

# **AVALIAÇÃO DA CIRCULAÇÃO E CONSUMO DE ÁGUA NO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS**

## **EVALUATION OF CIRCULATION AND CONSUMPTION OF WATER IN THE DIMENSION STONE PROCESSING**

**Nádia Valeriano Almeida**

Aluna de Graduação de Engenharia de Minas, 6º período, Instituto Federal do Espírito Santo  
Período PIBIC/CETEM: setembro de 2017 a julho de 2018,  
nadiavaleriano03@gmail.com

**Mônica Castoldi Borlini Gadioli**

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

### **Resumo**

A Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta de gestão ambiental que tem como objetivo avaliar os aspectos ambientais e os impactos potenciais associados ao ciclo de vida do produto ou serviço, desde a aquisição de matérias-primas, a fabricação e utilização de produtos ou serviços e a disposição final do produto. Com o objetivo de colaborar com melhoria dos processos produtivos da indústria de rochas ornamentais e do ponto de vista ambiental, o CETEM elaborou o Inventário de Ciclo de Vida de Rochas Ornamentais – ICV-Rochas. Para o ICV foram levantados dados referentes a entradas (consumo de energia, água, materiais) e saídas (produtos e emissões). Este trabalho visa inventariar dados de entradas de água na indústria de rochas ornamentais. A metodologia utilizada consistiu em visitas às indústrias de beneficiamento de rochas ornamentais para avaliação do sistema de circulação e entradas de água. A circulação de água foi obtida por meio de cálculos que relacionam o volume de água que circulou no sistema e a produção da empresa durante o período de acompanhamento. Foram instalados horímetros nas bombas hidráulicas que alimentavam a indústria para o controle do tempo de funcionamento das mesmas durante o período de acompanhamento, assim, o consumo foi calculado relacionando o tempo em que as bombas permaneceram ligadas à uma vazão medida. Foi constatado que 10% da água utilizada no período de acompanhamento é consumida, o que representa uma contenção de 90% de água limpa proveniente da natureza. O sistema de circulação de água é responsável por reduzir o volume de água consumida e o lançamento de efluentes contaminados por resíduos do beneficiamento de rochas em bacias hidrográficas. Apenas uma parte da água utilizada na indústria de beneficiamento retorna para a natureza, com os resíduos, evaporação e outras perdas durante a circulação.

**Palavras chave:** água, rochas ornamentais, inventário de ciclo de vida.

### **Abstract**

The Life Cycle Assessment (LCA) is an environmental management tool that aims to assess the environmental aspects and potential impacts associated with the product or service lifecycle, from the acquisition of raw materials, the manufacture and use of products or services and the final disposition of the product. With the objective of collaborating with improvement of the production processes of the ornamental rock industry and from the environmental point of view, the CETEM elaborated the Life Cycle Inventory of Dimensional Stones (LCI-Stones). For LCI, data on inputs (energy consumption, water, materials) and outputs (products and emissions) were raised. This work aims to inventory data of water consumption in the dimension stones industry. The methodology used consisted of visits to the

dimension stone processing plants for the evaluation of the water circulation system and inputs. The circulation of water was obtained through calculations that relate the volume of water that circulated in the system and the production of the company during the follow-up period. Meters were installed in the hydraulic pumps that fed the industry to control their operating time during the follow-up period, so consumption was calculated relating to the time when the pumps remained connected to a measured flow. It was observed that 10% of the water used during the monitoring period is consumed, this represents a contention of 90% of clean water from nature. The water circulation system is responsible for reducing the volume of water consumed and the launching of effluents contaminated by residues from the processing of stones in watersheds. Only part of the water used in the industry of processing returns to nature, with residues, evaporation and other losses during circulation.

**Keywords:** water, dimension stones, life cycle inventory.

## 1. INTRODUÇÃO

Estima-se que a produção brasileira de rochas ornamentais no ano de 2017 tenha sido de 9,24 milhões de toneladas. O Brasil está entre os principais países exportadores, 2,36 milhões de toneladas de rochas produzidas são exportadas, resultando em um rendimento de US\$ 1.107,1 milhões em 2017. O estado do Espírito Santo tem participação de 76,2% no volume exportado, que corresponde a 1,8 milhão de toneladas (CHIODI FILHO, 2018).

