

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE DADOS DE INVENTÁRIOS DE CICLO DE VIDA DE ROCHAS ORNAMENTAIS (2011-2012 X 2015-2016) EVIDENCIANDO OS INSUMOS DA SERRAGEM E POLIMENTO

COMPARATIVE STUDY BETWEEN INVENTORIES OF LIFE CYCLE OF DIMENSION STONES (2011X2016)SHOWING THE INPUTS OF THE SAWING AND POLISHING

Silmara Faico Rocha

Aluna de Graduação de Engenharia de Minas, 9º período, Instituto Federal do Espírito Santo

Período PIBIC ou PIBITI/CETEM: agosto de 2016 a julho de 2017
srocha@cetem.gov.br

Mônica Castoldi Borlini Gadioli

Orientadora, Engenheira Química, D.Sc.
mborlini@cetem.gov.br

RESUMO

Com a crescente conscientização sobre utilizar os recursos naturais de maneira a proteger o meio ambiente e causar o menor impacto possível para garantir que as futuras gerações também possam usufruir desses recursos, a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta de gestão ambiental para avaliação dos aspectos ambientais e impactos associados ao ciclo de vida de um produto ou serviço, desde a aquisição de matéria-prima até a sua disposição final. Os resultados dessa avaliação podem ser utilizados para melhorias tecnológicas, ambientais e energéticas dos processos ou produtos visando diminuir ou eliminar o impacto causado. Devido à relevância do setor de rochas ornamentais no Brasil, que é um dos maiores exportadores de rocha bruta e beneficiada do mundo, foi elaborado com dados de 2011/2012 um estudo pioneiro de Inventário de Ciclo de Vida de Rochas Ornamentais (ICV), no qual foi realizado um levantamento de dados de materiais, energia, água, produtos e emissões desde a extração de blocos até o beneficiamento das chapas de rochas. Os passos seguidos para a realização do Inventário de Rochas estão descritos na metodologia brasileira para elaboração de inventários e nas normas NBR ISO 14040 e NBR ISO 14044. Considerando que houve mudanças tecnológicas, como crescimento da utilização de multifio na serragem, introdução de novos processos e insumos, há a necessidade da atualização do inventário com dados recentes para ser mais representativo da situação atual do setor. Esse trabalho tem por finalidade descrever as principais mudanças tecnológicas ocorridas e comparar dados de consumo dos principais insumos utilizados no beneficiamento de rochas ornamentais de 2015/2016 com os dados do Inventário de Rochas de 2011/2012 visando avaliar as variáveis que influenciaram nesses dados.

Palavras chave: energia elétrica, inventário de ciclo de vida, rochas ornamentais.

ABSTRACT

With the growing awareness about the use of natural resources to protect the environment and make the least possible impact to ensure that future generations can also benefit from these resources, Life Cycle Assessment (LCA) is an environmental management tool for assessment of the environmental aspects and impacts associated with the life cycle of a product or service, from the acquisition of raw material to its final disposal. The results of this evaluation can be used for technological, environmental and energetic improvements of the processes in order to reduce or eliminate the impact caused. Due to the importance of the dimension stones sector in Brazil, which is one of the largest exporters of raw and benefited rock in the world, it was compiled with data from 2011/2012 a pioneering study of the Life Cycle Inventory of

Dimension Stones (LCI Stones), which was carried out a survey of data of materials, energy, water, products and emissions from the extraction of blocks to the processing of the rock sheets. The steps followed for the realization of the Inventory of Rocks are described in the Brazilian methodology for the preparation of inventories and in the standards NBR ISO 14040 and NBR ISO 14044. Considering that there were technological changes, such as growth in the use of multiwire gang-saws in sawdust, introduction of new processes and inputs, there is a need to update the inventory with recent data to be more representative of the current situation of the sector. The objective of this work is to describe the main technological changes that have occurred and to compare data of consumption from the main inputs used in the ornamental stone processing of 2015/2016 with the data from the 2011/2012 inventory of rocks to evaluate the variables that influenced these data.

