

# OS BENEFÍCIOS NA REUTILIZAÇÃO DA ÁGUA NO PROCESSO DE BENEFICIAMENTO DE ROCHAS ORNAMENTAIS

FERRAZ, Carla Carolina de Assis<sup>1</sup>

MAURÍCIO, Everson<sup>2</sup>

STRADIOTTI, Cristiana Gama Pacheco<sup>3</sup>

## RESUMO

O processo de beneficiamento de rochas ornamentais tem como objetivo transformar blocos de mármore, granito, quartzito e outros tipos de rochas, em chapas polidas para serem comercializadas. Mas esse processo tem por particularidade a geração de um volume alto de resíduo, fazendo com que as empresas tenham uma atenção maior na hora de descartá-los para que não haja a contaminação do meio ambiente. Nesse processo, a água tem um papel fundamental, pois basicamente participa de todas as etapas de produção, sendo necessário o seu tratamento para a retirada de impurezas para novamente voltar ao seu ciclo dentro da empresa. Para avaliar sua qualidade pós-tratamento e os benefícios na reutilização, este estudo de caso teve como metodologia a pesquisa exploratória, coletando dados e amostras de efluentes em uma determinada empresa e análises em laboratório para chegar ao resultado desejado. Também objetivou identificar o consumo mensal de água por equipamento, a fim de se saber a economia da empresa com esse tratamento. Por meio do resultado das análises, foi possível identificar a eficiência dos processos de tratamento, uma vez que o reuso da água utilizada no processo produtivo traz ganhos econômicos e ambientais, contribuindo com a preservação dos recursos hídricos da região.

**Palavras-chave:** Economia. Tratamento. Resíduo.

<sup>1</sup>Graduanda do Curso de Engenharia de Produção da Multivix Cachoeiro de Itapemirim-ES, caroll.ferraz95@hotmail.com;

<sup>2</sup>Graduando do Curso de Engenharia de Produção da Multivix Cachoeiro de Itapemirim-ES, everson-mauricio@hotmail.com;

<sup>3</sup>Professora do Curso de Engenharia de Produção da Multivix Cachoeiro de Itapemirim-ES, cristianastradiotti@terra.com.br;  
Curso de graduação em Engenharia de Produção  
Cachoeiro de Itapemirim, ES, 2018.

## ABSTRACT

The natural stone processing aims to transform blocks of marble, granite, quartzite and other types of rocks, into polished slabs to be commercialized. But this process has the particularity of generating a high volume of waste, causing companies to pay more attention regarding discarding them for no contamination of the environment. In this process, water plays a key role because it basically participates in all stages of production, and its treatment is necessary for the removal of impurities in order to return to its cycle within the company. In order to evaluate its post-treatment quality and reuse benefits, this case study had as methodology the exploratory research, collecting data and samples of effluents in a certain company with lab analyzes to reach the desired result. It also aimed to identify the monthly consumption of water by equipment, in order to know the company's economy with this treatment. By means of the analysis results, it was possible to identify the efficiency of the treatment processes, since the reuse of the water used in the production process brings economic and environmental gains, contributing to the preservation of the region's water resources.

**Keywords:** Economy. Treatment. Waste.

## 1 INTRODUÇÃO

O estado do Espírito Santo é o maior em faturamento e volume físico nas exportações brasileiras de rochas ornamentais, tendo também como subsequente os estados de Minas Gerais, Ceará, e outros. O processo de beneficiamento de rochas tem como todas as etapas necessárias para a transformação de blocos em chapas polidas. O beneficiamento primário, ou comumente conhecido como serragem, compõe-se do corte dos blocos de rocha para obtenção de chapas com dimensões iguais ou aproximadas das desejadas no produto final. Essa fase é basicamente industrial, feita em instalações com maquinário, equipamentos e ferramentas específicas, como Monofios e Multifios diamantados, Teares Convencionais e outros. Já o beneficiamento final das chapas, ou somente acabamento, é a fase onde a rocha que passou pelo beneficiamento primário é trabalhada para alcançar a dimensão, aparência e forma desejada pelo cliente. Para tais objetivos se utilizam

três etapas: o polimento, o corte e o acabamento final. Nessa fase utiliza-se de uma maior variedade de equipamentos, ferramentas e insumos, se comparado ao beneficiamento primário (ALENCAR, 2013).

A água é um recurso essencial para o setor de beneficiamento de rochas, pois é por meio dela que são realizados os processos de lavagem de blocos, corte e polimento, tendo também grande importância para o funcionamento dos maquinários. Os impactos da água nos processos produtivos são medidos por sua qualidade com base na quantidade de sólidos presentes, sendo primordial analisar alguns aspectos que podem influenciar no bom funcionamento de equipamentos, eficiência dos processos e produtos acabados, como é o caso dos sólidos em suspensão, que se estiver em uma concentração muito grande de água, poderia influenciar na qualidade do brilho das chapas durante o polimento, pois haveria o atrito dos abrasivos junto com os resíduos sólidos, o que deixaria vários arranhões nas chapas. Pode-se ressaltar também o possível acúmulo desses sólidos nas tubulações e mangueiras por onde a água circula, trazendo alguns transtornos para a empresa, como o entupimento dessas tubulações (SILVEIRA, 2017).

É interessante também avaliar outros aspectos como o potencial hidrogeniônico (pH) e a turbidez da água, pois poderia de certa forma alterar a eficiência de alguns processos, como o de tratamento de oxidações com ácidos e no tempo de vida útil das máquinas. O pH tem por função medir a quantidade de cátion  $H^+$  das soluções classificando-as de acordo com a alcalinidade ou acidez, que varia de 0 a 14, mas também existe a possibilidade de haver um pH menor que 0 ou maior que 14 (OPENSTAX, 2012).

