

Estimativa da energia incorporada a materiais de cerâmica vermelha no Rio Grande do Sul

Estimating the embodied energy in ceramic bricks, blocks and tile production materials in the State of Rio Grande do Sul

Constance Manfredini
Miguel Aloysio Sattler

Resumo

Embora seja grande a disponibilidade de bibliografia internacional a respeito dos impactos ambientais causados por materiais de construção, existe um número relativamente pequeno de estudos realizados na realidade brasileira. Esse fato constitui uma barreira na determinação dos impactos ambientais provocados pelos materiais locais e, conseqüentemente, dos impactos causados pelas edificações e pelo setor da construção civil. O presente artigo descreve os principais resultados de uma pesquisa que teve como objetivo identificar de forma qualitativa e quantitativa os impactos ambientais causados pelo processo produtivo de materiais de cerâmica vermelha no Estado do Rio Grande do Sul. São analisados dados coletados por meio de entrevistas e visitas a 20 indústrias de cerâmica vermelha de portes variados (com produção de 40.000 a 1.500.000 peças/mês), destacando os aspectos relacionados ao consumo de energia. A análise de dados revela uma estimativa da energia incorporada a materiais cerâmicos locais, bem como permite uma comparação com os dados fornecidos pela literatura nacional e internacional.

Palavras-chave: Indústria Cerâmica. Impactos Ambientais. Energia Incorporada.

Abstract

Although there is much international literature on the environmental impacts of building materials, the number of studies on such impacts in Brazil is relatively small. This constitutes a barrier to determine the environmental impact of local building materials, and, consequently, the impact caused by buildings and the building sector. This article presents the main results of a research project aiming to identify quantitative and qualitative environmental impacts caused by ceramic bricks, blocks and tiles production, in the State Rio Grande do Sul. It is based on data collected in interviews and visits to 20 plants, from a wide range of sizes (producing from 40,000 to 1,500,000 bricks/month), emphasising aspects related to the energy consumption. The data analysis leads to an estimate of the embodied energy of local ceramic materials, and allows a comparison to be made with estimates published in the national and international literature.

Keywords: Ceramic Industry. Environmental Impacts. Embodied Energy.

Constance Manfredini
Núcleo Orientado para a Inovação da
Edificação
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul
Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º Andar
CEP: 90035-190
Porto Alegre - RS - Brasil
Tel.: (51) 3316-3518
E-mail: cmanfredini@yahoo.com

Miguel Aloysio Sattler
Núcleo Orientado para a Inovação da
Edificação
Universidade Federal do Rio Grande do
Sul
Tel.: (51) 3316-3900
E-mail: sattler@ufrgs.br

Recebido em 19/12/03

Aceito em 04/01/05

Introdução

A preocupação com as questões relacionadas aos impactos ambientais causados pela indústria da construção tem crescido substancialmente nos últimos anos, fato comprovado em inúmeras publicações, incluindo-se, entre as mais representativas para o meio científico, aquelas originadas no CIB, como a Agenda 21 para a Construção Sustentável (CIB, 1999) e a Agenda 21 para a Construção Sustentável nos Países em Desenvolvimento (CIB & UNEP-IETC, 2002).

Construir de forma sustentável significa aplicar os princípios de desenvolvimento sustentável ao ciclo da construção, desde a extração e beneficiamento das matérias-primas, passando pelo planejamento, projeto e construção de edificações e infraestrutura, até a sua desmontagem e gerenciamento dos resíduos resultantes (PLESSIS, 2001).

A Agenda 21 para a Construção Sustentável (CIB, 1999) descreve algumas das características que devem ser perseguidas para que as edificações se tornem menos agressivas ao meio ambiente, entre elas a observação dos impactos causados pelos materiais de construção, a redução de sua utilização, a capacidade de reutilização e reciclagem dos materiais e a redução do conteúdo energético destes.

No entanto, a Agenda 21 para a Construção Sustentável nos Países em Desenvolvimento (CIB; UNEP-IETC, 2002) cita como barreiras para a construção sustentável nos países em desenvolvimento a falta de dados precisos e a falta de informações. Uma das dificuldades destacadas é a carência de dados a respeito do impacto dos materiais ao longo do seu ciclo de vida, dificultando a obtenção de processos e políticas sustentáveis.

Objetivando minorar tais barreiras, no ano de 2000, o Núcleo Orientado para a Inovação da Edificação (NORIE), vinculado ao Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), iniciou uma pesquisa visando a identificar, de forma qualitativa e quantitativa, os impactos ambientais causados pelo processo produtivo de materiais de cerâmica vermelha.

Os primeiros resultados são apresentados na dissertação de mestrado “Caracterização de impactos ambientais de indústrias de cerâmica vermelha do Estado do RS” (GRIGOLETTI, 2001). A pesquisa teve continuidade com a dissertação “Impactos Ambientais Causados pelas Indústrias de Cerâmica Vermelha no Rio Grande do Sul” (MANFREDINI, 2003). Nesta são

abordados impactos ambientais relativos à utilização dos recursos naturais, ao consumo de fontes energéticas, a emissões gasosas e à geração de resíduos, bem como aspectos relacionados aos recursos humanos. De modo geral, na pesquisa foram levantados dados junto ao Sindicato das Indústrias de Olaria e de Cerâmica para Construção no Estado do Rio Grande do Sul (SIOCERGS), ao Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e à Fundação Estadual de Proteção ao Meio Ambiente (FEPAM), e por meio de visita e aplicação de questionários a 40 indústrias do Estado do Rio Grande do Sul.

Este artigo destaca os resultados obtidos em 20 indústrias de cerâmica vermelha de portes variados (com produção de 40.000 a 1.500.000 peças/mês), onde, além dos aspectos qualitativos, foi possível a análise de aspectos quantitativos relacionados ao consumo de fontes energéticas. A análise dos dados coletados revela uma estimativa da energia incorporada a materiais cerâmicos locais, bem como permite a comparação com os dados fornecidos pelas literaturas nacional e internacional.

Cabe salientar que os aspectos energéticos relacionados à produção de materiais são fundamentais na análise dos impactos causados pela produção deles. O conhecimento da quantidade e dos tipos de fontes energéticas utilizadas permite visualizar a dimensão e o tipo de impacto causado pela produção dos materiais de construção. Torna-se possível, assim, uma fundamentação mais criteriosa no momento da escolha de materiais pelos profissionais da área.

Panorama do setor de cerâmica vermelha

Os materiais cerâmicos estão entre aqueles mais tradicionalmente empregados na construção civil (MITIDIERI; CAVALHEIRO, 1988). Porém, o setor enfrenta uma série de problemas ambientais, econômicos e de qualidade dos produtos fabricados, entre os quais podem ser destacados os seguintes: desconhecimento de técnicas modernas de produção de material cerâmico; desconhecimento de normas técnicas sobre a qualidade do produto cerâmico; concorrência predatória baseada na diminuição das dimensões dos tijolos e blocos, como forma de diminuição de custo; dificuldade de obtenção de assistência técnica qualificada; irregularidades na atividade extrativa da lenha e da argila usadas para a produção do material; dificuldade de

