

# **CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DO RESÍDUO DE SERRAGEM EM TEARES MULTIFIO PARA FINS DE RECUPERAÇÃO DOS DIAMANTES SINTÉTICOS EM ESPIRAL DE HUMPHREYS**

## **CHEMICAL CHARACTERIZATION OF RESIDUE FROM MULTI WIRE SAW MACHINE FOR THE PURPOSE OF RECOVERY OF SYNTHETIC DIAMONDS IN HUMPHREYS SPIRAL**

**Gustavo Egramphonte**

Aluno de Graduação em Engenharia de Minas 10º período, IFES  
Período PIBITI/CETEM: agosto de 2019 a julho de 2020,  
g.egramphonte@hotmail.com

**Francisco Wilson Hollanda Vidal**

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

**Phillipe Fernandes de Almeida**

Bolsista PCI - Estruturante, Tecnólogo em Rochas Ornamentais, D.Sc.

### **RESUMO**

A utilização do tear multifio na indústria de rochas ornamentais apresenta um contínuo crescimento e já é o maior responsável pela capacidade de serragem do Brasil, representando aproximadamente 59% da capacidade brasileira de acordo com ABIROCHAS (2020). O resíduo dos teares multifio, além do pó de rocha e água, contém micro cristais de diamantes sintéticos, que já se mostraram possíveis de recuperação com potencial de reaproveitamento. Este trabalho tem como objetivo a caracterização química do resíduo de teares multifio de uma empresa de serragem de blocos, para desenvolver uma metodologia de recuperação dos diamantes sintéticos utilizando as técnicas de concentração mineral como a espiral concentradora Humphreys. Foram realizadas as etapas de amostragem, preparação e caracterização química por fluorescência de raios X das amostras para identificar e mensurar a quantidade dos minerais presentes. Tal resíduo é proveniente de processos de serragem com diversos tipos litológicos, destacando-se a importância da sua caracterização. No resíduo analisado, os principais minerais encontrados foram  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  com as respectivas concentrações: 47,5; 16,4; e 15,0 %. Essas informações são fundamentais para o embasamento técnico para a elaboração da rota de beneficiamento de concentração utilizando a espiral de Humphreys.

**Palavras-chave:** Resíduo, Rochas Ornamentais, FRX.

### **ABSTRACT**

The use of the multi wire saw machine in dimension stone industry shows continuous growth and is already the main responsible for the sawing capacity in Brazil, representing approximately 59% of the Brazilian capacity according to ABIROCHAS (2020). The residue from the multi wire saw machine, in addition to rock dust and water, contains micro crystals of synthetic diamonds which have already proved possible to recover with potential for reuse. This work aims at the chemical characterization of the residue of multi wire saw machine from a block sawing company with the purpose of developing a methodology for the recovery of synthetic diamonds using mineral concentration techniques such as the Humphreys concentrating spiral. Sampling, preparation and chemical characterization by X-ray fluorescence of the samples were carried out to identify and measure the amount of minerals present. Such residue comes from sawing processes with different types of lithology, highlighting the importance of its characterization. In the analyzed residue, the main minerals found were  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  with the respective concentrations: 47.5; 16.4; and 15.0%. This information is fundamental for the technical basis for the elaboration of the processing routine using the Humphreys spiral.

**Keywords:** Residue, dimension stones, XRF.

## 1. INTRODUÇÃO

O beneficiamento de rochas ornamentais visa basicamente a transformação dos blocos, extraídos na fase de lavra, em produtos finais ou semiacabados chapas. O processo de desdobramento de bloco ocorre por teares mutilâmina ou teares multifio. No primeiro caso o corte ocorre pela ação da gralha como o principal elemento abrasivo, conduzido por um conjunto de lâminas movido pelo tear. Já o processo de corte com o tear multifio ocorre pela ação abrasiva das pérolas diamantadas, gerando uma lama composta por pó de rocha, água e micro cristais de diamante sintético, desprendidos das pérolas na serragem (SILVEIRA *et al.*, 2014).

Um aspecto importante a ser considerado no resíduo do tear multifio é o potencial de beneficiamento deste diamante presente em sua composição. Atualmente existem processos para separação dos componentes de um minério, como as técnicas gravíticas, onde o princípio da concentração das partículas, de diferentes densidades e granulometrias, ocorrem por ação da gravidade e ou forças centrífugas, destacando-se a mesa vibratória, hidrociclone concentrador e espiral de Humphreys, e os métodos de concentração química, como a flotação, que baseia-se nas características químicas do minério que deseja-se concentrar. Essas são técnicas consagradas na concentração de minérios diversos, como exemplo, ouro e diamantes. Nestes termos, alguns estudos foram realizados na tentativa de aplicação destas técnicas para recuperar esses diamantes sintéticos. Como por exemplos os estudos realizados por (Souza e Vidal 2013; Egramphonte *et al.*, 2019) utilizando técnicas de concentração gravítica e Almeida e Vidal (2019) utilizando a flotação, os autores obtiveram a concentração de diamante da ordem 44,86 g/T; 60,6 g/T e 6 Kg/T respectivamente.

