

# **ESTUDO DO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO PARA O INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA DE ROCHAS ORNAMENTAIS**

**BÁRBARA DA HORA ROCHA BESSA**

Aluna de Graduação de Eng. de Minas, 6º período, IFES  
Período PIBIC/CETEM: agosto de 2012 a julho de 2013,  
bbessa@cetem.gov.br

**MÔNICA CASTOLDI BORLINI GADIOLI**

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

## **1. INTRODUÇÃO**

O setor de rochas ornamentais é um ramo industrial que tem se destacado no cenário mundial por movimentar milhares de empregos em todo o mundo, além de se apresentar como atividade econômica muito promissora. Segundo CHIODI FILHO (2012), a produção brasileira de rochas ornamentais atingiu 9 milhões de toneladas em 2011. Em contrapartida, o setor proporciona também impactos ambientais negativos devidos, principalmente, ao grande volume de recursos minerais extraídos e resíduos gerados, bem como ao significativo consumo de eletricidade e água. Diante desse contexto, está sendo desenvolvido o projeto Inventário do Ciclo de Vida de Rochas Ornamentais – ICV Rochas, um estudo pioneiro no setor que utiliza a ferramenta de Avaliação do Ciclo de Vida – ACV, visando abastecer um banco de dados de ciclo de vida. O projeto também contribuirá para a validação da metodologia de elaboração de Inventários de Ciclo de Vida da indústria brasileira, além de gerar informações que contribuam para melhorar os processos produtivos e a competitividade ambiental dos produtos.

## **2. OBJETIVOS**

O presente trabalho é parte integrante do projeto ICV Rochas e teve como objetivo contribuir para a realização do inventário referente ao processo de beneficiamento de rochas ornamentais, considerando as etapas de serragem e polimento. Para isso, foi realizada a coleta, análise e descrição dos dados.

## **3. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA**

A crescente conscientização quanto à importância da proteção ambiental e os possíveis impactos associados aos produtos, tanto na sua fabricação quanto no seu consumo, têm contribuído para o interesse no desenvolvimento de métodos para melhor compreender e lidar com aqueles impactos. Uma das técnicas em desenvolvimento com esse objetivo é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (ABNT, 2009).

A Avaliação do Ciclo de Vida pode ser usada por empresas como uma ferramenta de suporte de decisão ambiental, para providenciar respostas diretas, cientificamente embasadas e usar indicadores ambientais relevantes (UDO DE HAES et al., 2002 apud MORETTI, 2011). Essa técnica abrange todo o ciclo de vida associado a um produto, processo ou atividade, compreendendo as etapas que vão desde a aquisição das matérias-primas que entram no sistema produtivo (berço) até a disposição do produto final (túmulo).

Conforme a NBR ISO 14044 (2009), um estudo de ACV é composto por quatro fases: definição de objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impactos ambientais potenciais de um sistema de produto ao longo do seu ciclo de vida e interpretação dos resultados. Além disso, a norma também propõe que, em alguns casos, como o do projeto ICV Rochas, o objetivo de uma ACV pode ser alcançado por meio da realização apenas de uma análise de inventário e de uma interpretação, sendo denominado estudo de ICV.

## **4. INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA DE ROCHAS ORNAMENTAIS**

O inventário é a base para a realização de uma ACV e consiste em um levantamento sistemático de dados de entradas e saídas durante todo o ciclo de vida do produto. O projeto intitulado Melhorias Tecnológicas, Ambientais e Energéticas da Produção de Rochas Ornamentais por

meio da Avaliação do Ciclo de Vida do Produto é um projeto pioneiro no cenário brasileiro de rochas ornamentais e tem como objetivo o abastecimento de um banco de dados brasileiro com quantitativos químicos, físicos e energéticos, entradas e saídas de materiais e energia durante toda a cadeia produtiva, gerando informações que contribuirão para melhorar o processo produtivo, maior controle de consumo de energia e insumos, como também melhor gerenciamento dos resíduos. Além disso, em conjunto com outros inventários, contribuirá para a validação da metodologia de elaboração de Inventários do Ciclo de Vida da indústria brasileira.

O escopo do projeto foi definido de acordo com a norma NBR ISSO 14040 (2009). Para o estudo, que consiste em dois sistemas de produtos (extração e beneficiamento), foram estabelecidas as seguintes definições (BORLINI *et al.*, 2012):

- a) Produto: chapa polida;
- b) Função: disponibilizar 5,5 m<sup>2</sup> de chapa polida (com dimensões de 2,90 m x 1,90 m) para a produção de diversos produtos, como ladrilhos, pias, entre outros;
- c) Unidade Funcional (valor mínimo do produto inventariado para esta função): 1 m<sup>2</sup> de chapa polida;
- d) Fluxo de Referência (número necessário de unidades funcionais para se exercer esta função): 1 chapa, ou seja, 5,5 m<sup>2</sup>;
- e) Sistema de Produto Principal: como a chapa é produzida nas unidades industriais de beneficiamento, este foi considerado como o sistema de produto principal do estudo, e o processo de extração, o sistema de produto auxiliar. O sistema principal inclui dois subsistemas, o beneficiamento primário (serragem) e o beneficiamento secundário (polimento).

