



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

REVESTIMENTO CERÂMICO E DE GRANITO: ESTUDO PRELIMINAR COMPARATIVO COM FOCO NA ENERGIA INCORPORADA

Ana Emília de Moraes (1); Rosa Maria Sposto (2)

(1) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – Faculdade de Tecnologia – Universidade de Brasília, Brasil – e-mail: emiliademoraes@gmail.com

(2) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – Faculdade de Tecnologia – Universidade de Brasília, Brasil – e-mail: rmsposto@unb.br

RESUMO

A indústria de suprimentos que alimenta o processo de edificações no que se refere aos componentes de revestimentos tais como placas cerâmicas, pétreas e cimentícias, entre outras, é caracterizada pelo uso de recursos naturais (matéria prima e energia) em alguns casos abundantes, porém finitos. A crise de energia e o impacto do meio ambiente que ocorrem hoje no Brasil e no mundo, apontam a necessidade de mais pesquisas destes componentes, buscando o levantamento de dados considerando-se desde a extração da matéria prima para a sua produção até a possibilidade de sua reciclagem ao final da sua vida útil. Este trabalho tem como objetivo fornecer um estudo preliminar sobre o desempenho ambiental com foco na energia incorporada de revestimentos cerâmicos e de pedra (granito). O trabalho restringe-se a energia incorporada até a entrega do produto na obra (m^2 de placas de revestimento). Não é considerada neste trabalho a energia gasta na fabricação de argamassa e suportes (para o caso do assentamento das placas ou da fixação de granito com *inserts* metálicos). Para o desenvolvimento do trabalho fez-se um levantamento de dados de energia incorporada na fase de extração da matéria prima, fabricação dos componentes e transporte, considerando-se um estudo de caso para o Distrito Federal. Esse trabalho fornece subsídios para a avaliação preliminar do desempenho ambiental de revestimentos, especificamente em relação à energia incorporada; desta forma, os projetistas e os empreendedores terão de antemão resultados sobre o seu desempenho, podendo tomar decisões que gerem um processo de produção de edificações mais sustentáveis.

Palavras-chave: desempenho ambiental, cerâmica e pedra, revestimentos, energia incorporada

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Segundo Sposto (2004) a indústria de suprimentos que alimenta o processo de edificações é caracterizada pela abundância de materiais e componentes. Observa-se, porém, que estes recursos não são infinitos. A crise de energia, o impacto do meio ambiente e a degradação das fontes naturais de recursos, que ocorrem hoje no Brasil e no mundo, apontam a necessidade de mais pesquisas sobre esses materiais e componentes, contribuindo assim para a amenização dos impactos ambientais produzidos, considerando-se desde a extração da matéria prima para a sua produção até a possibilidade de sua reciclagem no final da sua vida útil.

Este trabalho fornece subsídios para que os revestimentos sejam avaliados no que se refere ao seu desempenho ambiental, especificamente em relação à energia incorporada; desta forma, os projetistas e os empreendedores terão de antemão resultados sobre o seu desempenho, podendo tomar decisões que gerem um processo de produção de edificações mais sustentável.

O objetivo específico é levantar dados da energia incorporada de placas de granito e de cerâmica e realizar uma comparação do desempenho ambiental entre ambas.

2. ENERGIA INCORPORADA EM PLACAS CERÂMICAS E GRANITO

Todo processo de fabricação consome energia, e este consumo se inicia desde a extração de matérias primas até a disposição final do produto fabricado.

Segundo Szokolay (1997) apud Manfredini; Sattler (2003), a energia incorporada, ou o investimento energético em uma edificação, estão fortemente relacionados ao tipo e à quantidade dos materiais utilizados. Infelizmente, são poucos os dados do conteúdo energético de vários materiais e componentes no Brasil e a utilização de dados de outros países não é adequada, já que estes possuem características particulares, derivadas do desenvolvimento tecnológico, disponibilidade de materiais e equipamentos e outras condições.