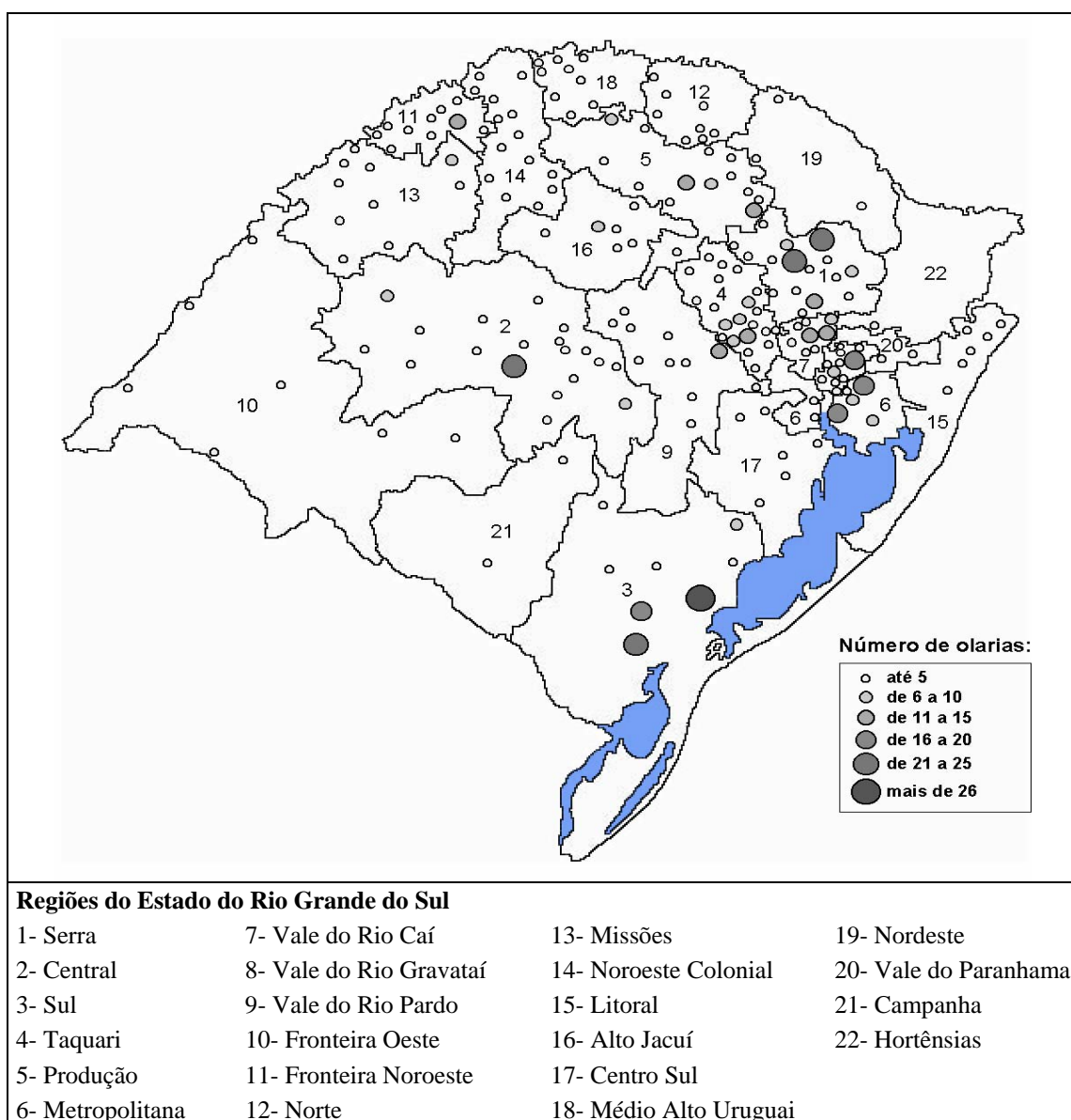
gerenciamento da produção; desperdício de matéria-prima pela exploração não planejada de argilas; desperdício de energia e inexistência de controle de qualidade racional (ROMAN; GLEIZE, 1998).

No Brasil, o segmento de cerâmica vermelha conta com cerca de 11.000 empresas, em sua maioria de micro ou de pequeno porte, com estrutura simples e familiar (ABC, 2002). Com uma média de 25 a 30 empregados por indústria, soma, em seu todo, entre 250.000 e 300.000 empregados (BUSTAMANTE; BRESSIANI, 2000).

O setor de cerâmica vermelha movimentava em torno de 60.000.000 de toneladas de matérias-primas ao ano, com reflexos nas vias de transporte e no meio

ambiente. Seu raio médio de ação, quanto ao envio dos produtos, está em 250 km, a partir do qual o custo do transporte torna-se excessivamente elevado. Para as telhas o alcance é maior, podendo chegar a 500 km, havendo casos de 700 km para telhas especiais (BUSTAMANTE; BRESSIANI, 2000).

Existe uma grande concentração de indústrias de todos os segmentos cerâmicos nas regiões Sudeste e Sul (ABC, 2002). O SIOCERGS estima que existam cerca de 1.200 indústrias de cerâmica vermelha no Estado, das quais somente 729 estão cadastradas e apenas 131 são realmente associadas ao Sindicato. A Figura 1 mostra a distribuição das 729 indústrias pelo território gaúcho.



Fonte: Adaptado de informações fornecidas pelo SIOCERGS (2002)

Figura 1 - Mapa com localização das indústrias de cerâmica vermelha no Estado do Rio Grande do Sul

Consumo de energia pelo setor de cerâmica vermelha

Os produtos de cerâmica adquirem as propriedades desejadas mediante a aplicação de calor, ou seja, a indústria cerâmica é, por definição, uma indústria que utiliza grandes quantidades de energia, tal como o são a indústria de aço, cimento e vidro. Todas estas são caracterizadas pelas altas temperaturas dos fornos e fornalhas. Não apenas uma grande quantidade de energia é consumida durante o seu processo produtivo, como também o custo dessa energia representa um percentual significativo no total dos custos de produção (AGRAFIOTIS; TSOUTSOS, 2001).

Conforme o Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2000), para o ano-base de 1999, o setor cerâmico foi responsável por um consumo de 3.494×10^3 tep/ano¹, 21% menos que o setor de cimento, que consumiu 4.244×10^3 tep/ano. O Balanço revela que o setor de cimento utiliza, predominantemente, fontes derivadas do petróleo e eletricidade, enquanto no setor cerâmico a principal fonte energética é a lenha.

No Estado do Rio Grande do Sul, analisando-se o ano de 1999, o setor cerâmico consumiu $106,79 \times 10^3$ tep/ano, e o setor de cimento consumiu $20,02 \times 10^3$ tep/ano. Já no ano de 2000 o consumo do setor cerâmico foi de $124,74 \times 10^3$ tep/ano e o do setor de cimento de $21,49 \times 10^3$ tep/ano. Cabe lembrar que o total de energia consumida em todo o estado, em 2000, foi de $23.618,2 \times 10^3$ tep/ano (SILVEIRA, 2002).

A Figura 2 mostra a participação de cada tipo de combustível utilizado no setor cerâmico, no Rio Grande do Sul, para o período de 1991 a 2000. Em todos os anos, a lenha aparece como principal combustível utilizado pelo setor. No ano de 2000 representa 86,11% da energia empregada. Os derivados de petróleo, que aparecem em segundo lugar para o ano de 2000, estão representados pelo GLP, com 8,49%, e pelo óleo combustível, com 3,95% do total de energia consumida. A eletricidade representa 1,37% da energia consumida; os derivados de carvão, 0,05%; e os derivados de biomassa (carvão vegetal), 0,04% (SILVEIRA, 2002).

Conceito de energia incorporada

Segundo Szokolay (1997), a energia em uma edificação é usada em dois níveis:

(a) energia incorporada, utilizada na construção da edificação. Incluindo o conteúdo energético dos materiais e componentes construtivos, trata-se da energia que foi usada desde as fontes primárias (extração) até o processo de manufatura e transporte ao local, assim como a energia usada no processo de construção; e

(b) energia de operação dos edifícios, utilizada para aquecimento, refrigeração, ventilação, iluminação e serviços na edificação, usualmente expressa em termos anuais.

A Figura 3 indica os principais componentes da energia operacional e incorporada para cada fase da vida de uma edificação. Para atingir um projeto verdadeiramente otimizado energeticamente, é preciso investigar tanto a energia operacional quanto a incorporada, sendo o total de energia utilizada durante a vida de uma edificação a soma da energia operacional e da energia incorporada utilizadas durante o ciclo de vida da mesma. Como têm ocorrido melhorias na eficiência do uso da energia operacional das edificações, a energia incorporada passou a ter maior importância no total de energia utilizada por um edifício, durante seu ciclo de vida (YOHANIS; NORTON, 2002).