Keywords: electricity, life cycle inventory, dimension stones.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil na atualidade é o quarto maior exportador de rochas ornamentais do mundo e o terceiro maior exportador de granito. No ano de 2016, o país exportou 2,46 toneladas de rochas e teve um faturamento de US\$ 1.138,3 milhões, segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais (CHIODI FILHO, 2017). As rochas beneficiadas representaram 80,2% do total faturado em 2016. O país vendeu rochas para 120 países e o principal comprador foi os Estados Unidos. Novamente o estado do Espírito Santo foi o líder na produção e no beneficiamento de rochas.

A Avaliação do Ciclo de Vida - ACV é uma ferramenta de gestão ambiental muito importante. É uma técnica para a avaliação dos aspectos ambientais e impactos potenciais inerentes ao ciclo de vida de um produto ou serviço, ou seja, desde a aquisição da matéria prima até sua disposição final, passando pela manufatura e uso (ABNT, 2009b). Visa inventariar as entradas (materiais, energia e água) e saídas (produtos e emissões) de um sistema de produto ao longo de seu ciclo de vida e consequentemente calcular potenciais impactos ambientais associados. Um estudo de ACV possui de acordo com a NBR ISO 14040 (ABNT, 2009a), quatro fases, sendo elas: a fase de definição do objetivo e escopo; fase de análise de inventário; fase de avaliação de impacto; fase de interpretação.

Neste contexto da sustentabilidade, o CETEM elaborou o inventário de ciclo de vida de rochas ornamentais - ICV-Rochas, cujo objeto do estudo foi o beneficiamento de rochas (sistema de produto) e o produto, a chapa polida. Os dados levantados nesse estudo são primários de 2011-2012. Esse estudo de ICV de rochas ornamentais realizado foi pioneiro no país, e todos os dados de entradas e saídas da cadeia produtiva foram coletados, desde a extração dos blocos até a produção de chapas polidas na saída de fábrica.

A cadeia produtiva de rochas ornamentais é dividida em dois processos principais, sendo eles a extração e o beneficiamento (serragem e polimento). Na extração, o bloco é extraído do maciço rochoso e posteriormente transportado e levado para a serragem, onde ocorre o desdobramento do bloco em chapas, por meio de teares multilâmina ou multifio. Já no polimento é realizado o acabamento das chapas por meio das politrizes, que confere fechamento dos poros da chapa e brilho ao material. As chapas podem ainda passar pelo levigamento, telagem e/ou resinagem, finalizando com o polimento.

De 2011 até o momento ocorreram mudanças tecnológicas na cadeia produtiva de rochas ornamentais. Em 2011 havia o predomínio da serragem dos blocos utilizando os teares multilâmina, correspondendo em torno de 80%. Hoje já se tem em torno de 50% de materiais serrados para cada tecnologia, multilâmina e multifio, com tendência aos teares multifio ganhar cada vez mais espaço.

No Brasil existem mais de 1500 teares em operação, cerca de 1200 estão no Estado do Espírito Santo, sendo aproximadamente 260 teares de fio diamantado e o restante de teares convencionais

(FOLHA DE VITÓRIA, 2015). Blocos de certos materiais que antes demoravam cerca de 10 dias para serem serrados em teares multilâmina, com os teares multifio em cinco horas são desdobrados. No polimento também houve melhorias, como a ampliação do uso das politrizes automáticas. Devido ao avanço tecnológico, faz-se necessário uma atualização no ICV de rochas ornamentais.

2. OBJETIVO

Realizar um estudo comparativo dos dados dos principais insumos utilizados no beneficiamento de rochas ornamentais, enfatizando a quantidade consumida para a produção do m² de chapa de granito, em 2015-2016 em relação a 2011-2012 em função das mudanças tecnológicas ocorridas.

3. METODOLOGIA

A metodologia para o levantamento de dados foi elaborada pelo CETEM de acordo com a Metodologia Padrão para Elaboração de Inventários do Ciclo de Vida da Indústria Brasileira (IBICT, 2009), e foram coletados os dados em campo utilizando os questionários elaborados. Foi realizado para esse trabalho um levantamento de dados em três empresas representativas do setor de rochas ornamentais visando a atualização dos dados do ICV-Rochas.

A atualização do ICV de rochas está sendo realizada de acordo com a metodologia brasileira de inventários (IBICT, 2009) e com as normas NBR ISO 14040 (ABNT, 2009a) e NBR ISO 14044 (ABNT, 2009b).