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 apud MANFREDINI; SATTLER, 2003). Esse trabalho baseou-se no método analítico.

3. METODOLOGIA

Para alcançar os objetivos propostos, procedeu-se ao levantamento da energia incorporada em revestimentos de granito e de cerâmica e a comparação desta energia incorporada.

Na Figura 3.1 são apresentadas as unidades consideradas para análise da energia incorporada em cada etapa do ciclo de vida do produto de revestimento até sua chegada a obra e a fase de análise de execução do revestimento, exemplificando hipoteticamente a execução de fachada.

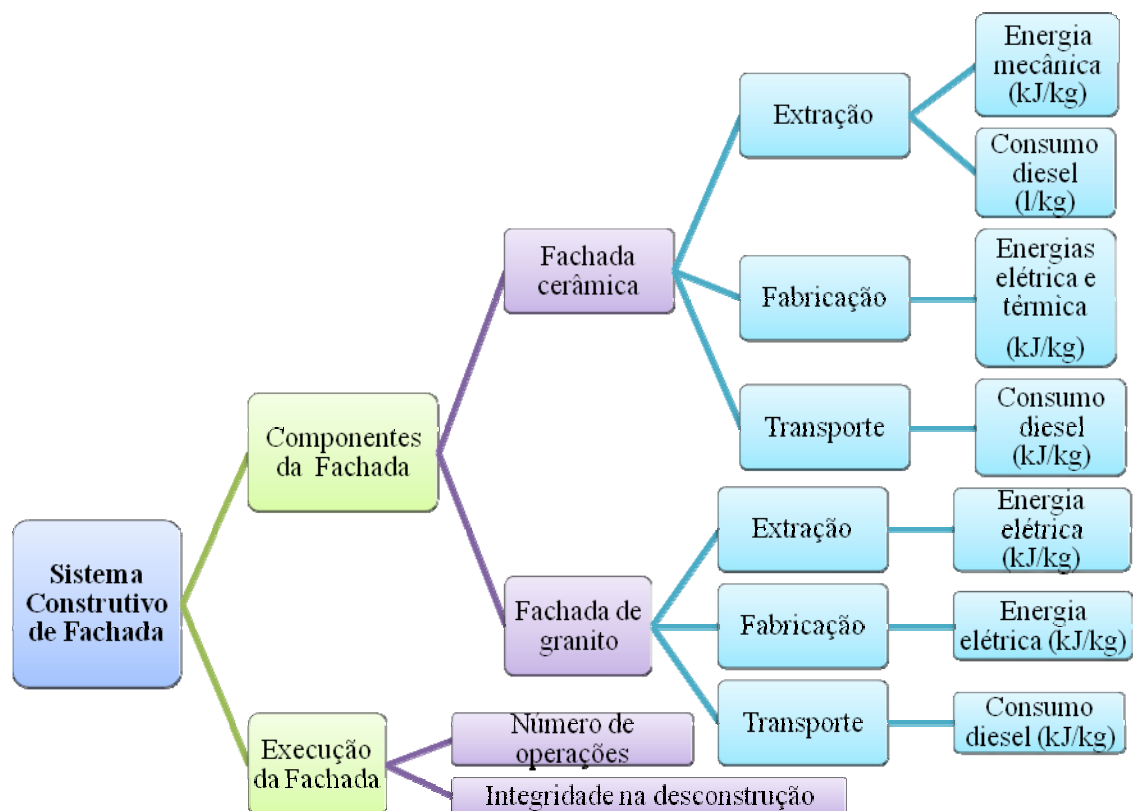


Figura 3.1 – Fases que consomem energia no ciclo de produção do revestimento e aspectos da sua disposição na fachada

Segundo Guimarães (1985) na fabricação dos materiais entram diversos insumos energéticos e, portanto, para podermos somar energias tão distintas utilizamos um “fator de conversão” tornando todas na mesma unidade. Neste trabalho a unidade escolhida é o Joule. Para determinar o conteúdo energético de cada material e componente, partiu-se do índice energético, que é a quantidade de energia consumida por unidade de massa ou por unidade de área, como pode ser visto pela eq.1.