Já a turbidez está relacionada à redução da transparência da água, onde sólidos em suspensão fazem com que a luz seja refletida neles, prejudicando sua passagem pela água. Esses sólidos em suspensão são constituídos principalmente de pó fino de rochas, onde as partículas menores ficam em suspensão e as maiores vão se sedimentando no fundo (TOMAZONI *et al.*, 2005).

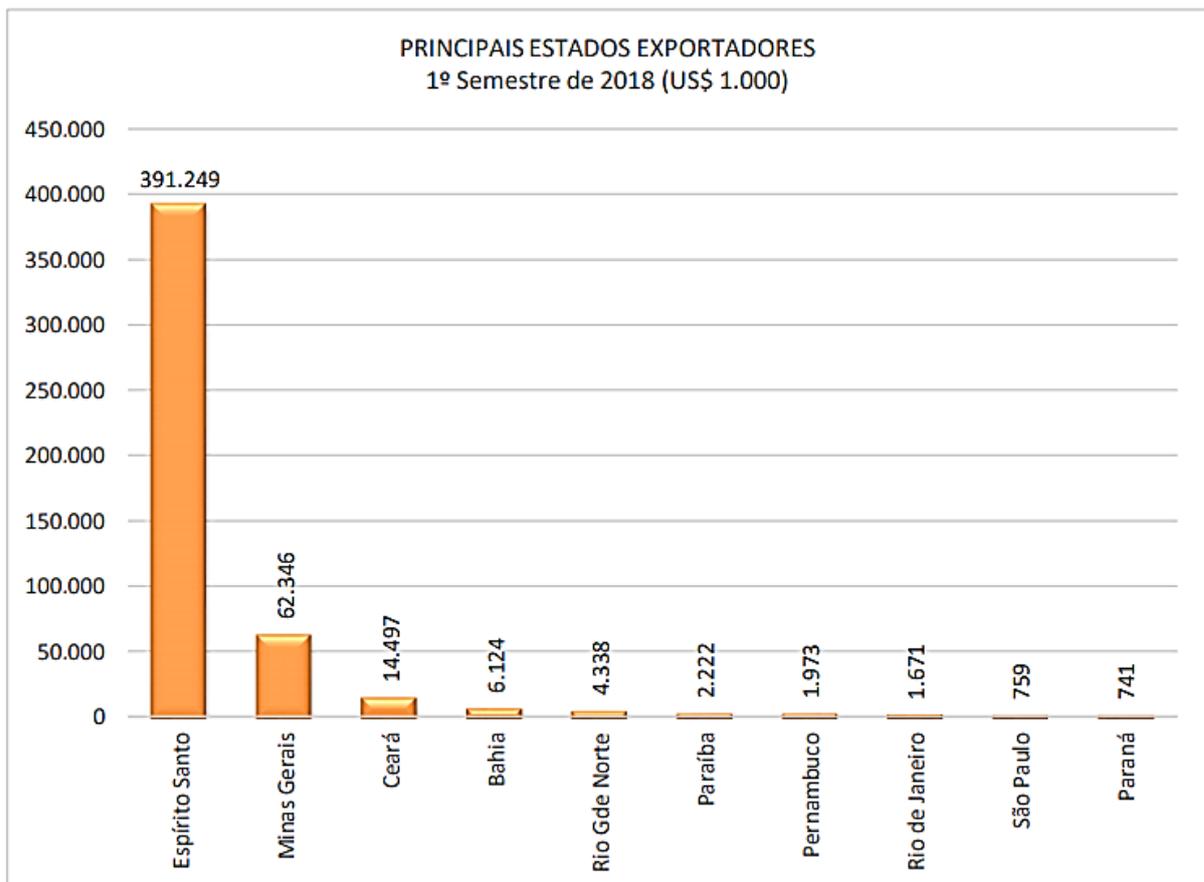
O objetivo do estudo é mostrar como a reutilização de água obtida dos processos de beneficiamento de rochas ornamentais pode contribuir com a diminuição de custos

que a empresa tem com a produção, analisar a qualidade da água e verificar se os tratamentos estão contribuindo com a preservação do meio ambiente.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Segundo Chiodi Filho (2018), o Espírito Santo, juntamente com os estados de Minas Gerais e Ceará, lideram tanto em volume físico, como também em faturamento nas exportações brasileiras de rochas ornamentais, ficando atrás os estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina, Paraná e Rio Grande do Sul. A Figura 1 demonstra por meio de gráfico os dados comentados acima.

Figura 1 - Demonstrativo dos principais estados exportadores.