A água é uma grande preocupação da indústria de rochas ornamentais por ser um insumo essencial para o setor. A mineração capta  $32,8 \text{ m}^3/\text{s}$  de água, o que representa 1,6% no total de uma média de captação anual de  $2.057,8 \text{ m}^3/\text{s}$  - que envolve a agricultura, consumo humano, entre outros- (ANA, 2017). Na busca do desenvolvimento sustentável do setor de rochas ornamentais, um dos caminhos que vem sendo adotado é o reaproveitamento de água no processo de beneficiamento.

A Avaliação de Ciclo de Vida - ACV é uma ferramenta de gestão ambiental que visa inventariar as entradas (materiais, energia e água) e saídas (produtos e emissões) e, potenciais impactos ambientais causados por um determinado produto ao longo do seu ciclo de vida. De acordo com a NBR ISO 14044 (2009) o estudo de ACV possui quatro etapas: definição do objetivo e escopo, análise de inventário, avaliação de impacto e interpretação dos resultados.

Nesse contexto, o CETEM elaborou o Inventário do Ciclo de Vida de Rochas Ornamentais – ICV-Rochas com dados de 2011-2013, que teve como objetivo colaborar com a melhoria dos processos produtivos da indústria de rochas ornamentais, visando sua competitividade do ponto de vista ambiental. Para o ICV-Rochas foram levantados dados referentes a entradas, como consumo de energia, água, materiais e as emissões e produtos (saídas). Foi relatado, nesse estudo (TAVARES e GADIOLI, 2012), dificuldades para realizar a quantificação da água, que em geral era proveniente de lagos e poços artesianos. Como ocorreram mudanças tecnológicas no beneficiamento, houve a necessidade de atualização do inventário. O ICV – Rochas está sendo atualizado e o presente trabalho faz parte dessa avaliação. Iniciativas para a redução do consumo de água foram adotadas pelas indústrias, ainda que não haja um controle do consumo.

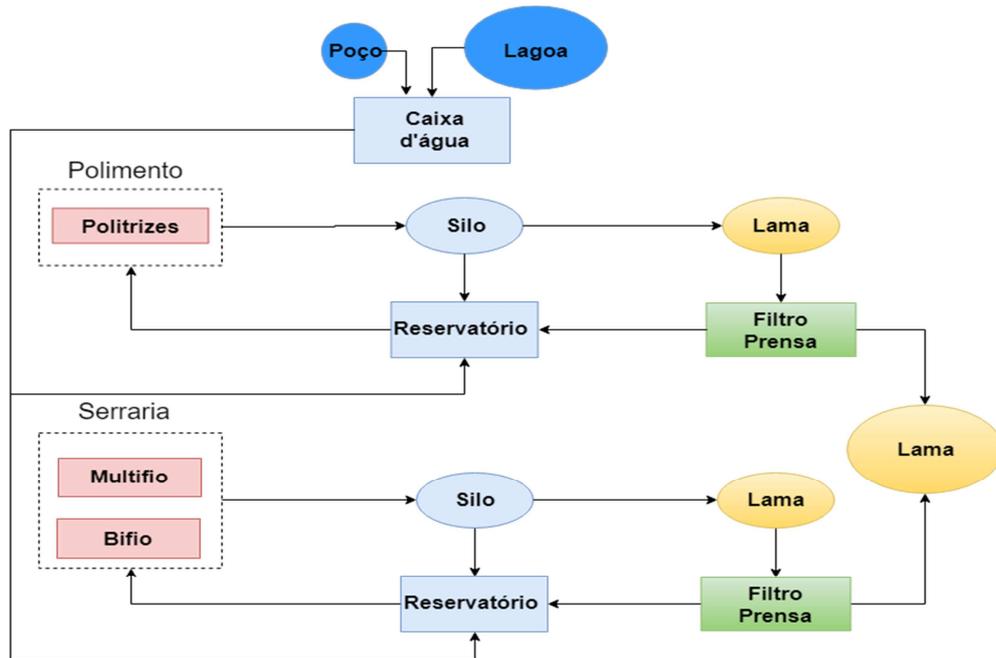
## 2. OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo inventariar dados de entradas de água na indústria de beneficiamento (serragem e polimento) de rochas ornamentais.