Em linhas gerais, os resíduos da serragem dos blocos são compostos por uma variedade de elementos, visto a diversidade geológica dos materiais beneficiados atualmente nas empresas de rochas ornamentais brasileiras. De acordo com ABIROCHAS (2018) estima-se que haja mais de 1200 variedades litológicas de rochas no Brasil em pelo menos 1500 frentes de lavras ativas, por isto faz-se necessário a caracterização química dos resíduos de rochas para orientação das práticas de beneficiamento de resíduos de rochas ornamentais.

No presente estudo foi escolhido uma empresa na região de Vargem Alta – ES, que conta com dois teares multifio para realizar a serragem dos blocos, e que apresenta um resíduo enriquecido de diamantes sintéticos, pela utilização de um sistema de concentração de elementos mais densos, que antecede o sistema de tratamento dos efluentes do tear.

O resíduo coletado é oriundo do processo de várias serradas de diferentes litotipos, contribuindo para uma mistura contendo muitos minerais, sendo que cada um apresenta características próprias. Devido a isto, um processo tecnológico adequado para um mineral nem sempre é efetivo para um mineral similar, sendo importante uma caracterização que apresentem avaliações quantitativas ou semiquantitativas (PORPHÍRIO *et al.*, 2010). Neste sentido, o presente estudo visa apresentar a caracterização química preliminar do resíduo coletado, para obtenção das informações iniciais e primordiais para elaboração do planejamento para recuperação dos diamantes presentes no resíduo, através de técnica de concentração em espiral de Humphreys, que será realizada no desenvolvimento futuro desta linha de pesquisa realizada no Núcleo Regional do Espírito Santo CETEM/NRES.

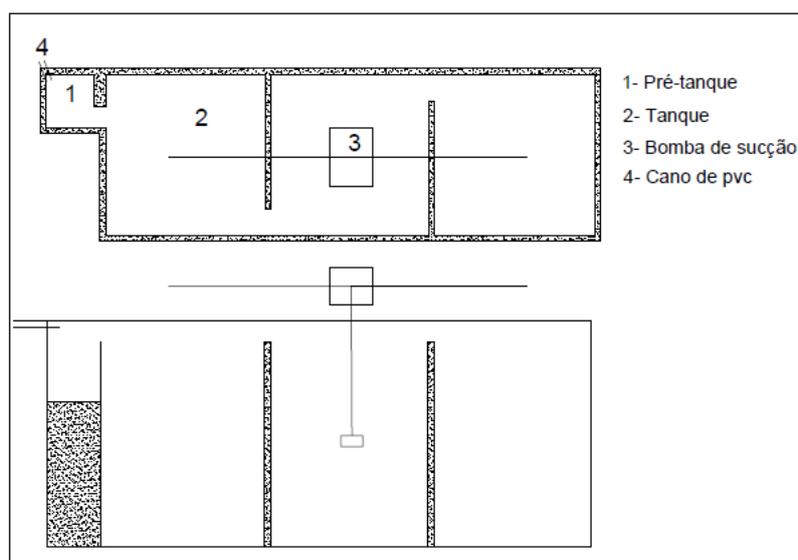
## 2. OBJETIVOS

Caracterizar quimicamente um resíduo de serragem de blocos em teares multifio pela técnica de Fluorescência de raios X, para embasamento técnico dos parâmetros de beneficiamento deste resíduo em espiral Humphreys.

### 3. METODOLOGIA

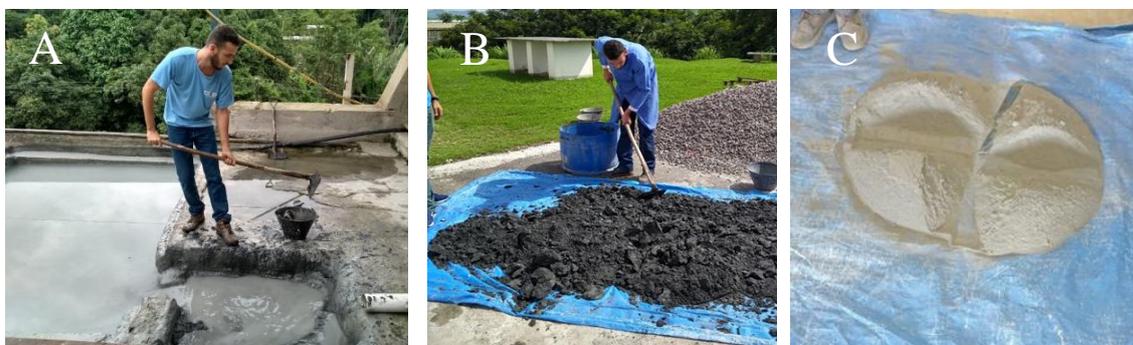
A presente metodologia faz parte do desenvolvimento do processo de beneficiamento do resíduo aplicada de forma inovadora na recuperação de diamantes sintéticos. Para isto foi realizada uma campanha preliminar de coleta e análise química do resíduo para fins de embasamento do ensaio de concentração em espiral de Humphreys.