#### **4.1 Caracterização do Processo de Beneficiamento de Rochas Ornamentais**

O beneficiamento de rochas ornamentais é a etapa sequencial à extração, e inclui dois processos: beneficiamento primário, que consiste na serragem dos blocos provenientes das pedreiras em chapas contendo espessuras pré-definidas (predominantemente 2 ou 3cm, porém podem variar de acordo com as exigências do mercado); e beneficiamento secundário, em que as chapas - até então brutas - são submetidas ao polimento, visando conferir brilho as mesmas.

A serragem dos blocos pode ser realizada em teares convencionais, utilizando insumos como lâminas, granalha e cal (ou bentonita); ou em multifios, utilizando apenas fio diamantado. Após a serragem, as chapas são enviadas para o processo de polimento, que ocorre em equipamentos denominados politrizes e é realizado por rebolos abrasivos nas mais diversas granulometrias (dos mais grosseiros para os mais finos). Alguns materiais também são resinados e telados, visando aderir maior resistência ao produto, principalmente àqueles que serão destinados à exportação. Ambos os processos, serragem e polimento, utilizam água para garantir o resfriamento dos equipamentos e menor aspersão de pó de rocha.

### **5. METODOLOGIA**

O ICV Rochas está sendo desenvolvido de acordo com a Metodologia Padrão para Elaboração de Inventários do Ciclo de Vida da Indústria Brasileira (IBICT, 2009).

#### **5.1 Coleta de Dados nas Empresas**

Para esse trabalho foram coletados dados em três empresas do estado do Espírito Santo representativas do setor de rochas ornamentais, as quais possuem tecnologias de produção semelhantes. As primeiras atividades da coleta de dados foram realizadas nos pátios das empresas, onde foram coletadas informações dos equipamentos (quantidade, modelo, fabricante, potência, entre outros), bem como dos os insumos (fabricante, composição química, etc.). Buscou-se ainda informações sobre o funcionamento da indústria (quantidade de funcionários, horários dos turnos, etc.), e as etapas dos processos de serragem e polimento das empresas foram analisadas, o que gerou subsídios para a posterior confecção dos relatórios descritivos, os quais tem por finalidade auxiliar na organização das informações coletadas.

As atividades subsequentes foram obter dados de produção, de consumo de insumos, de quantidades de resíduos gerados, como também sua destinação, e quantidades de energia e água

utilizadas no processo. Essa etapa foi a que demandou maior trabalho e tempo, uma vez que as empresas não possuíam total controle sobre os dados de todos os insumos. Nesse caso, tal controle passou a ser feito juntamente com a empresa, garantindo-se maior confiabilidade aos valores obtidos. Também foram realizadas pesagens do descarte de alguns insumos para que as saídas fossem quantificadas. A maior dificuldade encontrada nesse estudo foi com relação à água, que é captada em poços ou lagoas, e as empresas não controlavam o seu consumo. Em virtude disso, foi sugerida a instalação de equipamentos medidores de água, que tem possibilitado tal controle em algumas empresas.

## 5.2 Tratamento dos Dados

Após a coleta dos dados, iniciou-se a etapa de análise e tratamento dos mesmos para posterior preenchimento dos questionários, os quais foram anteriormente adaptados com base no modelo proposto pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – IBICT. Esse processo também demandou muito tempo e dedicação devido à quantidade de dados levantados. É importante ressaltar que todos os dados coletados para o estudo são considerados primários, ou seja, foram coletados nos próprios locais de produção. Esse fator garante maior credibilidade e relevância ao estudo. Dados considerados secundários são os obtidos ou calculados a partir de outras fontes. Simultaneamente a essa etapa, foi realizada uma descrição para cada insumo levantado, contendo informações sobre como foi realizada a coleta e os cálculos dos dados, o período em que eles estão contemplados, entre outras informações julgadas importantes, colaborando assim para a qualidade do estudo.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesse estudo foram levantados dados de entradas e saídas referentes ao processo de beneficiamento de rochas ornamentais nos anos de 2010 e 2011. Entretanto, estão em fase de análise e interpretação, e somente alguns dados de consumo de insumos utilizados nos processos de serragem, em teares convencionais, e polimento são apresentados nesse trabalho, os quais estão mostrados na Tabela 1.