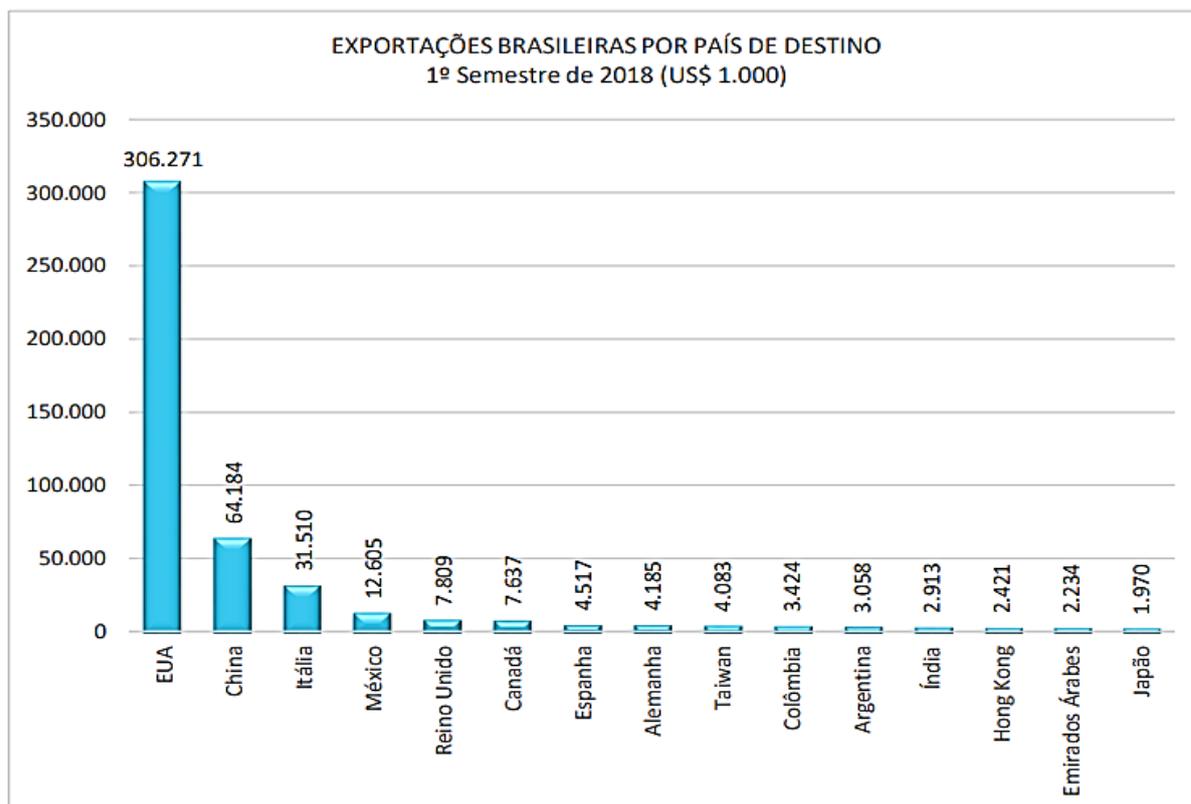


Fonte: CHIODI FILHO (2018).

A Figura 2 apresenta os principais destinos das exportações no 1º semestre de 2018 no quesito faturamento, que foram os EUA (US\$ 306,3 milhões), China (US\$ 64,2

milhões) e a Itália (US\$ 31,5 milhões) e outros, como México, Canadá, Espanha, Reino Unido, Alemanha, Colômbia, Argentina, Taiwan e Índia (CHIODI FILHO, 2018).

Figura 2 – Demonstrativo de exportações brasileiras por países de destino.



Fonte: CHIODI FILHO (2018).

No setor de rochas ornamentais, as exportações brasileiras somaram cerca de US\$ 488,2 milhões, com o volume de 999,9 mil toneladas no primeiro semestre de 2018, porém, com uma variação de -13,9% do faturamento e de -15,3% do volume comparado ao mesmo período no ano de 2017. Já as importações brasileiras somaram US\$ 15,3 milhões e 26,0 mil toneladas no 1º semestre de 2018, com uma variação de -0,25% e -4,42% comparada ao mesmo período de 2017 (CHIODI FILHO, 2018).

## 2.1 Produção

A linha de produção de um processo de beneficiamento de rochas pode variar muito de uma empresa para outra, pois há empresas que só prestam serviços

terceirizados, podendo somente realizar a serragem do bloco, resinagem e polimento. Já outras buscam por ter sua própria linha de produção, onde será possível acompanhar de perto a produção das chapas. Nesse tipo de empresa, os blocos de mármore, granito e quartzito são armazenados no pátio onde ficam aguardando o início do processo de beneficiamento. A maioria dos blocos passam pelo Monofio que utiliza apenas 1 fio diamantado para fazer cortes no bloco com o propósito de deixá-lo mais uniforme para ser serrado, que será conduzido por meio de um carrinho porta-bloco até o Tear Multifio ou tear convencional, onde será transformado em chapas de 2 ou 3 cm de espessura (ALENCAR, 2013).

O Tear Multifio é uma máquina muito mais moderna se comparado ao tear convencional, com tecnologia de fios diamantados e água para a serragem dos blocos. Os fios são constituídos por perolas diamantadas fixados em um cabo de aço, melhorando principalmente a produtividade, uma vez que a cala e a velocidade de corte é muito superior à do tear convencional, que utiliza lâminas de aço e lama abrasiva formada por: gralha, pó de pedra, cal e água (SOUZA *et al.*, 2013; SILVEIRA, 2007).

No setor de resinagem, as chapas são teladas utilizando resina e uma manta de fibra de vidro para também dar mais resistências aos materiais que são mais frágeis devido a sua composição ou em casos de haver muitas trincas, fissuras ou buracos. As chapas teladas demoram 12 horas para secarem devido ao tempo de cura da mistura de resina e Carbosil (pó que serve como endurente), cuja quantidade é calculada sobre 25% da quantidade da resina. Depois de teladas, elas recebem a primeira mão de resina, que tem por função preencher os poros, trincas e fissuras, realçar a cor dos materiais e proteger de agentes químicos ou físicos. A quantidade de Carbosil para esses processo é calculado sobre 30% da resina. Geralmente, a maioria dos materiais são levigados na Politriz, que utiliza abrasivos diamantados e convencionais para deixar a superfície das chapas mais lisa e para ajudar na penetração da resina, mas há materiais que não possuem a necessidade de telar ou receber a primeira mão de resina, ou seja, são levigados brutos (VIDAL *et al.*, 2013).

