of construction elements. In: International Conference on Passive and Low Energy Architecture - PLEA: Environmentally Friendly Cities, 1998, Lisbon. Proceedings...Lisbon, Portugal: James & James Science Publishers, Jun.1998.p.513-516. In: GRIGOLETTI, Giane de Campos.- Caracterização de Impactos Ambientais de Indústrias de Cerâmica Vermelha do Estado do Rio Grande do Sul, 2001. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/1753>> Acesso em: 12 Ago. 2010
7. DANIOTTI, T. et al. Methodology and experimental programme to evaluate building components service life. In: Construction and the Environment - CIB World Building Congress, 1998, Gävle, Sweden. Proceedings...Symposium D. Gävle, Sweden: Kickan Fahlstedt, 1998. p 115-122. In: GRIGOLETTI,

- Giane de Campos.- Caracterização de Impactos Ambientais de Indústrias de Cerâmica Vermelha do Estado do Rio Grande do Sul,: 2001. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/1753>> Acesso em: 12 Ago. 2010
8. FARIAS, Carlos Eugênio Gomes. - Mineração e Meio Ambiente no Brasil, 2002. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/arquivos/estudo011_02.pdf> Acesso em: 8 Maio 2011
 9. GALLY, Caline Rodrigues. - Desenvolvimento de Materiais Cimentícios de Baixo Impacto Ambiental Contendo Resíduo Catalítico Gerado em Refinaria de Petróleo, 2010. Disponível em: <<http://www.meau.ufba.br/site/node/1326>> . Acesso em: 8 de Maio 2011
 10. GRIGOLETTI, Giane de Campos.- Caracterização de Impactos Ambientais de Indústrias de Cerâmica Vermelha do Estado do Rio Grande do Sul,: 2001. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/1753>> Acesso em: 12 Ago. 2010
 11. JOHN, V. M. Reciclagem de resíduos da construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. 102f. Tese (Livre Docência em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. In: GRIGOLETTI, Giane de Campos.- Caracterização de Impactos Ambientais de Indústrias de Cerâmica Vermelha do Estado do Rio Grande do Sul,: 2001. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/1753>> Acesso em: 12 Ago. 2010
 12. SANCHEZ, Luiz Enrique. *Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e métodos*. São Paulo: oficina de textos, 2008. In: KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha. UCKER, Fernando Ernesto. FOLETTO, Cristian Vargas. ROSA, Lucas Miolo. AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS NA IMPLANTAÇÃO E OPERAÇÃO DE OLARIA. Disponível em: <http://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:bEQRYoWQyo0J:189.20.243.4/ojs/engenhariaambiental/include/getdoc.php%3Fid%3D1433%26article%3D502%26mode%3Dpdf+AVALIA%C3%87%C3%83O+DE+IMPACTOS+AMBIENTAIS+NA+IMPLANTA%C3%87%C3%83O+E+OPERA%C3%87%C3%83O+DE+OLARIA&hl=pt-BR&gl=br&pid=bl&srcid=ADGEEShPt8XsqJaxfeafWPT3gsJ3qvyfi7EMilZxymboRh9j6U5PkiipctotWHQNShbzzTh5VzVXmBwliWFvD4t_RrjxZylHamPzvLnsACgmcCvt5LVB6luy-vGDIUd27B0cqoYjjeKf&sig=AHIEtbQt8alYXahILOOeblwz0IAAQp5wyQ> Acesso em: 08 Maio 2011
 13. NETO, Oscar. Construções Ecológicas com Ecotijolos (Tijolos Ecológicos Modulares de Solo-Cimento). Publicação 14/01/10. Disponível em: <<http://ecotijolos.wordpress.com/2010/01/14/construcoes-ecologicas-com-ecotijolos-tijolos-ecologicos-modulares-de-solo-cimento/>> Acesso em: 12 Ago. 2010
 14. PESSOAL EDUCACIONAL. Meio Ambiente. Disponível em: <<http://pessoal.educacional.com.br/up/4770001/1306260/t137.asp>>. Acesso em: 08 Maio 2011
 15. POLÍTICA ESTADUAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE MINAS GERAIS. Disponível em: <<http://www.resol.com.br/legisla/legisla3.php?id=642>> Acesso em: 10 Ago. 2010
 16. POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS LEI Nº 12.305, DE 2 DE AGOSTO DE 2010. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm> Acesso em: 10 Ago. 2010
 17. RESOLUÇÃO CONAMA Nº 001, de 23 de janeiro de 1986 - Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>> Acesso em: 25 Set 2010
 18. RESOLUÇÃO Nº 307, DE 5 DE JULHO DE 2002 Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>> Acesso em: 23 Out. 2010
 19. RESOLUÇÃO CONAMA Nº 382 de 26/12/06. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res38206.pdf>> Acesso em: 25 Set 2010
 20. SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio as Micro e Pequenas Empresas. Fabricação Ecológica de Tijolos. Disponível em: <<http://www.sebraesc.com.br/ideais/default.asp?vcddtexto=1990>> Acesso em: 10 Ago. 2010
 21. SONNEMAN, G. *Environmental damage estimations in industrial process chains* In: SEO, Emilia Satoshi Miyamaru.; KULAY, Luiz Alexandre. Avaliação do ciclo de vida: Ferramenta Gerencial para tomada de decisão. 2006, p.4. Disponível em: http://www.interfacehs.sp.senac.br/br/artigos.asp?ed=1&cod_artigo=8&pag=4 Acesso em: 23 Out. 2010
 22. WWF, World Wide Fund For Nature. Extração de Madeira. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/areas_prioritarias/amazonia1/ameacas_riscos_amazonia/desmatamento_na_amazonia/extracao_de_madeira_na_amazonia/>. Acesso em: 08 Maio 2011