A energia incorporada, ou o investimento energético em uma edificação, está fortemente relacionada ao tipo e à quantidade dos materiais utilizados. Infelizmente, são poucos os dados confiáveis a respeito do conteúdo energético de vários materiais. Ademais, eles são dependentes da indústria específica e das condições de cada país. Tais dados podem ser produzidos por métodos analíticos (percorrendo o processo de produção, desde a extração dos materiais brutos até o produto final) ou por métodos estatísticos (examinando uma indústria completa em um dado país, obtendo o seu uso total de energia e dividindo-o pela produção no mesmo período) (SZOKOLAY, 1997).

A Figura 4 apresenta os diversos valores encontrados para a energia incorporada em tijolos, blocos e telhas, expressos nas duas unidades mais comuns, MJ/kg e kWh/kg. Os valores apontados pela bibliografia internacional para a energia incorporada em tijolos e blocos cerâmicos variam de 0,291 kWh/kg a 1,944 kWh/kg. Já a bibliografia nacional aponta valores entre 0,300 kWh/kg e 0,931 kWh/kg.

No entanto, os valores disponíveis devem ser analisados criticamente. Como Miller (1998) aponta, existe uma grande variação entre os valores publicados, e geralmente existe pouca informação sobre etapas que foram incluídas no cálculo ou sobre como os dados foram obtidos.

¹ tep - tonelada equivalente de petróleo; 1 tep = 10.800 Mcal.

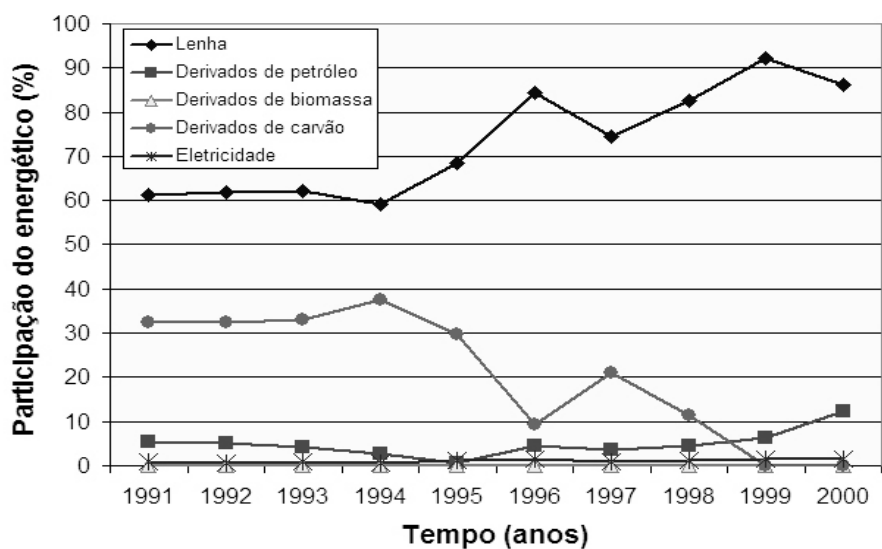


Figura 2 - Participação percentual da demanda de energia no setor cerâmico no RS: período de 1991 a 2000 (adaptado de Silveira, 2002)

Vida da edificação

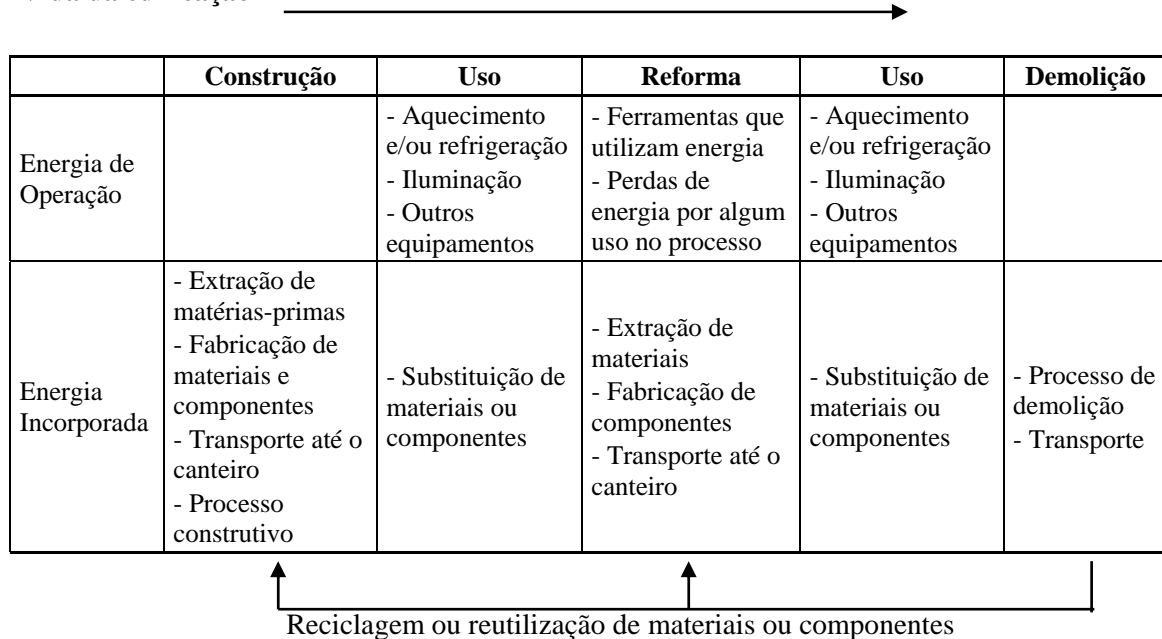


Figura 3 - Componentes da energia operacional e incorporada durante o ciclo de vida de uma edificação (adaptado de Yohanis e Norton, 2002)

Referência	Origem – local	MJ/kg	KWh/kg
<i>Energia incorporada em tijolos e blocos cerâmicos</i>			
Lawson (1996)	Austrália	2,50	0,694
Cole & Rousseau (1992)*	Canadá	4,90	1,361
Cole & Rousseau (1992)*	Suíça	3,10	0,861
Alcorn & Baird (1996)*	Nova Zelândia	2,50	0,694
Worrell <i>et al.</i> (1994)*	Holanda/Oeste Europeu	3,00	0,833
Szokolay (1997)	Austrália	3,60 - 4,32	1,000 – 1,200
Visvesvaraya (1987)*	Não conhecido	4,30	1,194
Construction... (1996)*	Holanda	2,00 - 7,00	0,556 – 1,944
Tapia <i>et al.</i> (2000)	Europa	1,05 - 1,26	0,291 – 0,349
Brasil (1982)*	Brasil	3,09	0,853
Guimarães (1985)*	Brasil	3,13	0,869
SUDENE/ITEP (1988)	Pernambuco – Brasil	1,86 – 2,80	0,516 – 0,778
Tapia <i>et al.</i> (2000)	Brasil	2,09 - 3,35	0,582 – 0,931
Tapia <i>et al.</i> (2000)	Rio de Janeiro – Brasil Cerâmica Argibem Ltda.	1,78 – 2,76	0,493 – 0,766
Tapia <i>et al.</i> (2000)	Rio de Janeiro – Brasil RP Pesanha Cerâmica	1,08 – 1,37	0,300 – 0,379
Tapia <i>et al.</i> (2000)	Rio de Janeiro – Brasil Tijolar Indústrias Cerâmicas Ltda.	1,78 – 2,00	0,496 – 0,556
<i>Energia incorporada em telhas cerâmicas</i>			
Green Building Digest (1996)	Reino Unido	6,30	1,750
Chen <i>et al.</i> (2001)	-	5,47	1,519

* Referências extraídas de SPERB (2000)

Tabela 1 - Energia incorporada a materiais de cerâmica vermelha

Estimativa da energia incorporada a materiais cerâmicos locais

Metodologia de cálculo adotada

As informações utilizadas no processo de cálculo para estimativa da energia incorporada a materiais de cerâmica vermelha locais foram obtidas nas próprias indústrias, com a aplicação de questionário, que continha perguntas diretas e indiretas referentes ao consumo de energia elétrica, lenha, serragem, cavaco e óleo diesel, entre outros. Cabe lembrar que o questionário era mais amplo. As perguntas abordavam diversos aspectos ligados aos impactos ambientais associados a cada fase do processo produtivo, como os recursos naturais utilizados, as fontes de energia empregadas e as emissões geradas, bem como os resíduos sólidos produzidos. O questionário era misto, com perguntas abertas e fechadas. O entrevistado era sempre um funcionário experiente da indústria e a entrevista tinha duração de cerca de 45 minutos.