Após o processo de levigar, os materiais recebem a segunda mão de resina utilizando o mesmo cálculo da primeira mão de resina em relação à mistura. Com o

tempo de cura já finalizado, os materiais são novamente enviados para a Politriz para serem polidos, onde utilizam abrasivos convencionais e resinóides para que as chapas fiquem com a superfície lisa e brilhante. Depois desse processo, as chapas são enceradas e inspecionadas para saber se não há nenhum defeito, como trincas ou buracos (COSTA FILHO, 2016).

## 2.2 Resíduos

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 10.004 - Resíduos Sólidos (2004) define esse tipo de resíduo como os resíduos que estão em estado sólido e semissólido proveniente de atividades industriais, hospitalar, domésticas, comerciais, agrícolas, de serviços e varrição. Esses resíduos podem ser classificados segundo aos riscos de contaminação como: Classe I ou Perigosos, Classe II ou Não Inertes e Classe III ou Inertes.

Os resíduos gerados nos processos de beneficiamento de rochas correspondem a 40% do volume do bloco, sendo que o resíduo mais fino que fica misturado com os insumos no processo de serragem representam 26% e 14% é constituído de resíduo grosso, conhecido como casqueiro, que é o resto do esquadramento do bloco. Nos processos de beneficiamento são estimados que 1,5 mil toneladas de resíduos finos e mil toneladas de resíduos grossos são gerados ao ano no país (VIDAL *et al.*, 2013).

Os resíduos sólidos são caracterizados como materiais que resultam de atividades humanas e que não são lançados em redes de esgotos ou em lagos e rios, necessitando que haja o descarte correto em locais apropriados. Já os rejeitos podem ser definidos como resíduos sólidos que não se consegue mais reaproveitar ou tratar, tendo como destino final os aterros credenciados. Há estudos que buscam formas de se reaproveitar os resíduos transformando-os em insumos para serem utilizados na indústria da cerâmica, agricultura como fertilizante, construção civil, na geração de pavimentos asfálticos e também no próprio setor de rochas ornamentais. A lama gerada das serragens nos teares convencionais é constituída de 67% de água, 30% de resíduo fino de rocha, 2% de granalha, 1% de resíduos provenientes do desgaste da lâmina de aço e 1% de cal. Porém, também acabam sendo

misturados a essa lama resíduos de resina, tela, abrasivos utilizados no levigamento e polimento, entre outros produtos químicos (VIDAL *et al.*, 2013).

As pedreiras produzem um volume muito grande de resíduos que representam uma perda de 83% da matéria prima. Em média, são extraídos da lavra 30m<sup>3</sup> de rocha para produzir apenas um bloco de 10m<sup>3</sup>, sendo que os 20m<sup>3</sup> que sobram por estarem fora do padrão, trincados e com muitos outros defeitos, podem ser usados na produção de ladrilhos ou na construção civil. Para evitar tantas perdas em relação à matéria-prima, deveria haver um melhor planejamento do local da lavra, bem como uma atualização constante do mesmo diante dos trabalhos de extração (VIDAL *et al.*, 2013).

Depois de várias análises em amostras, estudos recentes classificaram esses resíduos como não inertes, onde a maioria dessas amostras foram caracterizadas como Resíduo Classe II A de acordo com a NBR 10.004, por apresentarem elementos como Al, Cl-, Pb, Cd, Ba, Cr, Fenol, Fe, F-, Hg, SO, Ag e Na (BUZZI, 2008).

### **2.3 Cenário Da Água**

Atualmente a água se encontra em um pedestal, reconhecida pela sua importância como um todo, desenvolveu-se o pensamento de economizá-la, evitando desperdícios, mau uso e poluição, que veem sendo problemas em níveis nunca vistos antes. A sociedade se encontra numa situação de mudança, onde tenta-se largar os maus hábitos e começar adotar bons, e até investir financeiramente afim de ajudar a natureza renovar seus recursos naturais (MAGALHÃES, 2015).

O Brasil é um dos países mais ricos de recursos hídricos, contando com cerca de 13,7% de toda água doce do planeta e com quase toda reserva continental, dando uma vantagem em relação aos demais países. As águas encontradas na superfície do país representam apenas 1% de nossas reservas, os outros 99% estão localizados no subterrâneo em matrizes porosas ou nas fissuras de rochas, dificultando sua utilização. O Brasil divide com 3 outros países um dos maiores aquíferos do mundo: o Aquífero Guarani (MAGALHÃES, 2015).

Embora a reutilização de águas não seja algo novo, com os avanços da ciência e tecnologia, tem aumentado bastante a quantidade de empresas adotando tais medidas. A partir do reuso da água, é possível reduzir a demanda de água potável, utilizando água de qualidade inferior sem alterar a finalidade do uso, permitindo que estas águas de melhor qualidade sejam direcionadas para o abastecimento público e/ou outros usos de maior prioridade. Essa reutilização poderá gerar uma economia financeira, já que não será necessário obter mais água, frequentemente, da empresa de tratamento de água da região (MAGALHÃES, 2015).

De acordo com a Instrução Normativa do Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos Nº 019 de 17 de agosto de 2005, deverão ser realizadas algumas ações visando à otimização do uso da água através do tratamento de efluentes decorrentes dos processos industriais.

Segundo o Art. 2º Instrução Normativa Nº 019 de 17 de agosto de 2005, define o gerenciamento de efluentes e resíduos como:

IV - Resíduos sólidos: são os resíduos sólidos ou semi-sólidos provenientes de sistemas de tratamento do efluente de processo industrial, bem como os rejeitos de matéria-prima (casqueiros e cacos), insumos e os administrativos.