Primeiramente, foram realizadas reuniões com parceiros e associados do setor para definir as empresas que poderiam participar do estudo, fornecendo informações. Definidas as empresas, foi realizada uma visita inicial visando conhecer sua área industrial, processos, equipamentos, produção e onde foram explanados os dados que seriam necessários para o presente trabalho. Os questionários elaborados para o primeiro inventário ICV-Rochas foram revisados e atualizados. Também foi atualizado o panorama do setor de rochas ornamentais. Após essas etapas, foi realizada a coleta de dados em campo.

No beneficiamento foram levantados dados primários de entradas e saídas dos processos de serragem e polimento, como matéria-prima (rocha), energia, lâminas, granalha, cal, bentonita, fio diamantado, resina, endurente, abrasivos, produto (chapas serradas e polidas), etc. Dados primários são coletados diretamente no local de estudo, *in loco*, e não por terceiros e agregam a um estudo de inventário maior credibilidade e confiabilidade nos resultados.

As informações coletadas neste estudo são relativas aos anos de 2015 e 2016. Os dados de 2011/2012 já estão disponíveis no Inventário de Ciclo de Vida de Rochas validado em 2014. Com isso, foi realizada uma comparação entre os dados e a situação do setor em 2015/2016 em relação à 2011/2012.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Alguns materiais rochosos são menos resistentes que outros e necessitam de um reforço estrutural, para assim poder suportar os esforços mecânicos impostos durante o beneficiamento dos blocos de rochas ornamentais. Um processo muito utilizado é o envelopamento do bloco, no qual se utiliza de uma mistura de resina e endurente e manta de fibra de vidro para envolver o bloco. Esse processo é novo, por isso não existem dados sobre essa etapa no ICV-Rochas de 2011-2012. Essa nova etapa na produção possibilitou a inserção no mercado de materiais que antes não eram comercializados por serem extremamente frágeis. Os dados do consumo dos insumos do envelopamento não serão aqui citados, devido ainda estarem em fase de análise.

Como se pode notar não houve grandes variações no consumo da maioria dos insumos da serragem com tear multilâmina quando comparados os dados de 2015-2016 com os dados de 2011-2012 (Tabela 1). Na serragem por teares multilâmina é utilizada cal e/ou bentonita. O desvio padrão do consumo desses insumos é alto porque tem empresa que utiliza somente a cal, outra somente a bentonita e outra que utiliza ambos.

Pode-se notar desvio padrão alto no consumo de alguns insumos, como a eletricidade, que é explicado devido alguns materiais necessitarem de maior tempo para serem serrados e, portanto, um maior consumo energético, fato este relacionado à dureza da rocha e também a equipamentos e cenário diferente das empresas.

Tabela 1: Consumo dos insumos por m² de chapa produzida na serragem por tearesmultilâmina

Ano	Insumos				
	Eletricidade (kWh/ m ²)	Lâmina (kg/m ²)	Granalha (kg/m ²)	Bentonita (kg/m ²)	Cal (kg/m ²)
2011-2012	7,79±4,00	0,61±0,08	1,11±0,29	0,26±0,25	0,55±0,25
2015-2016	7,42±2,43	0,57±0,05	1,08±0,36	0,39±0,18	0,31±0,27

A Tabela 2 mostra o consumo dos insumos na serragem por teares multifio. Pode ser observado um valor alto para o desvio padrão nos dados de 2015-2016 para eletricidade. Esse fato é explicado pelos mesmos motivos que na serragem por multilâmina.

No entanto, se comparar o gasto energético atual (2015-2016) com o tear multilâmina, o tear multifio apresenta um consumo energético por m² de chapa produzida de aproximadamente 23,7% menor. Além disso, em um mesmo período de trabalho, o multifio possui uma produção muito maior. Pode-se notar pela quantidade de teares multifio em operação (em torno de 260), que mesmo sendo em menor quantidade, eles produzem cerca de 50% do material serrado no país. A tendência é que a substituição de tecnologia de serragem que vem acontecendo se torne cada vez mais expressiva e que a maior parte da produção de chapas seja por serragem dos blocos utilizando teares multifio em um futuro próximo. Já em relação ao consumo de fio diamantado, praticamente não houve mudanças no consumo do fio por m² de rocha produzida.