Na ocasião da aplicação do questionário era realizada uma visita a indústria.

Assim, os cálculos para estimar a energia incorporada consideram as informações obtidas nas entrevistas, sendo, portanto, dependentes da qualidade dos dados declarados pelos entrevistados. Na maioria dos casos, os entrevistados responderam às perguntas com base na experiência adquirida do cotidiano, pois a maioria não faz um controle rigoroso das quantidades dos insumos necessários para a fabricação do produto.

No processo de cálculo, foram considerados os gastos com: energia elétrica utilizada, principalmente, nas fases de preparação de matéria-prima, extrusão e secagem artificial; biomassa (lenha, serragem, cavaco, etc.); ou outras matérias-primas utilizadas na fase de queima e secagem artificial. Computou-se, também, a energia gasta em geradores, que, geralmente, consomem óleo diesel e são ligados nos horários em que a energia elétrica é mais cara. Adicionalmente, foram estimados os gastos com extração e transporte de argila, transporte de insumos energéticos e outras matérias-primas

utilizadas na massa. Enfim, buscou-se avaliar todos os gastos energéticos intervenientes no processo produtivo.

Após o levantamento de dados, a energia estimada, gerada a partir dos insumos energéticos, foi convertida em poder calorífico. Essa conversão foi realizada adotando-se os valores da Tabela 2.

No caso da lenha, os poderes caloríficos apresentam uma grande variação, dependendo de uma série de fatores, como, por exemplo, a espécie das árvores e o teor de umidade da madeira. Nas indústrias que utilizam lenha de eucalipto, foram considerados os valores médios para *Eucalyptus grandis*, fornecidos pelo Dr. José Carlos Duarte Pereira, pesquisador da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (Embrapa), Unidade Florestas. Admitiu-se que 1 m³, com uma percentagem de 17% de casca, produz 1.262.735 kcal e pesa 303,1 kg (261,45 kg de madeira seca e 41,65 kg de casca), obtendo-se um poder calorífico de 4.166 kcal/kg.

Nas indústrias que não informaram o tipo da lenha utilizada, ou que utilizam tipos variados, foram utilizados os valores empregados no Balanço Energético Consolidado do Estado do Rio Grande do Sul 1999-2000 (SILVEIRA, 2002), que adota para 1 m³ de lenha comercial o peso de 400 kg, sendo o seu poder calorífico de 3.000 kcal/kg.

A Tabela 3 apresenta outras unidades de conversão utilizadas no decorrer da pesquisa. Os valores adotados para 1 m³ de retalhos de móveis, cavaco e

serragem foram informados pelos proprietários das indústrias cerâmicas.

A realização desses cálculos foi possível em 20 das 40 indústrias cerâmicas visitadas. No restante das indústrias visitadas não foi possível quantificar a energia gasta no processo, pois na fase de coleta de dados quantitativos foram encontradas algumas dificuldades, como:

- (a) falta de controle, pelos administradores, a respeito das quantidades exatas de insumos energéticos consumidos nas indústrias cerâmicas, principalmente nas indústrias de pequeno e médio portes (muitas vezes expressa por respostas contraditórias);
- (b) na maioria dos casos, não há um técnico cerâmico responsável pelo setor de produção; o cálculo das quantidades de insumos energéticos necessários, bem como a mistura da argila, é realizado de forma empírica;
- (c) em alguns casos, existe a terceirização do transporte de argila e insumos energéticos, pagando o proprietário pelo produto entregue na indústria, sem saber informar, de forma precisa, os gastos com combustíveis e outros;
- (d) grande variabilidade no número de peças produzidas durante o ano, bem como no formato ou no peso, acarretando também grande variabilidade no consumo energético; e
- (e) insegurança e desconfiança por parte dos entrevistados em fornecer os dados.

Energético	Poder calorífico	Fonte
Óleo diesel	9.159 kcal/l	Brasil, 2000; Silveira, 2002
Lenha	3.000 kcal/kg	Silveira, 2002
Lenha de eucalipto	4.166 kcal/kg	Pereira <i>et al.</i> , 2000
Serragem	2.500 kcal/kg	Ferreira, 1977; Redenergia, 2002
Cavacos	2.500 kcal/kg	Ferreira, 1977; Redenergia, 2002
Sabugo de milho	2.900 kcal/kg	Redenergia, 2002

Tabela 2 - Valores de poderes caloríficos adotados para os energéticos utilizados

Energético	Peso	Fonte
1 m ³ de óleo diesel	852 kg	Brasil, 2000
1 m ³ de lenha comercial	400 kg	Silveira, 2002
1 m ³ st de lenha de eucalipto	303 kg	Pereira <i>et al.</i> , 2000
1 m ³ de retalhos de móveis	550 kg	Indústrias visitadas
1 m ³ de cavaco ou serragem	550 kg	Indústrias visitadas
1 m ³ de argila	1.700 kg	Zanini, 1998

Tabelas 3- Tabela de pesos adotados para os energéticos utilizados

Caracterização das indústrias

Das 20 indústrias para as quais foi possível calcular a energia incorporada aos produtos cerâmicos, cinco são de pequeno porte (com produção de até 100.000 peças/mês); seis, de médio porte (produção de 100.000 a 300.000 peças/mês); e nove, de grande porte (com produção maior que 300.000 peças/mês). Quanto aos produtos fabricados por elas, uma produz exclusivamente telhas, outra produz telhas e blocos, e as demais produzem tijolos e blocos.

As características gerais dessas 20 indústrias são apresentadas a seguir, na Tabela 4. Cada indústria recebeu um código com uma letra e um número. A letra diz respeito ao porte da indústria, podendo ser pequena (P), média (M) ou grande (G). A numeração está em ordem crescente de produção mensal entre as indústrias.

Quanto ao tipo de secagem das peças, as indústrias cerâmicas utilizam o processo natural e/ou artificial. Na secagem natural, as peças são colocadas em prateleiras, em grandes galpões cobertos, sendo secas naturalmente pelo ar ambiente. Já a secagem artificial é realizada em câmaras de alvenaria comum e pode ser realizada de forma contínua ou intermitente. Neste processo, o primeiro estágio da operação é de aquecimento das peças com ar quente e saturado de umidade. A finalidade desse estágio é aquecer as peças, sem que elas percam a água livre. A seguir, o ar quente e úmido vai, paulatinamente, sendo substituído por ar quente e seco, até que toda a umidade seja extraída do material.

Os fornos utilizados pelas indústrias podem ser classificados em três categorias: intermitente, semicontínuo ou túnel. Os fornos intermitentes são os mais simples, devendo ser cozido um lote de cada vez. Estes apresentam muitos inconvenientes, como o elevado consumo de combustível e uso de mão-de-obra, e o desgaste da estrutura, devido às variações sucessivas de calor e frio. Apresentam, porém, vantagens como o baixo custo de instalação e a facilidade de execução (VERÇOZA, 1987).