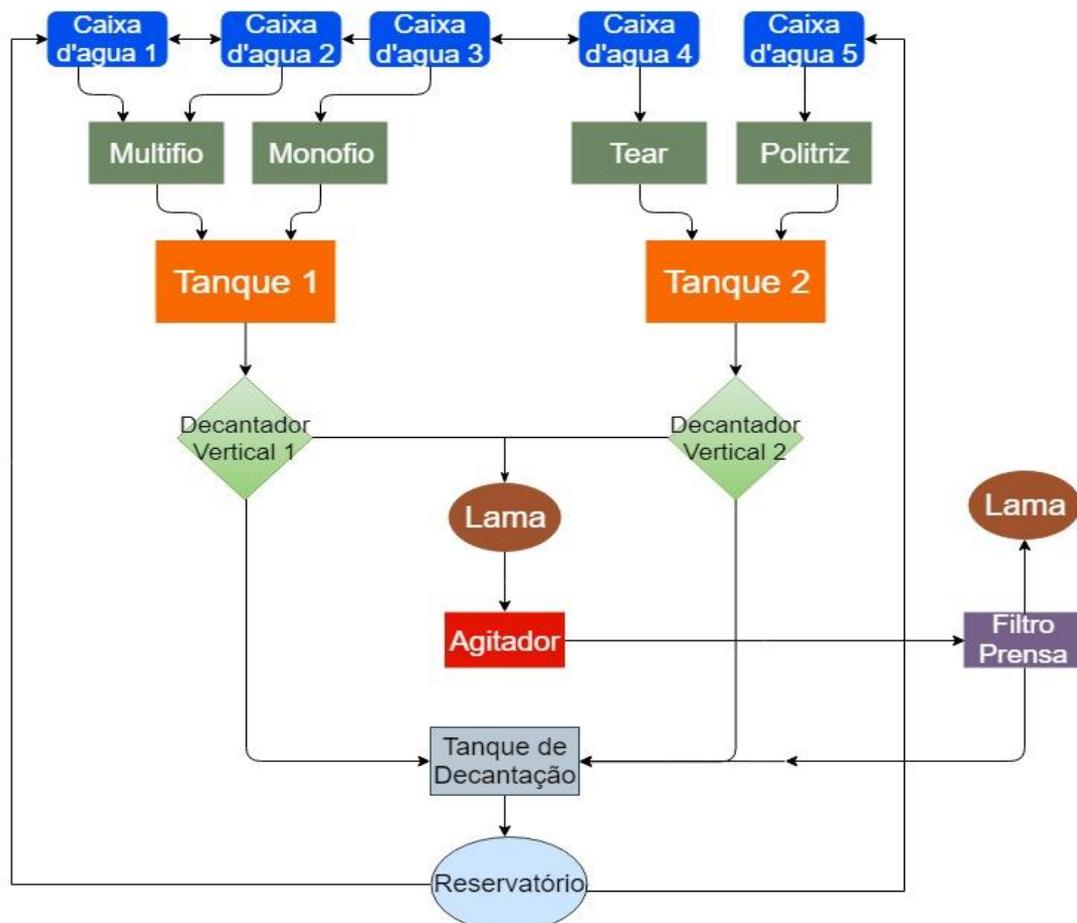
### **3 ESTUDO DE CASO**

O estudo foi realizado em uma empresa do setor de beneficiamento de rochas ornamentais situada no município de Atílio Vivácqua – ES, que realiza todo o processo de beneficiamento desde a extração de blocos até o acabamento e venda das chapas de espessura 2 ou 3 cm para o comércio exterior. A empresa conta com um sistema de tratamento de água residual para reutilização nos processos de produção, ou seja, essa água permanece em um ciclo.

### 3.1 Sistema De Tratamento

A empresa onde esse estudo foi realizado, conta com um sistema de tratamento por onde a água passa até atingir uma qualidade satisfatória. O sistema possui 2 tanques por onde a água cai através de mangueiras, sendo já misturadas com 2 produtos chamados de coagulante e floculante. O tanque 1 recebe água proveniente do processo de corte no Multifio e Monofio. Já o tanque 2 recebe água do processo de corte no Tear e do processo de polimento, como mostra a Figura (3). O coagulante (sulfato de alumínio e óxido de cálcio) e o floculante (polímeros orgânicos) tem a função de neutralizar a carga elétrica das partículas, realizando a colisão e o aglomerado delas, para que haja a decantação. Como a água está sendo agitada pela própria velocidade de queda no tanque, ocorre então o processo de floculação, para distribuir uniformemente o coagulante e o floculante (FOGAÇA, 2018).

Figura 3 - Fluxograma do sistema de circulação da água.



Elaborado pelo autor (2018).

Essa mistura de água, coagulante e floculante é bombeada até um compartimento chamado Decantador Vertical, que é uma espécie de cone que separa a água da lama, sendo que essa água passa para outro cano e é despejada em um Tanque de Decantação. A lama homogeneizada é depositada no fundo do Decantador e levada por outro cano até o Agitador, onde é misturada com água limpa com a intenção de diluí-la, para ser transportada até o Filtro Prensa (VIDAL *et al.*, 2013).

O tanque de decantação por meio da ação da gravidade separa os componentes de maior densidade de misturas homogêneas e heterogêneas, os sedimentando no fundo do tanque. Logo mais, a água já tratada é enviada para outro tanque onde é bombeada para circular novamente nas máquinas (OPENSTAX, 2012).

