

# **ANÁLISE QUALITATIVA DOS DIAMANTES ORIUNDOS DOS RESÍDUOS DE TEARES MULTIFIOS PARA FINS DE REAPROVEITAMENTO**

## **QUALITATIVE ANALYSIS OF THE DIAMONDS ORIGINATING FROM THE TAILINGS OF MULTIWIRESAW MACHINE AIMING THEIR REUTILIZATION**

**Gustavo Egramphonte**

Aluno de Graduação em Engenharia de Minas do 8º período, IFES  
Período PIBITI/CETEM: agosto de 2018 a julho de 2019,  
g.egramphonte@hotmail.com

**Francisco Wilson Hollanda Vidal**

Orientador, Engenheiro de Minas, D.Sc.  
fhollanda@cetem.gov.br

**Leonardo Luiz Lyrio da Silveira**

Coorientador, Geólogo, D.Sc.  
leolysil@cetem.gov.br

### **RESUMO**

A Economia Circular busca utilizar os “rejeitos” provenientes de uma atividade, em matéria prima para um novo produto, inserindo, dessa forma, o conceito de coproduto e eliminando o conceito de rejeito. O Brasil é um dos maiores produtores de rochas ornamentais e de revestimento posicionando em 4º no ranking mundial de acordo com ABIROCHAS (2019). Ao longo das etapas de beneficiamento são produzidos milhões de toneladas de resíduos, entre os quais encontra-se o diamante sintético que é utilizado em pérolas diamantadas, empregadas no desdobramento dos blocos de rocha em chapas nos teares multifios. Os diamantes se desprendem da pérola devido ao desgaste da mesma com a rocha durante o corte. Este trabalho tem como objetivo mostrar uma rota desenvolvida para a recuperação de diamantes que sofreram descolamento da matriz metálica sinterizada e que possuem ainda potencial para sua futura utilização. Foi testada uma rota para concentrar e recuperar os diamantes, além de se processar uma caracterização das pérolas diamantadas novas utilizadas em pedreiras para obter informações sobre a quantidade e qualidade do diamante, e poder comparar se os diamantes oriundos do resíduo têm as características necessárias para sua reutilização como elemento abrasivo. A recuperação do diamante utilizando mesa concentradora teve um bom resultado obtendo um concentrado com 60,60 g/T, valor superior ao obtido por Souza e Vidal (2013) de 44,86 g/T. Os diamantes apresentaram também granulometrias condizentes com as encontradas nas pérolas novas. Portanto, este estudo mostrou que a recuperação do diamante para utilização em novas pérolas diamantadas é uma alternativa promissora.

**Palavras chave:** diamantes, recuperação, caracterização.

### **ABSTRACT**

The Circular Economy seeks to use the "wastes" from an activity, in raw material for a new product, inserting, in this way, the concept of co-product and eliminating the concept of waste. Brazil is one of the largest producers of dimension stones ranking 4th in the world according to ABIROCHAS (2019). Throughout the processing stages millions of tons of waste are produced, among which is the synthetic diamond that is used in diamond beads, used in the unfolding of the blocks of rock in slabs in the multi wire saw machine. Diamonds particles are detached of the bead due to the wear process during the stone cutting. This work aims to show a route developed for the recovery of diamonds that have undergone detachment of the sintered metal

matrix and that still have potential for their future use. A route was tested to concentrate and recover the diamonds, as well as to characterize the new diamond beads used in quarries to obtain information on the quantity and quality of the diamond, and to be able to compare if the diamonds from the residue have the characteristics necessary for their reuse as an abrasive. The recovery of the diamond using a concentrating table had a good result obtaining a concentrate with 60.60 g / T, higher value than that obtained by Souza and Vidal (2013) of 44.86 g / T. The diamonds also presented granulometries consistent with those found in the new beads. Therefore, this study showed that diamond recovery for use in new diamond beads is a promising alternative.

**Keywords:** diamonds, recovery, characterization.

## 1. INTRODUÇÃO

As atividades produtivas geram grande quantidade de resíduos e rejeito, principalmente as atividades de mineração que extraem grandes quantidades de matéria prima. A economia circular tem como conceito a reintrodução do resíduo no ciclo produtivo, como um coproduto que pode se transformar em insumos para a produção de novos produtos (FOSTER et al., 2016).

De acordo com ABIROCHAS (2019), no ano de 2018, as exportações brasileiras dos diversos produtos comerciais de rochas ornamentais somaram US\$ 992,5 milhões e 2,20 milhões t em 2018, com retração de 10,35% no faturamento e 6,88% no volume físico frente a 2017. O Brasil exportou rochas ornamentais para 120 países no ano de 2018, sendo que os três principais destinos foram EUA, China e Itália respectivamente.