$$t = E/m \rightarrow em J/kg \quad \text{ou} \quad t = E/A \rightarrow em J/m^2 \quad (\text{eq.1})$$

Não se considerou neste trabalho a energia referente ao trabalho humano. Em relação à energia de transporte foi feita uma adaptação que será melhor detalhada no item 3.1.3. Segue, nos próximos subitens, uma descrição do método utilizado para estimar o cálculo da energia incorporada em cada etapa do ciclo de vida do produto do revestimento de placas cerâmicas ou de placas de granito, a fim de traçar o consumo energético total desde a etapa de extração até a sua entrega na obra.

3.1. Energia incorporada no processo de extração

Nesta etapa serão qualificados e quantificados os tipos de energia no processo de extração das matérias primas para fabricação de 1 kg de produto.

3.1.1. Revestimento cerâmico

Para a extração de argila, principal matéria prima utilizada, foi considerada, no cálculo da energia de extração, escavadeira hidráulica. Não foi computada neste cálculo a energia gasta para a retirada do estéril, abertura das frentes de lavra de argila e movimentação da matéria-prima, mas apenas da extração em si.

Considerou-se, como base em Pereira (2004), escavadeira hidráulica que necessita de 12 segundos para extrair 1 tonelada e carregar o caminhão, além de consumir 16 litros de óleo diesel/hora. Portanto, além do cálculo da quantidade de energia necessária à extração, é preciso calcular a quantidade de diesel gasto com a máquina na extração para produzir 1m² de produto. Foi considerado a potência líquida no volante do motor da escavadeira igual a 140kW.

Soares et al. (2002) adota um consumo de 15 kg de matérias primas por metro quadrado de revestimento produzido. Com base nesse dado é possível estimar de imediato a área de revestimento cerâmico que pode ser produzida com o peso operacional da extração.

3.1.2. Revestimento de granito

Para a extração do granito, segundo Regadas (2006), a técnica mais usada atualmente é o fio diamantado. Portanto será esta a técnica considerada neste trabalho, cuja máquina de corte escolhida da marca Rochaz possui 100cv de potência. A fabricante Rochaz produz equipamentos de 30, 40, 50, 75, 90 e, o mais novo lançamento, 100cv. Segundo informação do blog oficial do fabricante Rochaz (2009), a configuração de 100 cv de potência tem velocidade média de corte 30m²/h e é alimentada com energia elétrica.

Ferran (1999) aponta duas grandezas que caracterizam o desempenho do fio diamantado: a velocidade de corte e a durabilidade do cabo. O autor observa que para uma determinada rocha o rendimento no corte varia com a velocidade e com a tensão aplicada ao fio e, portanto com a potência aplicada.

Considerando que cada m² de granito tem-se em torno de 60 kg, os dados de consumo de energia elétrica em função da área da rocha ornamental (m²) foram convertidos para a massa correspondente desta em kg.

3.2. Energia incorporada no processo de fabricação

Nesta etapa é imprescindível determinar os tipos de energia em cada etapa de fabricação e posteriormente sua participação sobre o custo energético global em kJ/kg de produto.

3.2.1. Revestimento cerâmico

Para o revestimento com placas cerâmicas, Alves et al. (2007) apresenta dados do consumo energético, em determinada empresa, por via seca, de revestimento cerâmico de formato 43 x 43 cm e tipo BIIb esmaltado. Este tipo de revestimento corresponde, de acordo com a NBR 13817 (ABNT, 1997), a revestimento semi-poroso de absorção de água entre 6 e 10%. Esses dados foram utilizados por serem considerados próximos da realidade uma vez que caracterizam consumo energético na produção de revestimento cerâmico.