A lama que chega ao Filtro Prensa é prensada nesse equipamento com a ajuda de filtros de tecido fabricado com fios de polipropileno, poliéster e outros. Depois de prensada, ela cai dos filtros passando por uma abertura no chão do local, ficando amontoada em um espaço abaixo da sala do filtro prensa (PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA, 2017).

Com base nos dados cedidos pela empresa a lama é classificada como Resíduo Classe II A (Não Inerte) segundo a NBR 10.004:2004 por apresentar uma quantidade total de Alumínio acima do limite permitido para o extrato solubilizado, que é de 0,2 mg/L.

Em média, a empresa produz 149,25 m<sup>3</sup> de lama abrasiva por mês e tem por destinação o aterro industrial da AAMOL (Associação Ambiental Monte Líbano) de acordo com a INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 019 DE 17 DE AGOSTO DE 2005.

#### **4 METODOLOGIA**

A metodologia utilizada no estudo foi de pesquisa exploratória para conhecer melhor as técnicas de tratamento utilizada na empresa e os benefícios obtidos. Para obtenção de informações, foram coletadas 5 amostra de água de efluente no mesmo dia para serem analisadas no laboratório de química da Faculdade Multivix de

Cachoeiro de Itapemirim-ES, com o objeto de medir a qualidade da água residual que sai dos equipamentos e a que volta para eles, através dos valores de pH e da turbidez.

#### **4.1 Amostras**

De acordo com o tópico 4.3.7 da norma Preservação e Técnicas de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores – NBR 9898 (Junho 1987) para coletar as amostras de água, foram utilizados 5 recipientes estéreis de plástico com a capacidade de 1L cada. As amostras são da água que sai do processo de serragem do bloco no Multifio; do Tear Convencional; da Politriz; do tanque de decantação e do tanque onde a água já tratada é bombeada para ser reutilizada na produção.

#### **4.2 Equipamentos**

Para a medição da turbidez da água, foi utilizado o aparelho fornecido pela Faculdade chamado de Turbidímetro Plus (modelo Microprocessado da marca Alfakit, resolução de 0,01 NTU (unidade nefelométrica de turbidez), memória para 250, com curva de calibração de turbidez linear de 1 escala), através do método nefelométrico que nada mais é que a luz espalhada na amostra (ALFAKIT, 2018). Para calibrar o Turbidímetro antes de iniciar os testes, utilizou-se uma amostra de água deionizada para que não venha alterar os resultados e que também foi necessária para diluição de algumas amostras e limpeza dos recipientes usados nas análises.

Na medição do pH, foi utilizado um aparelho também fornecido pela Faculdade chamado de PHmetro (modelo AT 315 Microprocessado da Alfakit, com faixa de medição 0 a 14 para pH, pontos de calibração 3 pontos (4,00 – 7,00 – 10,00) e precisão relativa de 0,01% para pH / 0,01 % para Potencial Redox), que tem por função indicar se a solução é ácida, neutra ou alcalina. O equipamento foi calibrado antes dos testes de acordo com o seus parâmetros de calibração (ALFAKIT, 2018).

Foi utilizada uma cubeta para Turbidímetro de 22 mL com 24,5 x 78,6 mm para realizar a medição das amostras no equipamento. Já para a diluição, usou-se um tubo cônico modelo Falcon em polipropileno (PP) de 15 mL (ALFAKIT, 2018).

Para calcular a turbidez equivalente das amostras diluídas, multiplica-se a leitura pelo fator das diluições realizadas conforme a equação 1, de acordo com Portal de Tratamento (2017):

$$T_{equi} = A \times F \quad (1)$$

Em que:

$T_{equi}$  = Turbidez equivalente

$A$  = Leitura da amostra

$F$  = Fator da diluição

A vazão do Multifio foi fornecida através das informações de fabricação do equipamento. Segundo Cassiolato e Alves (2008), para calcular a vazão volumétrica do Monofio e da Politriz, foi utilizada a equação 2:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (2)$$

Em que:

$Q$  = Vazão

$V$  = Volume

$t$  = Tempo

Para o cálculo da vazão do Tear, foi utilizada à equação 2 citada anteriormente e também a fórmula de volume de um cilindro em metros cúbicos, representada pela equação 3 segundo Groenwald e Timm (2018), já que por hora se enche 3 tonéis com a água que sai do Tear:

$$V = \pi r^2 h \quad (3)$$

Em que:

$V$  = Volume

$\pi$  = Constante Pi

$r$  = Raio

$h$  = Altura

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Análises

Na realização das análises para calcular a turbidez e pH das amostras, foi obtido os seguintes resultados:

Tabela 1 - Leitura e resultado dos ensaios de turbidez.

<b>Amostras</b>	<b>Análise 1</b>	<b>Análise 2</b>	<b>Análise 3</b>	<b>Média</b>
<b>Tipo</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>	<b>Turbidez (NTU)</b>
<b>Água Tratada</b>	15,0	14,8	14,8	14,86
<b>Água de Decantação</b>	41,2	40,7	40,9	40,93
<b>Água da Politriz</b>	385	395	392	390,66
<b>Água do Multifio</b>	124	125	124	123
<b>Água do Tear</b>	687	674	649	670

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

De acordo com a Tabela 1, foi necessário a realização de 3 medições levando em consideração as variações que poderiam haver. Já para a medição do pH, foi necessário somente 1 medição, pois o aparelho oscila até chegar a um valor ótimo.

As amostras de água do Multifio e do Tear necessitaram ser diluídas devido à impossibilidade dos equipamentos de realizarem a medição com elevada quantidade

de resíduos presentes. Para isso, foram usados 11 mL da amostra inicial adicionando mais 11 mL de água deionizada. A cada diluição, era utilizado 50% da solução atual com mais 50% de água deionizada.