Apesar de esta atividade econômica ser de grande importância para a balança comercial brasileira, sua prática gera uma quantidade significativa de resíduos. Acredita-se que só no desdobramento dos blocos nas serrarias, o resíduo produzido é cerca de 40% do volume total do bloco, sendo 26% de resíduo muito fino misturado com os insumos da serragem e 14% de resíduo grosso. Estima-se, que no beneficiamento sejam geradas em torno de 1,5 Mt dos resíduos finos e quase 1 Mt de resíduos grossos anualmente no País (CAMPOS et al., 2014).

Nos teares multifios, o resíduo gerado é apenas o pó da rocha misturado com água e diamantes desprendidos durante o corte. Esse desprendimento do diamante ocorre devido ao desgaste da matriz ligante, que com o aumento desse desgaste do elemento abrasivo novos grãos afloram, esse processo é conhecido como “*pull-out*” (AZEREDO, 2002).

De acordo com estudos realizados pelo ABIROCHAS (2018), estima-se que até 2025, a capacidade brasileira de serragem poderá superar 100 Mm<sup>2</sup>/ano, com cerca de 80% dessa capacidade representada por teares multifio diamantados. Em 2017 a estimativa de teares multilâminas era de 625, enquanto a de multifio era de 320. Porém, até 2025 estima-se que esses teares multilâminas sejam trocados por não mais de 150 teares multifio diamantados, considerando-se os modelos de até 80 fios já ofertados no mercado.

Em trabalho anterior realizados por Souza e Vidal (2013) mostrou que é possível recuperar esses diamantes e que eles possuem características que permitem sua reutilização como matéria prima para fabricação de novas ferramentas diamantadas.

## 2. OBJETIVO

Testar uma nova rota para a recuperação de diamantes sintéticos desprendidos de pérolas diamantadas no processo de serragem de blocos de rochas ornamentais desdobrados em teares multifio.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Dissolução das Pérolas Novas Utilizadas em Pedreiras

As pérolas diamantadas utilizados nesse trabalho foram obtidas em visitas a pedreiras, coletando-se segmentos de fios novos, utilizados no corte da rocha. Nos laboratórios do CETEM NR-ES, foi realizada a retirada das pérolas do fio por meio da queima controlada do revestimento de borracha que une a pérola ao cabo de aço, e com auxílio de alicates para puxar a pérola do cabo.

As pérolas foram pesadas, utilizando-se a balança analítica *Shimadzu UniBloc* modelo AUY 220, sendo então as pérolas dispostas em béqueres de 100 ml, uma em cada béquer, e adicionado ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) com 65% de pureza analítica, a um volume de 60 ml por pérolas. Deixou-se as pérolas submersas no ácido por 2 dias para que ocorresse a dissolução completa da pérola.

#### 3.2. Recuperação dos Diamantes do Resíduo

A coleta do resíduo aconteceu na empresa Petrus Mineração Ltda., localizada em Cachoeiro de Itapemirim – ES. Para realização da coleta foi acoplado abaixo da máquina de fio diamantado uma caixa de resina cortada ao meio, onde os resíduos oriundos do corte, juntamente com os diamantes desprendidos no processo de serragem, ficam dentro desse recipiente, de forma que permita a coleta do mesmo ao final da serragem do bloco. Após a coleta do resíduo o mesmo foi preparado para realização de ensaios seguindo-se as etapas a seguir:

- Secagem da amostra ao ar livre e em estufa a 100 °C;
- Destorroamento e peneiramento em malha nº 28 da série de Tyler;
- Homogeneização e quarteamento em pilha longitudinal;
- Retirada de alíquotas para ensaio exploratório na mesa oscilatória.