## 3. METODOLOGIA

A princípio foram realizadas visitas em empresas de beneficiamento de rochas ornamentais visando observar locais que possibilitasse a medição da circulação e consumo geral (entrada) de água em um período específico.

O estudo foi conduzido em duas empresas, a partir de observações *in loco* do sistema de circulação e entradas de água na indústria de beneficiamento. Baseado nessas observações foi possível elaborar fluxogramas representativos dos sistemas, como exemplificado na Figura 1.



**Figura 1** – Fluxograma da circulação e entradas de água na indústria de rochas ornamentais.

Foram instalados horímetros em todas as bombas hidráulicas (Figura 2) que bombeavam água para alimentação da indústria, para contabilizar o tempo em que as mesmas permaneceram ligadas durante o período de acompanhamento (sete dias). Posteriormente, foi medida, *in loco*, a vazão das bombas hidráulicas. O consumo (entrada de água) foi obtido em função do tempo em que as bombas permaneceram ligadas à vazão medida.



**Figura 2:**Horímetro instalado na bomba hidráulica.

O volume da água de circulação foi mensurado por meio de cálculos que relacionam a necessidade de água especificada pelos fabricantes (l/min) para o funcionamento de cada equipamento e o tempo de funcionamento durante o período de monitoramento. A razão entre o volume de água que circulou no sistema e a produção em metros quadrados resultam em dados do volume de circulação de água por metro quadrado beneficiado ( $l/m^2$ ).

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O trabalho foi desenvolvido em empresas com diferentes demandas de produção, tal fator pode influenciar nos resultados de distribuição do volume de circulação de água nos processos de beneficiamento na indústria.

A Tabela 1 apresenta dados sobre a circulação de água no sistema de beneficiamento. Foram indicados resultados de cálculos do volume de água que circulou no sistema e a produção da empresa durante o período de acompanhamento. Por meio desses dados foi possível obter uma relação do volume de circulação de água por metro quadrado de material produzido em cada etapa do beneficiamento, esses resultados também estão apresentados na Tabela 1.

As empresas possuem, também, reservas que representam a água acumulada em silos, reservatórios e caixas d'água. A empresa 1 possui uma reserva de 319.392,00l e a empresa 2, de 1.839.631,40l.

O consumo de água (entradas) para a produção no período de acompanhamento pode ser observado na Tabela 2. De acordo com os resultados apresentados na Figura 4, o consumo, com relação a disponibilidade total de água na indústria, encontra-se abaixo de 10%, o que representa uma razão de mais de 90% de reutilização.

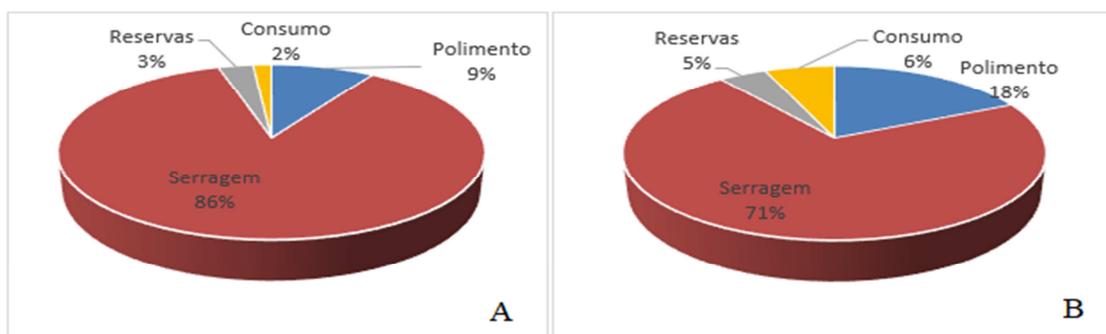
Considerando dados da Universidade de Atenas, Grécia mostram uma reutilização de água de 0.8 (80%) no processo de beneficiamento, para mármore e granito (TAXIARCHOU e KOSTOPOLOU, 2007). O consumo no beneficiamento foi de 1.800 a 12.000 l/t. O estudo de ICV realizado na Universidade do Tennessee (2008) mostra um consumo de 32.516,7 l/t no beneficiamento das rochas.