Alves et al. (2007) apontam ainda, dados de várias empresas brasileiras de via seca e via úmida, que produziam produtos de mesma tipologia da empresa anterior, com o objetivo de conhecer os valores do consumo médio de gás natural dos secadores, fornos e atomizadores (via úmida) disponibilizados por elas. Assim, foi possível construir uma tabela comparativa, onde o consumo de cada equipamento e o consumo térmico total pudessem ser comparados entre as fábricas.

3.2.2. Revestimento de Granito

No caso da fabricação do granito, a energia gasta em todo o processo é a soma da energia despendida no corte e polimento da pedra no estado bruto. A energia de serragem considerada foi a energia elétrica apresentada em Sousa; Rodrigues (2002), pois a interpretação desses dados secundários permite ter uma boa idéia do consumo energético na etapa de serragem do granito em placas para uso comercial.

O estudo foi realizado na empresa FUJI S/A – Mármore e Granitos, em Campina Grande/PB, no ano de 2001, cuja serraria com 3 teares JUMBO (italianos), sendo 2 JS 350 e 1 JS 380; os granitos analisados foram os conhecidos comercialmente por: Branco Floral – Baraúnas/PB, Bordeaux – Santa

Luzia/PB, Branco Jabre – Branco Imaculada/PB e Verde Fuji – Messias Targino/RN, na escala de dureza de 2, 3, 4 e 5, respectivamente. Os insumos adquiridos pela FUJI S/A são de fornecedores que atendem as normas, sendo a granalha da Sinto (São Paulo/SP), a lâmina da Ferreira DiCittadella (Itália) e a energia elétrica da Companhia Energética da Borborema em Campina Grande/PB (SOUSA; RODRIGUES, 2002). A técnica de corte com teares é a mais difundida e utilizada, por isso foi a considerada neste trabalho.

Na etapa de polimento, considerou-se a energia em kJ para a produção de 1kg de chapa polida. Todos os modelos e variações de polideiras, segundo Coimbra Filho (2006), podem ser agrupadas em 3 tipos: manuais de bancadas, de ponte móvel com bancada fixa e multicabeças com transportadora, e embora as politrizes manuais de bancadas ainda serem bastante empregadas em pequenas marmorarias, considerou-se neste trabalho a produtividade apenas das politrizes multicabeças com transportadora, pois são as mais modernas e funcionais desenvolvidas para o polimentos de mármore e granitos.

Para obter a energia em kJ fez-se um refinamento de dados técnicos da empresa CIMEF sobre suas politrizes de multicabeças de esteira, com 11kW de potência cada cabeça e de produção média, em boas serradas, de 3 metros quadrados por cabeçote, por hora. Como a empresa tem as máquinas nas versões 12, 16 e 20 cabeças (politriz CPC 12, politriz CPC 16 e politriz CPC 20), ela pode fornecer 36m² de chapa polida em 1h, 48m²/h e 60m²/h respectivamente. Essa produtividade já era prevista por Coimbra Filho (2006) que afirmou que a produção, para esse equipamento, é mais de 40 m²/h de chapas polidas para granitos de dureza média, dependendo das características do material e da qualidade superficial da chapa após processo de corte.

3.3. Energia incorporada no transporte

A unidade do índice energético para o transporte será l/T.km, que representa o consumo médio em litros de óleo diesel, combustível de veículos de cargas, para transportar uma tonelada de carga num percurso de um quilômetro. Segundo Guimarães (1985), o consumo médio de combustível utilizando-se o óleo diesel é de 0,0384 l/T km, que representa o consumo médio da maioria dos caminhões que transportam carga no Brasil. Considerando a volta vazia dos caminhões, fez-se um acréscimo de 50% neste valor. Este consumo médio de diesel, ainda que apresentado em 1985, ainda é aceitável.

Desconsiderou-se a energia gasta pelo trabalho humano de conduzir o caminhão da cidade de origem a cidade de destino. Julgou-se também pouco significativa a influência do transporte primário, restringindo a análise às trajetórias do transporte secundário.