Os fornos semicontínuos mais utilizados são do tipo Hoffmann. Este, normalmente, é dividido em compartimentos, denominados poços ou câmaras. A queima se dá poço a poço. Isto é, enquanto um poço está queimando, os posteriores estão na fase de aquecimento, aproveitando o calor da queima, e os anteriores estão resfriando, com o uso de ar ambiente (TAPIA *et al.*, 2000).

Nos fornos do tipo túnel, os ciclos de aquecimento, queima e resfriamento ocorrem de forma contínua,

sem interrupção para descarga ou carregamento das peças. Assim, enquanto uma vagoneta com um lote de peças está chegando ao final do ciclo, outra vagoneta, com uma quantidade igual, está iniciando o ciclo, sem descontinuidade do processo (TAPIA *et al.*, 2000).

Foi observado que algumas indústrias reaproveitam o calor gerado nos fornos para realizar a secagem natural, o que representa uma redução significativa no consumo total de energia. A Sudene/Itep (1988), em pesquisa realizada no Estado de Pernambuco, constatou que, quando o calor do forno era reaproveitado, a energia consumida era reduzida de 0,780 kWh/kg (2,8 MJ/kg) para 0,517 kWh/kg (1,86 MJ/kg).

Resultados obtidos: quantificação dos insumos energéticos utilizados

Os dados coletados junto às indústrias foram tabulados e convertidos em kWh. As conversões de unidades, de kcal para kWh, foram realizadas com o auxílio do software “ESB Unit Conversion Utility v. 1.4.3” (2000). A Tabela 5 compila os gastos totais de energia, referentes a cada uma das indústrias, a cada mês, para produzir as quantidades mostradas na Figura 7. O item biomassa inclui insumos energéticos como: lenha, serragem, cavaco, retalhos de móveis e sabugo de milho. No cálculo do consumo de óleo diesel, foram considerados os gastos com transporte de matéria-prima e insumos, gastos com gerador de energia e, em alguns casos, com a extração de argila em si.

Para possibilitar a comparação entre as indústrias analisadas, a Figura 3 fornece os valores da energia consumida para a confecção de 2.000 kg de produto acabado (aproximadamente 1.000 tijolos). Ao analisar esta figura, deve-se levar em conta que os consumos variam de acordo com diversos fatores, tais como o tipo de produto fabricado, a eficiência dos fornos, o tipo de secagem e o reaproveitamento do calor do forno para a secagem, entre outros.

Como pode ser observado, as indústrias que mais consomem energia para fabricar a mesma quantidade de produto acabado são as indústrias M1 e G7. Ambas produzem telhas entre os seus produtos. A indústria M1 produz 130.000 peças/mês. Destas, 50.000 são blocos de 6 furos redondos, 60.000 são telhas, do tipo francesa, e 20.000 são cumeeiras. Embora reaproveite o calor do forno para a secagem, esta indústria possui forno do tipo intermitente, apontado como de baixa eficiência energética pela bibliografia.

Cód.	Cidade, Região	Nº de peças/mês	Massa seca (kg)	Tipo de produto	Secagem	Tipo de forno	Reaprov. calor do forno?
P1	Barão, Vale do Caí	40.000	104.000	Tijolos maciços	Natural	Intermitente	Não
P2	Carlos Barbosa, Serra	50.000	112.500	Tijolos maciços	Natural	Intermitente	Não
P3	Gravataí, Região Metropolitana	60.000	126.000	Tijolos maciços, blocos de 4, 6 e 8 furos	Natural	Semicontínuo	Não
P4	São Pedro da Serra, Vale do Caí	80.000	192.000	Tijolos maciços e blocos de 6 furos	Natural	Intermitente	Não
P5	Pelotas, Sul	100.000	219.500	Tijolos maciços e blocos de 6 furos	Natural	Semicontínuo	Não
M1	Feliz, Vale do Caí	130.000	274.000	Blocos de 6 furos, telhas e cumeeiras	Natural e artificial	Intermitente	Sim
M2	Carlos Barbosa, Serra	150.000	255.000	Tijolos de 3 furos	Natural	Intermitente	Não
M3	Cerrito, Sul	174.000	469.800	Blocos de 6 furos	Natural	Intermitente	Não
M4	Farroupilha, Serra	250.000	538.500	Tijolos maciços e blocos de 6 e 13 furos	Natural e artificial	Intermitente	Não
M5	Arroio do Meio, Vale do Taquari	250.000	550.000	Tijolos maciços	Natural e artificial	Semicontínuo	Sim
M6	Pelotas, Sul	290.000	667.000	Blocos de 6 e 8 furos	Natural e artificial	Semicontínuo	Não
G1	Gravataí, Metropolitana	320.000	790.000	Blocos de 6 furos	Natural e Artificial	Túnel	Sim
G2	Encantado, Vale do Taquari	450.000	967.500	Blocos de 4, 6 e 8 furos e tabelas	Artificial	Túnel e semicontínuo	Sim
G3	Vila Flores, Serra	500.000	1.000.000	Blocos de 6 e 11 furos	Natural	Túnel	Não
G4	Estrela, Vale do Taquari	500.000	1.132.000	Tijolos maciços e blocos de 6 furos	Natural e artificial	Túnel e intermitente	Sim
G5	Pelotas, Sul	600.000	1.500.000	Blocos de 6 furos	Artificial	Túnel	Sim
G6	Candelária, Vale do Rio Pardo	1.200.00	3.469.000	Blocos variados	Artificial	Túnel	Não
G7	Bom Princípio, Vale do Caí	1.300.000	3.278.000	Telhas	Artificial	Túnel	Não
G8	Santa Maria, Central	1.400.000	3.000.000	Tijolos, blocos de vedação e estruturais	Artificial	Túnel	Sim
G9	Vila Flores, Serra	1.500.000	3.300.000	Blocos variados	Natural e artificial	Túnel e intermitente	Sim

Tabela 4 - Características gerais das indústrias estudadas

Cód.	Insumos energéticos					Total de energia consumida
	Energia elétrica	Biomassa		Óleo diesel		
	kWh	Tipo de insumo	kWh	Etapas consideradas	kWh	kWh
P1	1.750	Retalhos de móveis	57.613	Transporte	739	60.102
P2	161	Retalhos de móveis e serragem	84.819	Transporte	2.132	87.112
P3	3.000	Lenha	102.843	Transporte	1.456	107.299
P4	1.070	Lenha	158.672	Transporte	7.106	166.848
P5	4.550	Lenha	88.151	Transporte	853	93.554
M1*	9.315	Lenha e serragem	404.453	Transporte	11.797	425.565
M2	800	Retalhos de móveis	111.734	Transporte e extração	13.645	126.179
M3	3.000	Lenha	108.720	Transporte	2.234	113.954
M4	8.000	Retalhos de móveis	363.135	Transporte	6.460	377.595
M5	2.700	Lenha	264.453	Transporte	967	268.120
M6	14.000	Lenha	514.214	Transporte	8.034	536.248
G1	12.800	Cavaco e serragem	1.040.231	Transporte e extração	10.571	1.063.601
G2	29.500	Cavaco, serragem e sabugo de milho	1.256.842	Transporte	12.159	1.298.501
G3	17.000	Serragem	640.142	Transporte	19.988	677.130
G4	24.500	Lenha e serragem	1.196.331	Transporte e extração	99.789	1.320.620
G5	40.535	Lenha	440.755	Transporte e extração	26.650	507.940
G6	126.000	Cavaco e serragem	3.720.825	Transporte	171.123	4.017.948
G7**	50.100	Serragem	8.641.916	Transporte, extração e gerador	168.302	8.860.318
G8	77.329	Lenha	1.439.798	Transporte e gerador	111.991	1.629.118
G9	69.703	Lenha, cavaco e serragem	2.027.992	Transporte, extração e gerador	121.169	2.218.864

* Produz telhas entre seus produtos

** Produz exclusivamente telhas

Tabela 6 - Consumos totais de energia nas indústrias estudadas

Já a indústria G7 produz exclusivamente telhas, de tipos variados. Ela utiliza um processo de esmaltação, cujos gastos energéticos associados a esse processo não foram computados. Porém, observa-se que esta indústria utiliza somente o processo de secagem artificial, e não reaproveita o calor dos fornos, o que acarreta maior consumo energético.