Tabela 1. Consumo de insumos utilizados no beneficiamento de rochas ornamentais

Insumo	Lâmina	Granalha	Cal + Bentonita	Abrasivos
Consumo (kg/m <sup>2</sup> )	0,57	1,24	0,83	0,05
Desvio Padrão	0,01	0,22	0,10	0,03

Existem estudos de ACV de rochas ornamentais realizados em diferentes regiões do mundo, como na Grécia (TAXIARCHOU & KOSTOPOLOU, 2007), que englobou mármore e granitos e nos EUA, ICV de granito, do Natural Stone Council, que foi realizado pela Universidade do Tennessee (2009). No entanto, é importante ressaltar que os bancos de dados devem possuir caráter regional, uma vez que podem existir diferenças significativas de região para região com relação às tecnologias utilizadas, geologia, clima, entre outros fatores. Dessa forma, a execução do projeto ICV Rochas se faz extremamente importante para a representação das características da indústria brasileira de rochas ornamentais.

Concomitante a esse estudo foi feita a quantificação e análise do resíduo proveniente do beneficiamento de rochas ornamentais referente a uma das empresas contempladas pelo projeto ICV Rochas. Esse resíduo possui em sua composição água e componentes químicos provenientes de lâmina, granalha, cal e pó de rocha. Esse levantamento é de suma importância para o conhecimento do volume de resíduo gerado por esse processo, o que auxilia na crescente conscientização das empresas quanto à necessidade de elaboração de propostas de gerenciamento mais ajustadas e utilização dos mesmos para outros fins, como o aproveitamento em materiais para construção civil, entre outros, com o intuito de minimizar os impactos ambientais relacionados a esses resíduos e ao mesmo tempo utilizá-los como uma matéria-prima alternativa. A Tabela 2 mostra a composição química do resíduo correspondente à lama abrasiva coletada no filtro prensa.

Tabela 2. Composição química do resíduo coletado no filtro prensa, proveniente do beneficiamento de rochas ornamentais

Composição (% em peso)											
*PPC	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
1,7	4,1	1,2	17,5	65,2	0,40	0,07	2,2	3,4	0,45	0,05	3,7

\*PPC: perda por calcinação.

O presente estudo contribuiu para a confirmação de que a técnica de ACV, utilizada no projeto ICV Rochas, realmente pode gerar melhorias nos processos produtivos das rochas ornamentais, tanto em questões tecnológicas e econômicas, quanto ambientais. Já é notável o pensamento mais sustentável em algumas empresas, após o projeto, as quais passaram a fazer controle de alguns insumos os quais antes não se fazia. Além disso, é crescente a preocupação com relação à obtenção de rótulos ambientais - tais como o Selo Verde Tipo III – para certificar que os produtos estão adequados ao uso e apresentam menor impacto ao meio ambiente se comparados a outros produtos disponíveis no mercado. Nesse contexto, esse estudo cria subsídios para identificação dos aspectos que devem ser melhorados ao longo do ciclo de vida das rochas ornamentais, e orientação para a criação de políticas públicas de incentivo a produtos e serviços menos impactantes.

## 7. AGRADECIMENTOS

Agradeço à orientadora Mônica Borlini pela dedicação, à equipe do núcleo regional do CETEM no Espírito Santo pela colaboração e apoio, ao CETEM e IFES pelos equipamentos utilizados, ao CNPq pelo apoio ao projeto (Processo nº 555723/2009-7) e à bolsa concedida, e à minha família pelo incentivo.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura**. 21 p. (Norma ABNT NBR ISO 14040). 2009.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações**. 46 p. (Norma ABNT NBR ISO 14044). 2009.
- BORLINI, M.C.G. *et al.* **Life-cycle inventory of dimension stones, Brazil**. In: GLOBAL STONE CONGRESS 2012, 2012, Borba, Portugal. Anais do Global Stone Congress 2012, 2012.
- CHIODI FILHO, C. **Situação e Perspectivas do Setor Brasileiro de Rochas Ornamentais**. Santos - SP: 46º Congresso Brasileiro de Geologia, 2012. 31p. Disponível em: <[http://www.ivoluntion.com.br/news/upload\\_pdf/11363/46CBG.pdf](http://www.ivoluntion.com.br/news/upload_pdf/11363/46CBG.pdf)>. Acesso em: 10 jan. 2013.
- 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.
- MORETTI, T.V. **Método de avaliação da estrutura de inventários de ciclo de vida: análise para casos brasileiros**. 2011. 112p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Mecânica e de Materiais, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba (Brasil).
- Natural Stone Council. **Granite Dimensional Stone Quarrying and Processing: A Life-Cycle Inventory**. Report. Center for Clean Products. University of Tennessee, 2009, 39p.
- TAXIARCHOU, M.; KOSTOPOLOU, I. **Life cycle analysis of dimension stones production**. In: 3rd Internacional Conference on Sustainable Development Indicators in the Minerals Industry, 2007. Milos Island. P. 169-174. Grécia. 2007.