A fim de melhor visualizar as trajetórias entre Brasília-DF, foram utilizadas imagens da ferramenta “Como Chegar”, do Google Maps, que permite conhecer as trajetórias via terrestre entre as cidades solicitadas, as rodovias acessadas e finalmente a distâncias entre as cidades. Com essas distâncias foram obtidos valores em l/T a partir do índice energético de 0,0384 l/Tkm. Depois, procedeu-se a transformação desta unidade, em litros de óleo diesel por tonelada de carga, em unidade de energia por meio de uma tabela de unidades e fatores de conversão conforme segue:

Diesel → 35,8 MJ/l = 42,8 MJ/kg (MIT, 2009).

3.3.1. Revestimento cerâmico

As cidades consideradas como pólos de produção de revestimentos cerâmicos são Mogi Guaçu e Santa Gertrudes, em São Paulo, e Criciúma, em Santa Catarina. Lembrando que em Santa Catarina e em Mogi Guaçu a tecnologia mais aplicada é via úmida e, em contrapartida, em Santa Gertrudes emprega-se na maioria das empresas a via seca. Portanto, serão as distâncias dessas cidades a Brasília que servirão para traçar o gasto energético do transporte de revestimentos cerâmicos até onde estes serão usados.

3.3.2. Revestimento de granito

Para as placas de granito, a distância analisada será de Nova Venécia -ES à Brasília-DF.

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

4.1. Processo de extração

4.1.1. Revestimento cerâmico

Na Tabela 4.1 é mostrada a energia calculada na extração de 1 kg de matéria prima, bem como o consumo de diesel pela máquina para a produção de 1m² de revestimento cerâmico.

Tabela 4.1 – Energia de extração das matérias primas para fabricação de placas cerâmicas

Potência (kW = kJ/s)	Energia (kJ/kg)	Diesel (l/kg)
140	1,68	0,0001

4.1.2. Revestimento de granito

O equipamento de extração de granito usa como insumo a energia elétrica e não o diesel, portanto não há cálculo com consumo de óleo diesel. Na Tabela 4.2 é representada a energia estimada para a extração de 1kg de granito. A seguir tem-se os passos deste cálculo, lembrando que:

Tabela 4.2 – Energia de extração com fio diamantado da matéria prima

Potência (kW = kJ/s)	Velocidade do corte (m ² /h)	Energia (kJ/m ²)	Energia (kJ/kg)
74,6	30	8947	149,1

4.2. Processo de Fabricação

4.2.1. Revestimento cerâmico

Considerando a priori a produção das placas cerâmicas para o revestimento convencional observou-se que as energias envolvidas são basicamente a elétrica e a térmica.

A seguir seguem resultados do consumo de energia elétrica e térmica por empresa da indústria cerâmica de via seca obtidos por Alves et al. (2007). Com base nos valores da Tabela 4.3, pode-se dizer que o consumo elétrico representa apenas 8% do valor do consumo energético global da fábrica, sendo os outros 92% de consumo térmico. Lembrando que o consumo térmico é devido principalmente a fornos, secadores e atomizadores, estes últimos só utilizados na via úmida.

Tabela 4.3 – Valores globais de consumo energético em kJ/kg de produto queimado (ALVES *et al.*, 2007)

Etapas de processamento	Consumo energético (kJ/kg)			
	Elétrico		Térmico	Total
Moagem de massa	42	23%	0%	42
Prensagem	42	23%	0%	42
Secagem	28	15%	492	520
Esmaltação	6	3%	0%	6
Queima	50	27%	1757	1807
Classificação	2	1%	0%	2
Moagem de esmalte	15	8%	0%	15
Soma	186	100%	2249	2435

A Tabela 4.4 apresenta o consumo energético total (soma das energias térmica e elétrica) estimado para as empresas A, B, C, D, E, F, G e H.