De modo geral, as indústrias de pequeno porte são as que possuem equipamentos e técnicas mais precárias, além da falta de controle dos insumos empregados. Das cinco indústrias deste porte pesquisadas nenhuma reaproveita o calor dos fornos na secagem; todas utilizam secagem natural; três possuem fornos intermitentes; e duas possuem fornos semicontínuos.

Das indústrias de médio porte que produzem tijolos e blocos, identificadas como M2 a M6, três possuem fornos intermitentes, e duas, semicontínuos. Três utilizam os dois processos de

secagem conjuntamente, e o restante utiliza secagem natural. Deste grupo, somente a indústria M5 reaproveita o calor do forno na secagem, o que reduz o gasto energético. O desempenho da indústria M3, apesar de utilizar somente o processo de secagem natural, se situa muito abaixo do das demais, fato que gera desconfiança a respeito dos dados fornecidos pela própria empresa.

As indústrias de grande porte, notavelmente, possuem tecnologia e equipamentos mais adequados do que as indústrias de pequeno e médio portes. Das oito indústrias pesquisadas que produzem tijolos e blocos, todas possuem fornos do tipo túnel, sendo que duas ainda utilizam fornos do tipo intermitente, para complementar a produção. Destas, somente uma utiliza secagem totalmente natural; quatro usam secagem totalmente artificial; enquanto três utilizam os dois tipos de secagem. É de se destacar que seis indústrias reaproveitam o calor do forno.

Desdobrando-se o consumo de energia total, para a fabricação de materiais cerâmicos, na participação individual de cada insumo energético, destaca-se a utilização de biomassa como principal fonte de energia. A Figura 4 identifica a participação de cada insumo energético nas 18 indústrias que produzem tijolos e blocos cerâmicos. A média simples resultante mostra que 94% da energia utilizada é gerada a partir de biomassa; 2,62%, de energia elétrica; e 3,38%, de óleo diesel. Já a média ponderada pelo número de peças fabricadas mensalmente pelas indústrias permite concluir que 92,15% da energia utilizada é gerada a partir de biomassa, 3,34%, de energia elétrica, e 4,51%, de óleo diesel.

Para a indústria M1, que produz blocos, telhas e cumeeiras, a participação de cada insumo, no total de energia consumida, é: 95,04% de biomassa; 2,19% de energia elétrica; e 2,77% de óleo diesel. Já na indústria G7, que produz exclusivamente telhas, o total de energia é gerado por: 97,54% de biomassa; 0,57% de energia elétrica; e 1,90% de óleo diesel.

Comparação dos obtidos com a bibliografia analisada

Os resultados encontrados foram convertidos para as unidades kWh/kg e MJ/kg para possibilitar uma comparação com os valores indicados pelas bibliografias nacional e internacional, anteriormente citados. A maioria dos dados extraídos da bibliografia é de estimativas para tijolos e blocos cerâmicos, não apresentando maiores detalhes de como os dados foram gerados. Assim, não permitem comparações, por exemplo, pelo tipo específico de blocos produzidos.

A Figura 5 compara os valores obtidos nas 18 indústrias que produzem tijolos e blocos cerâmicos, com os valores referenciados pela

bibliografia internacional, que variam de 0,291 a 1,944 kWh/kg (dados extraídos da Tabela 1). Apenas um dos resultados, associado à indústria M3, situa-se abaixo da faixa indicada. Ainda com relação à mesma figura, estão marcados alguns valores apontados para outros países: no Canadá, de 1,361 kWh/kg (COLE; ROUSSEAU apud SPERB, 2000); na Suíça, de 0,861 kWh/kg (COLE; ROUSSEAU apud SPERB, 2000); na Austrália, de 0,694 kWh/kg (LAWSON, 1996); e na Nova Zelândia, também de 0,694 kWh/kg (ALCORN; BAIRD apud SPERB, 2000).

A Figura 6 compara os resultados obtidos com os valores indicados pela bibliografia nacional, que variam em uma faixa de 0,300 kWh/kg a 0,931 kWh/kg (dados extraídos da Figura 4). Dos 18 valores obtidos, cinco se situam fora da faixa indicada. Somente um dos valores se situa abaixo da faixa, obtido em uma indústria de médio porte. Os quatro valores superiores à faixa indicada foram obtidos em indústrias de grande porte. As indústrias G1 e G4 utilizam processo misto de secagem, e as indústrias G2 e G6 utilizam processo de secagem totalmente artificial. Esse processo de secagem também é utilizado em outras indústrias de grande porte, que se situam dentro da faixa indicada. Porém, a secagem artificial é um processo que consome quantidades elevadas de energia e que merece análises específicas mais aprofundadas. No caso de secagem mista, deveria se verificar a percentagem de peças secas artificialmente, a quantidade de calor reaproveitado para a secagem, a existência de perdas no processo e o tipo de blocos produzidos, entre outros fatores.

Por fim, a Tabela 6 resume os valores de energia incorporada a materiais cerâmicos locais por porte das indústrias, bem como fornece os valores gerais, excluindo as indústrias que produzem telhas.

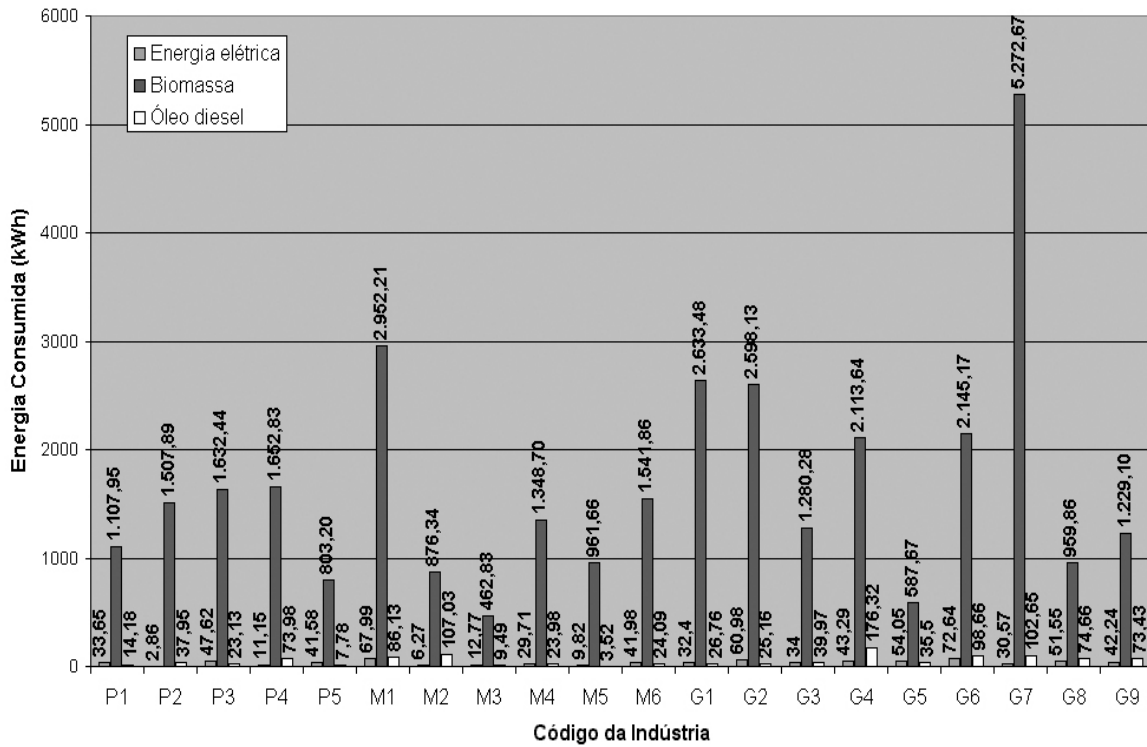


Figura 3 - Gráfico comparando o consumo de energia para a fabricação de 2.000 kg de produto acabado