**Tabela 1:** Circulação de água.

	Serragem (l)	Polimento (l)	Produção Serragem (m <sup>2</sup> )	Produção Polimento (m <sup>2</sup> )	Circulação Serragem (l/m <sup>2</sup> )	Circulação Polimento (l/m <sup>2</sup> )
Empresa 1	8.970.070,80	951.912,00	6.134,51	4.815,00	2.758,13	395,40
Empresa 2	20.687.700,00	5.281.020,00	6.293,39	12.884,19	5.134,24	1.343,74

**Tabela 2:** Consumo de água.

	Consumo (l)	Produção Serragem (m <sup>2</sup> )	Produção Polimento (m <sup>2</sup> )
Empresa 1	169.972,28	6.134,51	4.815,00
Empresa 2	1.839.631,40	6.293,39	12.884,19



**Figura 4:** Dados de circulação e consumo de água. A) Empresa 1. B) Empresa 2.

## 5. CONCLUSÕES

De fato, os altos volumes de água utilizados comprovam sua colocação como um insumo essencial no beneficiamento de rochas ornamentais. O reuso surgiu como uma forma de minimizar o consumo e o impacto ambiental causado por grandes retiradas de água do meio ambiente. As duas empresas onde foram realizadas a pesquisa tem circulação de água, isso mostra o interesse na redução do consumo de água, ainda que não haja o controle do consumo por parte delas.

As medições de consumo mostram a grande eficiência do sistema de circulação de água na indústria de rochas ornamentais. Menos de 10% da água utilizada no período em que foi feito o acompanhamento nas empresas foi consumida, isso representa uma contenção de mais de 90% no consumo de água proveniente da natureza. Ao realizar um comparativo entre o consumo e a circulação de água nas empresas, fica nitidamente visível a grande representatividade da água que circula no processo de beneficiamento de rochas. O aproveitamento de águas pluviais por meio de telhados e pátios também pode ser observado nas indústrias.

Os resultados apresentados, demonstram os esforços do setor de rochas para o desenvolvimento sustentável da indústria. O sistema de reuso de água além de reduzir significativamente o volume consumido, reduz o lançamento de resíduos do beneficiamento de rochas em bacias hidrográficas.

## 6. AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer à orientadora Mônica Castoldi Borlini Gadioli e ao técnico do CETEM Jefferson Camargo pelos conhecimentos compartilhados, a toda equipe do CETEM pelo apoio, ao CNPq pela bolsa de iniciação científica, às empresas que colaboraram para que a execução do projeto fosse possível e à minha mãe, principalmente, pelo incentivo.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Requisitos e orientações**. 46 p. (Norma ABNT NBR ISO 14044). 2009.
- ANA-AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, **Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2017**. Brasília, 2017. 169 p.
- CHIODI FILHO, C. **Balço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2017**. São Paulo: ABIROCHAS, 2018. 15 p. (Informe n.01/2018).
- TAVARES, D. P.; GADIOLI, M. C.B. **Levantamento de Dados da Produção de Rochas Ornamentais para o Estudo de Inventário do Ciclo de Vida**, 2012. Espírito Santo, 2012, 4p.
- TAXIARCHOU, M.; KOSTOPOLOU, I. **Life cycle Analysis of Dimension Stones Production**. 2007. Milos Island. P. 169-174. Grécia. 2007.

UNIVERSITY OF TENNESSEE. **Natural Stone Council. Granite Dimensional Stone Quarrying and Processing: A Life-Cycle Inventory.** Report. Center for Clean Products, 2008, 25 p.