Tabela 4.4 – Consumo energético total de indústrias de via seca e via úmida

Empresa	Tecnologia	Consumo energético médio (kJ/kg)
A	Úmida	5122
B	Úmida	3865
C	Úmida	4490
D	Úmida	4207
E	Seca	2432
F	Seca	2532
G	Seca	2967
H	Seca	2664

4.2.2. Revestimento de granito

No caso da fabricação do granito, a energia gasta na serragem do granito conforme estudo de Sousa; Rodrigues (2002) é representada na Tabela 4.5, que mostra a síntese dos resultados dos quatro granitos para facilitar a visualização de todos os resultados de serragem.

Tabela 4.5 – Dados para os diferentes granitos

Granito	Tempo efetivo corte (h)	PPT (m ² /h)	Granalha (kg/m ²)	Lâmina (kg/m ²)	Energia (kWh/m ²)	Energia (kWh/kg)	Energia (kJ/kg)
F	65	6,3	1,2	0,7	10,5	0,2	628,7
B	82,3	4,2	2,5	0,8	13,6	0,23	818,33
J	106,8	4,1	3,2	1,2	14,2	0,24	851,93
V	126,7	3,1	4,5	1,5	18,6	0,3	1117,1

Considera-se, na execução da etapa de polimento, em geral a última operação realizada na rocha, politriz multicabeça de esteira da empresa CIMEF (2009) (Tabela 4.6.)

Tabela 4.6 – Energia gasta no uso de politrizes multicabeça de esteira da empresa CIMEF para o polimento de granito

Nº de polidoras	cabeçasPotência (kW = kJ/s)	Produtividade (m ² /h)	Energia (kJ/m ²)	Energia (kJ/kg)
12	132,0	36,0	13200,0	220,0
16	176,0	48,0	13200,0	220,0
20	220,0	60,0	13200,0	220,0

4.3. No transporte

4.3.1. Revestimento cerâmico

O menor percurso entre Brasília-DF e um pólo de produção de revestimento cerâmico via úmida é utilizando a rodovia BR-050 para acesso a cidade de Mogi Guaçu-SP, totalizando 881km. Para produção via seca seria utilizando o conjunto das rodovias BR-050 e SP-330 para acesso a Santa

Gertrudes-SP, com 862km de distância. Portanto, seguindo essas rotas é possível se optar pelo menor gasto energético de transporte.

4.3.2. Revestimento de granito

O trecho mais curto entre Brasília-DF e Nova Venécia - ES é pelas BR-040 e BR-259 com 1170 km, onde se obtém menor gasto energético de transporte. Outra é a comparação entre esta menor distância e entre a menor distância para o revestimento cerâmico. Esta corresponde a 74% daquela distância, como pode ser observado pelo cálculo: $\frac{49,7}{67,4} \approx 74\%$. A Tabela 4.7 sintetiza as considerações anteriores acerca das distâncias entre as cidades produtoras e a cidade consumidora, Brasília no DF, além de fornecer o gasto calculado com esse deslocamento. Lembrando que para o óleo diesel $\rightarrow 35,8 \text{ MJ/l}$, pode-se calcular a energia em kJ com o transporte, apresentada na tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Gasto da viagem de caminhão saindo das cidades de Mogi Guaçu-SP, Santa Gertrudes-SP e Nova Venécia-ES em direção a Brasília-DF e depois retornando a sua origem

Cidade	Distância a Brasília-DF (km)	Gasto com deslocamento (l/T)			Energia (kJ/T)	Energia (kJ/kg)
		Ida	Volta	Total da viagem		
Mogi Guaçu - SP	881	33,8	16,9	50,8	1.817.165,60	1.817,20
Santa Gertrudes - SP	862	33,1	16,6	49,7	1.777.975,90	1.778,00
Criciúma - SC	1832	70,4	35,2	105,6	3.778.714,30	3.778,70
Nova Venécia - ES	1170	44,9	22,5	67,4	2.413.261,90	2.413,30

4.4. Comparação da energia incorporada no revestimento de granito e cerâmico

A Tabela 4.8 representa a comparação entre as placas cerâmicas e de granito, de acordo com os dados apresentados no item 4.1. A partir da Tabela 4.8 é possível perceber que a energia incorporada na etapa de fabricação da peça é menor para o componente granito. Caso se escolha a cerâmica de revestimento de Criciúma em SC, de via úmida, a energia de transporte do granito também se apresenta menor. No entanto, na etapa de extração e para a utilização de cerâmicas do estado de SP, tem-se maior gasto energético com a escolha de revestimento de placas de granito em detrimento a escolha do cerâmico.