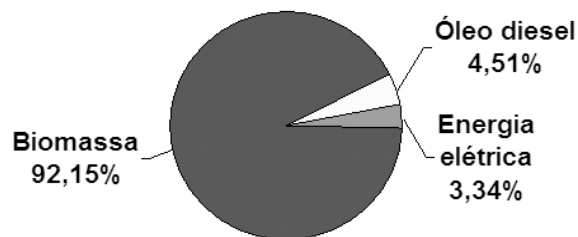


Figura 4 - Média ponderada da participação de cada insumo energético no total de energia consumida para tijolos e blocos cerâmicos

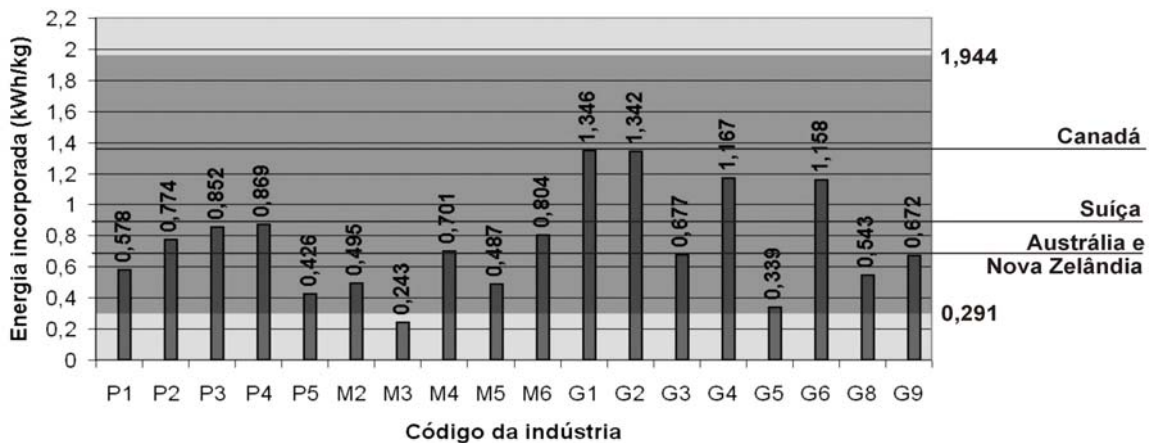


Figura 5 - Comparação entre os resultados obtidos e a bibliografia internacional

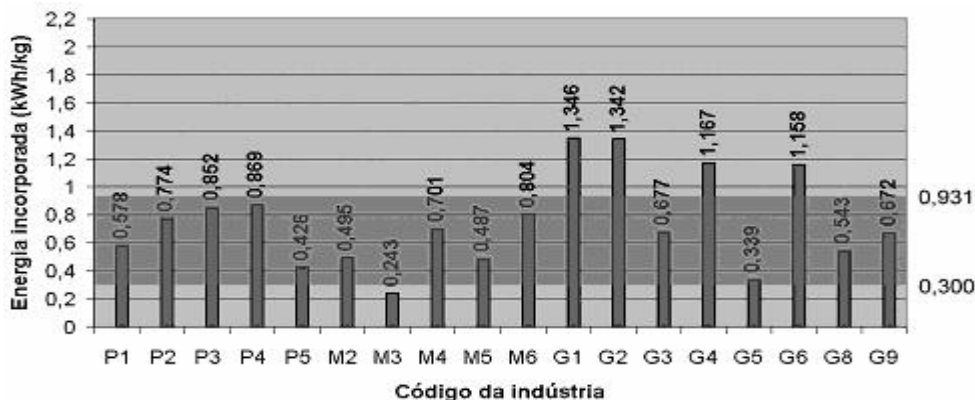


Figura 6 - Comparação entre os resultados obtidos e a bibliografia nacional

Indicadores	Unidades	Porte das indústrias			
		Pequenas	Médias	Grandes	Geral
Número de indústrias	-	5	5	8	18
Consumo de energia (média simples)	kWh/kg	0,700	0,546	0,905	0,748
	MJ/kg	2,52	1,96	3,26	2,69
Consumo de energia (média ponderada*)	kWh/kg	0,682	0,580	0,822	0,782
	MJ/kg	2,46	2,09	2,96	2,82
Menor consumo de energia	kWh/kg	0,426	0,242	0,338	0,242
	MJ/kg	1,53	0,87	1,22	0,87
Maior consumo de energia	kWh/kg	0,869	0,804	1,346	1,346
	MJ/kg	3,13	2,89	4,85	4,85
Desvio padrão	kWh/kg	0,192	0,217	0,392	0,328
	MJ/kg	0,697	0,609	1,412	1,181
Faixa de inclusão de 66% das indústrias	kWh/kg	0,508 a 0,892	0,329 a 0,763	0,513 a 1,297	0,421 a 1,076
	MJ/kg	1,82 a 3,21	1,18 a 2,74	1,85 a 4,67	1,51 a 3,87

* Média ponderada por número de peças produzidas mensalmente pelas indústrias.

Tabela 5 - Características gerais das indústrias pesquisadas a respeito da energia incorporada aos seus produtos (tijolos e blocos)

Considerações a respeito do tipo de fontes energéticas utilizadas

O valor de energia incorporada a um material é um indicativo da quantidade de energia gasta para a sua fabricação. Porém, esta não deve ser tomada como o único fator a ser considerado na definição dos impactos ambientais causados. Outro aspecto que deve ser observado, por exemplo, é o tipo de fonte energética utilizada no processo.

No caso das indústrias cerâmicas pesquisadas, observa-se que a energia elétrica utilizada não é significativa. No Brasil, cerca de 95% da energia elétrica é gerada em hidrelétricas. Esta tem sido considerada como uma fonte de energia limpa, apesar dos impactos ambientais causados pela implantação das hidrelétricas.

Segundo Lippiatt (2000), os combustíveis fósseis, como o óleo diesel, deverão se esgotar em 75 anos. A produção e o uso do diesel geram material particulado, CO₂, componentes voláteis orgânicos (VOCs), SO₂, NO_x. Provocam, conseqüentemente, aquecimento global, poluição do ar e chuva ácida (LYLE, 1994).

A maior parte da energia investida no processo de produção de tijolos e telhas cerâmicas provém de biomassa (lenha, serragem, cavaco, retalho de móveis e, até, sabugo de milho), um recurso renovável. Na queima há liberação de CO₂. No entanto, este é absorvido pela biomassa em crescimento, ou seja, faz parte de um ciclo. A lenha utilizada nas indústrias nem sempre provém de áreas de reflorestamento. A serragem, o cavaco e os retalhos de móveis são resíduos de outros processos produtivos. No entanto, os retalhos de móveis podem possuir substâncias nocivas à saúde, incorporadas quando da sua manufatura, merecendo uma melhor avaliação de sua

sustentabilidade, caso a caso. Caso emitam gases tóxicos ou poluentes, o seu uso seria desaconselhado.

Considerações finais

Este artigo apresentou dados qualitativos e quantitativos relacionados ao consumo de energia em indústrias de cerâmica vermelha do Estado do Rio Grande do Sul. Destaca-se a estimativa sobre a energia incorporada aos produtos fabricados por 20 indústrias de cerâmica vermelha, das quais 18 indústrias produzem tijolos e blocos cerâmicos, uma produz blocos, telhas e cumeeiras e uma produz exclusivamente telhas.