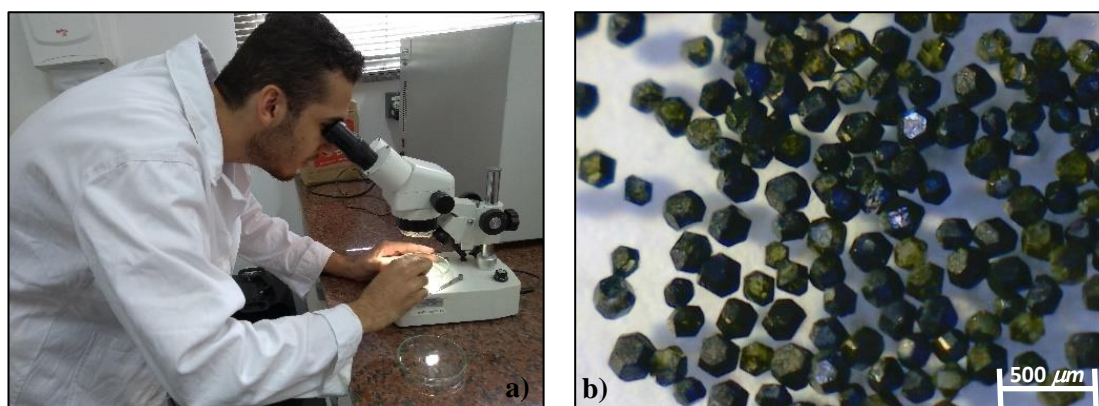
Foram realizados testes exploratórios, na mesa de concentração, modelo 18x40, fabricante CDC equipamentos e montagens industriais Ltda., no laboratório do IFES, objetivando-se a concentração do diamante. Utilizou-se uma massa de 1180 g de resíduos. O concentrado e o rejeito da mensagem foram enviados para o CETEM-RJ a fim de realizar o meio denso e quantificar a quantidade de diamante presentes.

### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 4.1. Dissolução das Pérolas Novas Utilizadas em Pedreiras

Para a obtenção do diamante junto a matriz metálica dissolvida, filtrou-se o conteúdo do béquer. A filtragem foi realizada com auxílio de uma bomba à vácuo e um kit de filtragem, composto por kitazato, funil, pinça de pressão e microfiltro de fibra de vidro *macherey-nagel*. Realizou-se a limpeza do funil com água deionizada com auxílio de uma pisseta, a fim de retirar os diamantes presos nas paredes do funil de filtragem. Secaram-se as amostras em estufa por 24 h a uma temperatura de 100°C. Foi realizada a pesagem do filtro com o material retido, para saber a massa da matriz dissolvida com os diamantes. Realizou-se então o peneiramento do material retido no filtro em uma peneira com abertura de 0,212 mm, para separar o diamante do restante da matriz dissolvida. Após isso, os diamantes foram colocados em placas petri e colocados na estufa por 24 horas. Posteriormente realizou-se a retirada de impurezas do diamante utilizando-se uma lupa binocular e uma agulha. Após essa etapa determinou-se a massa final dos diamantes por pérola (Figura 1). Todo o processo desde a retirada da pérola do fio diamantado até a obtenção final do diamante sintético foi realizado nos laboratórios do Centro de Tecnologia Mineral – CETEM, Núcleo Regional do Espírito Santo. Foram utilizadas 6 pérolas por fabricante, sendo que foram estudadas 6 marcas diferentes, totalizando 36 pérolas dissolvidas. Obteve-se a massa de diamante de cada pérola e calculou-se a massa de diamante média por

fabricante, obtendo assim a concentração de diamante média (massa média do diamante dividido pela massa média da liga sinterizada), também foram calculados dados estatísticos como desvio padrão e coeficiente de variação (Tabela 1).



**Figura 1:** Retirada das impurezas com auxílio da lupa binocular (a), obtenção dos diamantes puros (b).

**Tabela 1:** Comparação das análises dos diamantes, entre os diferentes fabricantes.

Fabricante	A	B	C	D	E	F
Massa média de diamantes (g)	0,1473	0,1423	0,1893	0,1723	0,0636	0,1594
Concentração média de diamantes (%)	3,9984	4,0048	5,7712	4,7359	2,4980	4,4763
Desvio padrão	0,2904	0,2112	0,6599	0,1834	0,1233	0,1260
Coeficiente de variação (%)	7,2626	5,2729	11,4352	3,8718	4,9349	2,8147

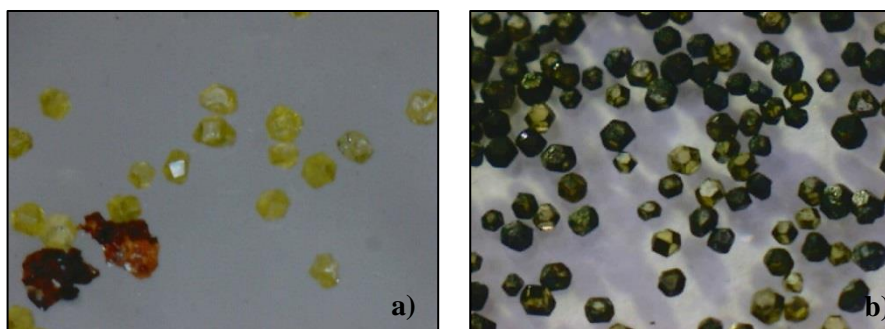
O ponto mais relevante que se pode obter analisando os resultados da tabela 1 é a massa média de diamantes do fabricante E, que apresentou um valor mais de duas vezes menor que a média dos demais fabricantes e conseqüentemente uma concentração média de diamantes também consideravelmente inferior.