Tabela 2: Consumo dos insumos por m² de chapa produzida na serragem por tearesmultifio.

Ano	Insumos	
	Eletricidade (kWh/m ²)	Fio Diamantado (kg/m ²)
2011-2012	4,00±0,001	0,015±0,010
2015-2016	5,66±2,32	0,014±0,010

Os dados atuais da resinagem mostram que houve um aumento no consumo de resina, que está ligada diretamente ao tipo de material resinado (Tabela 3). Certos tipos de materiais, como os exóticos, apresentam um consumo elevado de resina, devido ao fato de que a resina encobre imperfeições presentes na rocha. Não houve mudanças no consumo dos abrasivos diamantados resinoides por m² de chapa polida em relação aos dados atuais.

Tabela 3: Consumo dos insumos por m² de chapa produzida no polimento e resinagem.

Ano	Insumos			
	Eletricidade (kWh/m ²)	Abrasivo Resinoide (kg/m ²)	Abrasivo Diamantado Metálico (kg/m ²)	Resina (kg/m ²)
2011-2012	3,45±1,72	0,005±0,003	0,003±0,002	0,08±0,05
2015-2016	2,81±2,07	0,005±0,006	0,001±0,001	0,23±0,14

Ressalta-se que na modelagem do sistema são utilizados os dados individuais das empresas.

Por meio desse trabalho, foi possível detectar algumas dificuldades no levantamento de dados, como o controle de consumo de alguns insumos, principalmente água e energia.

5. CONCLUSÕES

A atualização dos dados do inventário está em andamento, mas, pode-se notar que não houve grandes mudanças de consumo por m² para a maioria dos insumos comparados.

Quando se compara o tear multilâmina com o multifio, o segundo possui um menor gasto de eletricidade por m² de chapa produzida, além de ser capaz de produzir em um mesmo período de tempo uma quantidade muito maior de material desdobrado. A introdução da etapa de envelopamento dos blocos possibilita mais segurança no beneficiamento de materiais frágeis. Mas, por outro lado, os resíduos da serragem de materiais que foram antes envelopados podem conter substâncias provenientes dos insumos utilizados, inserindo assim, novos elementos/compostos nesse resíduo.

No processo de resinagem de chapas ocorreu um aumento do consumo de resina, devido certos tipos de rochas necessitam ser resinados mais de uma vez antes do polimento final e a resina também é utilizada para preenchimento de imperfeições de alguns tipos de rochas. Os dados de água estão sendo levantados, por isso não estão descritos nesse trabalho.

O estudo de inventário de ciclo de vida de rochas ornamentais pode colaborar para a competitividade ambiental da indústria brasileira de rochas ornamentais visando ao mercado externo, subsídio para declaração ambiental de produto, certificação *Leadership in Energy and Environmental Design – LEED* e as informações geradas poderão orientar importantes decisões para o aprimoramento tecnológico, econômico, energético e ambiental do setor de rochas.

6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa de iniciação científica, à equipe do Núcleo Regional do CETEM/ES. Agradeço aos meus pais Silvério Martins da Rocha e Maria Aparecida Faico Rocha por sempre me apoiarem, a minha orientadora D.Sc. Mônica Castoldi Borlini Gadioli pela oportunidade de trabalhar com ACV e as empresas que forneceram os dados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura.** 21 p. (Norma ABNT NBR ISO 14040). 2009a.
- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações.** 46 p. (Norma ABNT NBR ISO 14044). 2009b.
- CHIODI FILHO, C. **Balanço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2017.** São Paulo: ABIROCHAS, 2017. 13 p. (Informe n.01/2017).
- FOLHA DE VITÓRIA. Vitória. Publicação Online, 2015. Disponível em: <<http://www.folhavoria.com.br/economia/noticia/2015/01/brasil-quer-ser-lider-no-mercado-mundial-de-rochas-estado-representa-50-da-producao.html>> Acesso em 17 de abr. 2017.
- IBICT-INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA. **Metodologia Padrão para a Elaboração de Inventários de Ciclo de Vida da Indústria Brasileira. Documento consolidado.** Brasília: IBICT, 2009. 228 pp.