Na Tabela 2 encontra-se os valores de pH, número de diluições realizadas para cada ensaio e turbidez equivalente de cada amostra:

Tabela 2 - Leitura dos ensaios de pH e turbidez equivalente das amostras analisadas.

<b>Amostra</b>	<b>Média da Turbidez (NTU)</b>	<b>T<sub>equi</sub> (NTU)</b>	<b>PH</b>
<b>Água Tratada</b>	14,86	14,86	9,33
<b>Água de Decantação</b>	40,93	40,93	9,47
<b>Água da Politriz</b>	390,66	390,66	9,79
<b>Água do Multifio</b>	123	615	8,45
<b>Água do Tear</b>	670	1340	11,37

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

## 5.2 Volume de água que circula na produção

Por meio dos dados coletados na empresa, segue na Tabela 3 o consumo mensal de água:

Tabela 3 - Vazão de água por equipamentos.

<b>Máquinas</b>	<b>M³/H</b>	<b>Horas mensal de Funcionamento</b>	<b>Consumo Mensal</b>
<b>Multifio</b>	90	431:10:34	1616,91
<b>Monofio</b>	0,9	94:35:00	3,55
<b>Tear Convencional</b>	1,53	118:32:50	7,56
<b>Politriz</b>	23,76	260:48:34	258,20

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

## 5.3 Simulação de valores

Segundo os dados coletados na empresa, o custo com os insumos utilizados no tratamento da água é de R\$0,50 por metro quadrado de material produzido ao mês, sendo que a empresa possui uma produção de 7.000 m<sup>2</sup> mensal, chegando a um

valor de R\$ 3.500,00 ao mês. Na Tabela 4 pode-se simular o quanto gastaria se a empresa utiliza-se água que vem da estação, por meio de informações de tarifas de consumo de água obtida da empresa de abastecimento de água BRK Ambiental através da Figura 4:

Tabela 4 - Valor simulado do que se pagaria pela utilização da água.

Total do Consumo Mensal (M <sup>3</sup> /H)	Água	Esgoto	Custo
1.886,22	R\$12,70	R\$12,70	R\$47.909,90

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

Figura 4 - Tarifas para utilização da água.

<b>INDUSTRIAL</b>			
FAIXAS DE CONSUMO	ÁGUA	ESGOTO	
m <sup>3</sup>	(R\$)	(R\$)	
1	00 - 10	11,06	11,06
2	11 - 20	11,06	11,06
3	21 - 30	11,06	11,06
4	31 - 40	12,70	12,70
5	>40	12,70	12,70

Fonte: BRK AMBIENTAL (2018).

Na Tabela 5, tem-se a comparação do valor simulado com os custos que se há no Setor de Tratamento da empresa, sendo possível visualizar a economia que a empresa tem:

Tabela 5 - Economia gerada.

Custo Simulado de Utilização da Água	Custo Mensal Total com o Setor de Tratamento	Economia	%
R\$ 47.909,90	R\$ 3.500,00	R\$ 44.409,90	93%

Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

## 6 DISCUSSÕES

Por meio do resultado das análises, foi possível identificar a eficiência dos processos de tratamento, uma vez que a turbidez e o pH da amostra tratada teve um valor

muito baixo se comparado a água que sai do maquinário. Porém, essa água não é propícia para o consumo, pois segundo a portaria 2.914, para a água ser considerada potável, o pH deve estar na faixa entre 6,0 a 9,5. Já a turbidez deve estar entre a faixa de 0,5 a 5,0 NTU. Como o pH ficou na faixa de 14,86, o mesmo é considerado alcalino, o que diminui os riscos de deterioração das máquinas e pode contribuir também com a diminuição das manutenções preventivas e corretivas dos equipamentos. Como a água tratada apresentou um valor pH e turbidez acima do ideal, sendo desqualificada para o consumo, ela pode ser usada na limpeza e também nas descargas dos banheiros, além da utilização nos maquinários.

Para a empresa, reutilizar a água em seus processos produtivos é altamente benéfico, uma vez que esta ação gera uma economia de aproximadamente R\$44.409,90 ou de R\$6,34 por metro quadrado de produção, representando 93% do valor simulado, além de deixar de tirar da natureza 1.886,22m<sup>3</sup> de água por mês ou de aproximadamente 22.634,60m<sup>3</sup> ao ano, tornando-se uma empresa sustentável e parceira do meio ambiente.

Em relação ao volume de lama retirada ao mês, 13,3% são de umidade, o que significa que 19,85 m<sup>3</sup> de água de reuso são retirados da empresa. Em contrapartida, a empresa possui um sistema de coleta de água da chuva para que não haja a diminuição do volume do reciclo. Esse sistema conta com calhas e canos que recolhem a água da chuva e a direcionam até a estação de tratamento da empresa para também ser tratada junto com a água residual.

## **7 CONCLUSÃO**

Dentre os objetivos e metas que as empresas hoje desejam alcançar, existe a busca pelo menor custo de produção sem perder o padrão de qualidade de seus produtos. Logo, a reutilização de água é um recurso importante na indústria de beneficiamento, pois tem por reduzir um valor considerável de seus custos e também mostrar que a empresa se preocupa em produzir de forma sustentável.

As empresas cada vez mais competem entre si buscando formas de obter vantagens sobre as outras, e uma das formas de melhorar a qualidade de seus

processos produtivos seria com a gestão da demanda, que busca formas de tratamento, reuso e diminuição da geração de efluentes. Com isso, seria possível obter vários benefícios, como evitar que águas residuais sejam lançadas no meio ambiente, a não contribuição com o consumo exagerado de água e redução dos gastos na captação e uso da água (FIRJAN, 2015).