Outro ponto a ser observado é o fabricante C que apresentou uma massa média de diamantes maior que as demais, com uma concentração média também maior, porém apresentou o desvio padrão e coeficiente de variação muito elevado, indicando que essas pérolas não tem um bom padrão na fabricação das pérolas possuindo pérolas com uma quantidade elevada de diamantes e outras com baixa quantidade o que influencia no corte da rocha durante o desgaste da matriz metálica.

Os diamantes obtidos no processo de dissolução das pérolas apresentam tamanho em três diferentes granulometrias 0,425 mm, 0,300 mm e 0,212mm. Com sua proporção variando de acordo com fabricante.

#### 4.2. Recuperação dos Diamantes do Resíduo

Os diamantes obtidos do resíduo oriundo do processo de desdobramento do bloco em chapas nos teares multifios, apresentam granulometria da faixa de 0,300 mm e 0,212 mm. Alguns diamantes encontram-se fraturados e com suas faces não tão bem definidas devido ao desgaste e a própria quebra durante o corte da rocha. Porém, uma boa parte dos diamantes apresentam-se com sua geometria bem definida suas faces todas perfeitas, possibilitando a sua reutilização na produção de uma nova pérola (Figura 2).



**Figura 2:** Diamante recuperado (a) em comparação com diamantes novos (b).

Em trabalho anterior realizado por Souza e Vidal (2013), obtiveram uma concentração de diamantes no resíduo de 44,86 g/T (gramas de diamante por tonelada de resíduo). Inserindo a mesa concentradora no processo para obter maior concentração de diamantes, obtivemos uma concentração de 60,6 g/T, mostrando que seria muito viável inserir uma mesa concentradora para obter um concentrado mais rico e viabilizar a recuperação do mesmo. Comparando os diamantes obtidos de pérolas novas utilizadas em pedreiras com os diamantes recuperados do processo de serragem de blocos com o uso do tear multifio, pode-se notar que eles apresentam características parecidas principalmente em relação a granulometria que se encontram na faixa

## 5. CONCLUSÕES

O diamante é um insumo que encarece o valor das ferramentas diamantadas, e sua recuperação e utilização poderá reduzir os custos na produção das pérolas. Visto que no resíduo possui diamantes com forma e granulometria que permitem sua reutilização. Como sugestões para trabalhos futuros pretende-se utilizar o diamante sintético recuperado do resíduo na confecção de pérolas diamantadas a base de resina vegetal, substituindo, dessa forma, a tradicional com matriz metálica. Também realizar testes com essa pérola a base de resina em um protótipo de uma máquina de fio diamantado que simula o funcionamento da pérola durante o corte da rocha e comparar os resultados com as pérolas que são utilizadas atualmente.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa concedida (Processo: 164126/2018-0), à empresa Pettrus Mineração Ltda., por ter cedido o resíduo, agradeço a todos do NR-ES, especialmente ao Francisco Wilson Hollanda Vidal e o Leonardo Luiz Lyrio da Silveira pelo apoio e dedicação ao trabalho.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. **Balço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2018.**

AZEREDO, S. R. **Processamento de Corças Abrasivas do Sistema Sílica- Poliéster para Aplicação no Desbaste de Pedras Ornamentais.** Monografia do LAMAV/UENF, 2002, p. 32.

CAMPOS, A. R.; RIBEIRO, R. C. C.; CASTRO, N. F.; AZEVEDO, H. C. A.; CATTABRIGA, L. Resíduos: tratamento e aplicações industriais. In: VIDAL, F. W. H.; AZEVEDO, H. C. A.; CASTRO, N. F. **Tecnologia de rochas ornamentais: pesquisa, lavra e beneficiamento.** 1 ed. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Centro de Tecnologia Mineral/CETEM/MCTI, 2014, p. 433-492.

FOSTER, A.; ROBERTO, S. S.; IGARI, A. T. **Economia circular e resíduos sólidos: uma revisão sistemática sobre a eficiência ambiental e econômica.** In: XVIII - Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, São Paulo, 2016, 17 p.

SOUZA, D. V.; VIDAL, F. W. H. **Análise da recuperação do diamante oriundo do resíduo de teares multifio.** In: XXI – Jornada de Iniciação Científica-CETEM/MCTI, Rio de Janeiro, 2013. 4 p.