Em contrapartida, ao se considerar a soma da energia incorporada nas etapas de extração das matérias primas, fabricação das placas e transporte do produto, para cada tipo de revestimento, tem-se o menor gasto energético total com o uso de granito uma vez que este está entre 3411,1 e 3899,5 kJ/kg, contra o intervalo de 4211,7 a 4443,7 kJ/kg para a placa cerâmica obtida por via seca e 5683,9 a 6940,9 kJ/kg para a placa cerâmica de Mogi Guaçu e 7645,4 a 8902,4 para a de Criciúma, ambas de via úmida como tecnologia predominante.

Tabela 4.8 – Comparação entre energia incorporada entre os revestimentos em análise

ETAPA	UNIDADE	TECNOLOGIA/CIDADE	REVESTIMENTO CERÂMICO	REVESTIMENTO DE GRANITO
Extração das matérias primas do componente	kJ/kg	-	1,68	149,1

Fabricação das placas	kJ/kg	Via Seca	de 2432 a 2664	-
		Via Úmida	de 3865 a 5122	-
		Primário	-	de 628,7 a 1117,1
		Secundário	-	220
Transporte do produto	kJ/kg	Santa Gertrudes - SP	1778	-
		Mogi Guaçu - SP	1817,2	-
		Criciúma - SC	3778,7	-
		Nova Venécia - ES	-	2413,3
SOMA	kJ/kg	Via Seca	de 4211,7 a 4443,7	-
		Via Úmida (Mogi Guaçu)	de 5683,9 a 6940,9	-
		Via Úmida (Criciúma)	de 7645,4 a 8902,4	-
		-	-	de 3411,1 a 3899,5

5. CONCLUSÕES

A extração de granito tem as seguintes vantagens em relação à extração de argila: apresenta boa eficiência quando se contrapõem a dimensão da sua área de extração com a quantidade produzida e o granito é abundante na natureza se comparado com depósitos naturais de outras matérias primas. Além disto, é importante lembrar que o território nacional está sobre rochas, apontando que deste ponto de vista a extração de granito é menos agressiva ao meio ambiente quando comparada com a da argila.

Considerando a extração do granito com fio diamantado que, se comparado com outras técnicas de extração, permite maior economia de tempo e menor produção de ruídos e poeiras, já que o equipamento de extração usa como insumo a energia elétrica, enquanto que a extração de argila usa escavadeira, e o que é muito comum, diesel para abastecimento do equipamento, que é responsável por geração de gases poluentes.

Em relação ao processo de produção do revestimento, percebe-se que a fabricação de placas cerâmicas consome basicamente energia elétrica e energia térmica, tendo esta última como insumo o gás natural. O consumo elétrico representa percentual baixo em relação ao consumo energético global das fábricas do setor, sendo a maioria devida ao consumo térmico.

Para a produção de placas de granito procede-se o refinamento da peça que se encontra no estado bruto. Ao utilizar teares de lâminas com granalhas, percebe-se o aumento nos percentuais de consumo dos insumos em relação à dureza do granito, evidenciando a maior dificuldade de serragem quanto maior a dureza do granito.

Em relação à disponibilidade dos componentes em Brasília-DF, observou-se que há maior proximidade com um importante pólo de produção de revestimento cerâmico, situado em São Paulo. A placa de granito apresentou maior gasto de transporte para sua distribuição na capital federal, no entanto, essa aparente desvantagem no uso do granito não é absoluta devendo ser comparada para um ciclo mais completo, mesmo porque na etapa de fabricação da peça o consumo de energia foi menor para o granito.