Considerando então os resultados obtidos nesse estudo, concluiu-se que a empresa que reutiliza a água do processo produtivo, só tem a ganhar, seja economicamente, ou mesmo contribuindo com o meio ambiente, preservando os recursos hídricos da região.

## 8 REFERÊNCIAS

ALENCAR, C. R. A. **Manual de caracterização, aplicação, uso e manutenção das principais rochas comerciais no Espírito Santo**. Espírito Santo: rochas ornamentais. Instituto Euvaldo Lodi-Regional do Espírito Santo. Cachoeiro de Itapemirim/ES: IEL, 2013.

ALFAKIT. **PHmetro AT 315 Microprocessado**. Florianópolis. Disponível em: <<https://alfakit.com.br/produtos/phmetro-at-315-microprocessado-f-2/>>. Acesso em: 28 nov. 2018.

ALFAKIT. **Turbidímetro Plus II Microprocessado C/ Memória**. Florianópolis. Disponível em: <<https://alfakit.com.br/produtos/turbidimetro-plus-ii-microprocessado-c-memoria-cod-353/>>. Acesso em: 28 nov. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro, 2004.

BRASIL. Portaria Nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, 14 de dez. 2011. Seção 1, p. 39.

BRK AMBIENTAL. **Estrutura Tarifária**. Cachoeiro de Itapemirim, 2018. Disponível em: <<https://www.brkambiental.com.br/uploads/3/estruturas-tarifarias/cachoeiro-estrutura-tarifaria-site.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2018

BUZZI, D. C. **Estudo de classificação e quantificação das lamas geradas no processo de beneficiamento de rochas ornamentais**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico. Vitória-ES, 2008.

CASSIOLATO, C.; ALVES, E. O. **Medição de Vazão**. Controle & Instrumentação Edição 138, 2008. CASSIOLATO, C. O Brasil quebrando as barreiras tecnológicas com a inovação – Transmissores de Pressão. Controle & Instrumentação. Edição 106, 2005. Disponível em: <[www.smar.com.br](http://www.smar.com.br)>. Acesso em: 29 nov. 2018.

CHIODI FILHO, C. **Balanco das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2018**. São Paulo: ABIROCHAS, 2018. 13 p. (Informe n.03/2018).

COSTA FILHO, J. A. **Etapas para beneficiamento do granito na indústria**. Monografia (Graduação) – Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologias, Campina Grande, 2016.

FIRJAN – FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO **Manual de conservação e reuso da água na indústria**. Rio de Janeiro: DIM, 2015, 35p.

FOGAÇA, J. R. V. **Coagulação e Floculação**, Brasil Escola. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/quimica/coagulacao-floculacao.htm>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

GROENWALD, C. L. O.; TIMM, U. T. **Utilizando curiosidades e jogos matemáticos em sala de aula**. In: Só Matemática. Virtuosa Tecnologia da Informação, 1998-2018. Disponível em:<<https://www.somatematica.com.br/artigos/a1/>>. Acesso em: 29 nov. 2018.

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Instrução Normativa Nº 019**. Espírito Santo, 2005. Instituto Euvaldo Lodi (IEL), 2013, p. 01-78.

MAGALHÃES, P. C. **A água no Brasil, os instrumentos de gestão e o setor mineral**. Tendências Tecnológicas Brasil. Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral/MCT, 2015, 380p.

OPENSTAX. **Biology**. Ed. 9.87. Texas: Cnx Biology, 2012. PORTAL SÃO FRANCISCO. **Decantação**. São Paulo. Disponível em: <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/quimica/decantacao>>. Acesso em: 10 out. 2018.

PORTAL TRATAMENTO DA ÁGUA. **Determinação da Turbidez**. Enasa Engenharia, 2017. Disponível em:<<https://www.tratamentodeagua.com.br/artigo/determinacao-da-turbidez/>> Acesso em: 29 nov. 2018.

SILVEIRA, L. L. L. **Polimento de rochas ornamentais: Um enfoque tribológico ao processo**. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo (Brasil), São Carlos, 2007. 203f.

SILVEIRA, R. P. *et al.* **Tratamento de efluentes da indústria de rochas ornamentais: uma abordagem bibliométrica.** Scientia Tec, v. 4, n. 1, p. 42-59, 2017.

SOUZA, D. V.; VIDAL, F. W. H.; CASTRO, N. F. **Estudo comparativo da utilização de teares multilâmina e multifio no beneficiamento de granitos comerciais.** In: IV Congresso Brasileiro de Rochas Ornamentais & VIII Simpósio de Rochas Ornamentais do Nordeste, 2013, Campina Grande. **Anais...** Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2013. v. 1. p. 96-104.

TOMAZONI, J. C.; MANTOVANI, L. E.; BITTENCOURT, A. V. L.; ROSA FILHO, E. F. **Utilização de medidas de turbidez na quantificação da movimentação de sólidos por veiculação hídrica nas 70 bacias dos rios Anta Gorda, Brinco, Coxilha Rica e Jirau – sudoeste do estado do Paraná.** Boletim Paranaense de Geociências, v.57, p. 49-56, 2005.

VIDAL, F. WILSON H.; AZEVEDO, H. C. A.; CASTRO, N. F. **Tecnologia de Rochas Ornamentais – Pesquisa, Lavra e Beneficiamento.** 1. ed. Rio de Janeiro, Brasil: CETEM/MCTI, 2013. 700p.