Realizando-se uma média ponderada, baseada no número de peças produzidas mensalmente em cada uma das 18 indústrias que produzem tijolos e blocos cerâmicos, obteve-se a seguinte participação de cada fonte energética, no total de energia consumida: 3,34% é energia elétrica, 4,51%, óleo diesel, e 92,15%, biomassa. A maior parte da energia utilizada nas indústrias é originária da biomassa (lenha, serragem, cavaco, retalho de móveis e sabugo de milho), consumida nas etapas de queima e, em algumas indústrias, na secagem artificial.

O valor médio ponderado de energia incorporada, entre as 18 indústrias pesquisadas e para a metodologia utilizada, baseado nos valores fornecidos pelas próprias indústrias, foi de 0,782 kWh/kg para tijolos e blocos (a mediana para os 18 valores obtidos é de 0,701 kWh/kg). Porém, obtiveram-se as seguintes médias ponderadas de energia incorporada aos produtos, por porte das indústrias: 0,682 kWh/kg para as de pequeno porte; 0,580 kWh/kg para as de médio porte; e 0,822 kWh/kg para as de grande porte. Em geral, as indústrias de grande porte são as que possuem equipamentos mais eficientes. Porém, este não é o único fator que influi na avaliação. A maioria destas indústrias, por exemplo, utiliza a secagem artificial, que consome grandes quantidades de energia.

Dos 18 valores de energia incorporada encontrados para a fabricação de tijolos e blocos cerâmicos, cinco ficam fora da faixa determinada pelos valores encontrados na bibliografia nacional disponível, que é de 0,300 kWh a 0,931 kWh. O valor mínimo encontrado nas indústrias cerâmicas pesquisadas foi de 0,242 kWh/kg, e o máximo, de 1,346 kWh/kg.

O valor da energia consumida na indústria que fabrica telhas entre seus produtos é de 1,553 kWh/kg. Já em outra indústria, que fabrica exclusivamente telhas, o valor obtido é de 2,703 kWh/kg, bem acima dos valores citados pela bibliografia internacional consultada, que variam de 1,519 kWh/kg a 1,750 kWh/kg.

Cabe ressaltar que os dados relativos à energia incorporada a produtos cerâmicos locais apresentados constituem uma estimativa a partir dos dados fornecidos nas indústrias entrevistadas. Neste sentido contribuiu para o conhecimento da realidade local, porém tais dados devem ser aprofundados e refinados por trabalhos futuros.

Referências bibliográficas

AGRAFIOTIS C.; TSOUTSOS, T. Energy saving technologies in the European ceramic sector: a systematic review. **Applied Thermal Engineering**, v. 21, n. 12, p. 1231-1249, Aug. 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA (ABC). Disponível em: <<http://www.abceram.org.br>>. Acesso em: 14 maio 2002.

BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Balanco Energético Nacional**. Brasília, 2000. 154 p. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/pub/td/td_2000/td0719.pdf>. Acesso em: 3 dez. 2002.

BUSTAMANTE, G. M.; BRESSIANI, J. C. A indústria cerâmica brasileira. **Revista Cerâmica Industrial**, [São Paulo], v. 5, n. 3, p. 31-36, 2000.

CHEN, T. Y.; BURNETT, J.; CHAU, C. K. Analysis of embodied energy in the residential building of Hong Kong. **Energy**, n. 26, p. 323-340, 2001.

CIB. **Agenda 21 on sustainable construction**. Rotterdam, Netherlands: CIB, 1999. 120 p. Report Publication 237.

CIB. UNEP-IETC. **Agenda 21 for sustainable construction in developing countries**. Pretoria: Capture Press, 2002. 82 p. A Discussion Document.

ESB. **Unit Conversion Utility, versão 1.4.3**: programa de conversão de unidades. [S.I.]: ESB Consultancy, Oct. 2000.

FERREIRA, C. M. Combustíveis industriais. In: IBP – Instituto Brasileiro de Petróleo. **Apostilas do Curso de Informação sobre Combustíveis e Combustão**. Rio de Janeiro: IBP, 1977. p. 1-24.

GREEN BUILDING DIGEST. **Roofing Materials**. Liverpool, United Kingdom: Ethical Consumer Research Association (ECRA), The Technical Aid Network (ACTAC), n. 11, June/July 1996.

GRIGOLETTI, G. **Caracterização de impactos ambientais de indústrias de cerâmica vermelha do Estado do RS**. 2001. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia,

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

LAWSON, B. **Building materials, energy and the environmental imperative: towards ecologically sustainable development**. Australia: The Royal Australian Institute of Architects, 1996. 135 p.

LIPPIATT, B. C. **BEES 2.0 – Building for Environmental and Economic Sustainability: technical manual and user guide**. United States of America: U.S. Department of Commerce, National Institute of Standards Technology, June 2000. 140 p.

LYLE, J. T. **Regenerative design for sustainable development**. New York: Wiley, 1994. 338 p.

MANFREDINI, C. **Impactos ambientais causados pelos indústrias de cerâmica vermelha no Rio Grande do Sul**. 2003. 179 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

MILLER, A. J. Energy of the Transportation of Building Materials. In: CONSTRUCTION AN THE ENVIRONMENT – CIB WORLD BUILDING CONGRESS, 1998, Gävle, Sweden. **Proceedings...** Gävle, Sweden: Kickan Fahlstedt, 1998, p. 803-810.

MITIDIERI, C. V.; CAVALHEIRO, W. Desenvolvimento de sistema construtivo em “painéis cerâmicos”. In: **Tecnologia de edificações**. Projeto de divulgação tecnológica Lix da Cunha. São Paulo: PINI; Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Divisão de Edificações, 1988. p. 175-178.

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 38).

PLESSIS, C. Finding the tin man's heart: social responsibility in the construction sector. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., 2002, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos...** Foz do Iguaçu: InfoHab/LabEEEE, 2001.

REDENERGIA. **Apresenta informações sobre poderes caloríficos de insumos energéticos**. Disponível em: <<http://www.redenergia.com.br>>. Acesso em: 5 dez. 2002.

ROMAN, H.; GLEIZE, P. Possibilidades de utilização de resíduos pela indústria cerâmica. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7., 1998, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Foz do Iguaçu: InfoHab/LabEEEE, 2002. p. 893-898.

SILVEIRA, E. J. T. **Balanco Energético Consolidado do Estado do Rio Grande do Sul 1999-2000**. Porto Alegre: Secretaria de Energia, Minas e Comunicações, 2002. 266 p.

SPERB, R. S. **Avaliação de tipologias habitacionais a partir da caracterização de impactos ambientais relacionados a materiais de construção**. 2000. 149 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

SUDENE/Itep. **Conservação de energia no setor industrial: 01 cerâmica vermelha**. Recife: SUDENE/Itep, 1988. 113 p.

SZOKOLAY, S. V. The environmental imperative. In: INTERNATIONAL CONFERENCE IN PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE - PLEA, 14., 1997, Kushiro. **Proceedings...** Kushiro: PLEA, 1997. v. 1, p. 3-12.

TAPIA, R. S. E. C.; VILLAR, S. C.; HENRIQUE Jr., M. F.; RODRIGUES, J. A. P.; FERREIRA Jr., J. A. **Manual para a indústria de cerâmica vermelha**. Rio de Janeiro: SEBRAE/RJ, 2000. 90 p.

VERÇOZA, E. J. **Materiais de construção**. 3. ed. Porto Alegre: Sagra, 1987. v. I e II.

YOHANIS, Y. G.; NORTON, B. Life-cycle operational and embodied energy for a generic single-storey office building in the UK. **Energy**, n. 27, p. 77-92, 2002.

ZANINI, L. F. P. **Potencial mineral para não metálicos da Região Metropolitana de Porto Alegre, RS**. Porto Alegre: CPRM/METROPLAN, 1998.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul e ao Sindicato das Indústrias de Olaria e de Cerâmica para Construção no Estado do Rio Grande do Sul, pela concessão dos recursos que possibilitaram a realização desta pesquisa, e à CAPES, pela bolsa de mestrado concedida a um dos autores.