Visando a uma análise mais abrangente e que melhor comparasse a energia incorporada nas diferentes etapas – extração, fabricação e transporte – do ciclo de vida do granito e da peça cerâmica, procedeu-se a soma da energia incorporada nas duas primeiras etapas. A partir dela concluiu-se que ao se considerar a soma da energia incorporada tem-se o menor gasto energético total com o uso de granito uma vez que este está entre 3411,1 e 3899,5 kJ/kg, contra o intervalo de 4211,7 a 4443,7 kJ/kg para a placa cerâmica obtida por via seca e 5683,9 a 6940,9 kJ/kg para a placa cerâmica de Mogi Guaçu e 7645,4 a 8902,4 para a de Criciúma, ambas de via úmida.

6. REFERÊNCIAS

ALVES, Helton José; MELCHIADES, Fábio Gomes; BOSCHI, Anselmo Ortega. **Levantamento Inicial do Consumo de Energias Térmica e Elétrica na Indústria Brasileira de Revestimentos Cerâmicos**. Cerâmica Industrial, 12 (1/2) Janeiro/Abril, 2007. São Paulo, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **Placas Cerâmicas para Revestimento – Classificação. NBR 13817/1997**

CIMEF. Empresa fabricante de máquinas e soluções tecnológicas para o setor de rochas ornamentais. **Máquinas e equipamentos**. Disponível em <<http://www.cimef.com.br/site/modules/wfchannel/>>. Acesso em 18 de janeiro de 2010.

COIMBRA FILHO, Clébio Goulart. **Relação entre Processo de Corte e Qualidade de Superfícies Serradas de Granitos Ornamentais**. São Carlos, 2006.

Google Maps. Disponível em <<http://maps.google.com.br/>>. Acesso em 19 de novembro de 2009.

FERRAN, Axel de. **Perfil Analítico das Rochas Ornamentais Brasileiras**. Disponível em <<http://acd.ufrj.br/multimin/mmro/tecno/perfil.html>>. Acesso em dezembro de 2009.

GUIMARÃES, G. D. **Análise energética na construção de habitações**. Dissertação de mestrado, Programa de Planejamento Energético, COPPE, UFRJ. Rio de Janeiro, 1985.

MANFREDINI, Constance; SATTLER, Miguel Aloysio. **Estimativa da energia incorporada a materiais de cerâmica vermelha no Rio Grande do Sul, 2003**.

MIT - Massachusetts Institute of Technology. **Units & Conversions Fact Sheet**. Disponível em <http://web.mit.edu/mit_energy/>. Acesso em fevereiro de 2010.

PEREIRA, Sibeli Warmling. **Análise Ambiental do Processo Produtivo de Pisos Cerâmicos. Aplicação de Avaliação do Ciclo de Vida**. Florianópolis, 2004.

REGADAS, Isaura Clotilde Martins da Costa. **Aspectos Relacionados às Lavras de Granitos Ornamentais com Fio Diamantado no Norte do Estado do Espírito Santo, Brasil**. São Carlos, 2006.

ROCHAZ. Empresa fabricante de máquinas para a extração de rochas ornamentais. Disponível em <www.rochaz.com.br>. Acesso em 18 de janeiro de 2010.

SOARES, Sebastião Roberto; CASTILHOS Jr, Armando Borges de; MARTINS, Andreza; BREITENBACH, Francine Efigênia; LUPATINI, Giancarlo. **Análise do Ciclo de Vida de Produtos (revestimento, blocos e telhas) do Setor Cerâmico da Indústria de Construção Civil**. Santa Catarina, 2002.

SOUSA, Antonio Augusto Pereira de; RODRIGUES, Ramon. **Consumo dos principais insumos no desdobramento de Granitos do Nordeste, de Diferentes Graus de dureza**. Paraíba, 2002.

SPOSTO, Rosa Maria. **Análise preliminar da sustentabilidade na produção de blocos cerâmicos para alvenaria em Brasília – DF**. Anais (Eletrônico) do X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. São Paulo, 2004.