Para a etapa laboral deste trabalho foram coletados aproximadamente 150 kg de resíduo, em uma empresa de beneficiamento de rochas ornamentais, localizada no município de Vargem Alta – ES. A coleta foi realizada em um pré-tanque, situado antes dos tanques de decantação, para tratamento dos efluentes dos teares multifios. Esse pré-tanque foi construído para reter os materiais grosseiros e com altas densidades, evitando que cheguem aos tanques de decantação, favorecendo a concentração dos cristais de diamantes que apresentam elevada densidade. Esse sistema de pré-concentração é demonstrado no projeto esquemático da figura 1.



**Figura 1:** Modelo esquemático do sistema de concentração e tratamento de efluentes dos teares multifio.

Para a coleta do resíduo utilizou-se ferramentas como, enxadas, cavadeiras e baldes (figura 2A). O material foi acondicionado em bombonas e transportados até o CETEM NRES, onde foi espalhado sobre uma lona em campo aberto para a secagem do resíduo ao ar livre (figura 2B). Com o resíduo seco seguiu-se as seguintes etapas: destorroamento, utilizando-se peneiras com abertura de 0,84 mm, homogeneização e quarteamento através das técnicas de pilhas cônicas (figura 2C) obtendo-se 5 pacotes com 30 kg cada.



**Figura 2:** Coleta do resíduo da serragem no tanque de concentração (A), secagem do resíduo a condições ambientes (B) e quarteamento em pilha cônica.

Para realizar as análises de Fluorescência de Raios X, utilizou-se de uma pequena quantidade de amostra aproximadamente 20g, com uma granulometria inferior a 0,104 mm. Então o resíduo foi quartado diversas vezes utilizando o quartador de amostras Jones até a obtenção de uma massa de 20g. Essa alíquota foi então cominuída com o auxílio do almofariz até ficar inferior a 0,104 mm. O equipamento utilizado na fluorescência de raios X - FRX, o da marca BRUKER modelo S2 RANGER.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

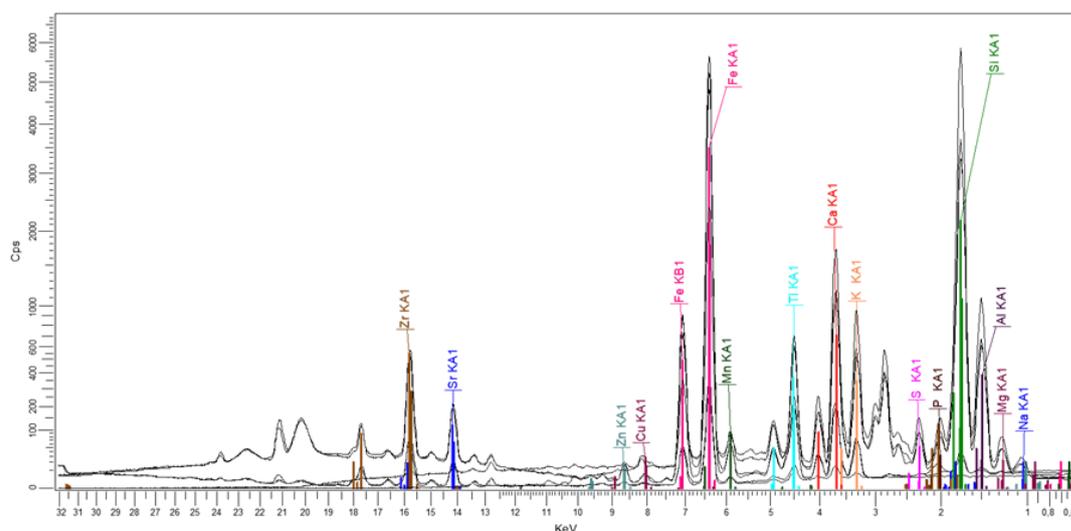
### 4.1. Fluorescência de Raios X

A análise química como a fluorescência de raios X, permitem análises qualitativas simples e confiáveis e também quantitativas, que consiste na medida das linhas do espectro dos elementos procurados e do relacionamento dessas intensidades com sua concentração na matriz. O resultado da fluorescência de raios X encontra-se na tabela 1, com os óxidos presente na amostra e suas respectivas concentrações, bem como a perda por calcinação (PPC). O SiO<sub>2</sub> foi o óxido com maior concentração na amostra, seguido pelo Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, a perda por calcinação foi de apenas 0,025 %. O resíduo, portanto, é rico em minerais silicatos, com densidade de 2,65g/cm<sup>3</sup> inferior à do diamante sintético, que é da ordem de 3,6g/cm<sup>3</sup>, um importante dado, pois o método de concentração que se presente utilizar baseia-se na força da gravidade.

**Tabela 1:** Resultados da análise de fluorescência de raios X do resíduo do corte de rochas com multífilo.

Fórmula	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Outros	PPC
Concentração	47,5	16,4	15	5,59	4,03	3,37	3,05	2,76	0,612	0,565	0,636	0,025

O gráfico (figura 3) a seguir mostra o pico dos óxidos dos elementos presentes na amostra com relação a energia (KeV) utilizada para identificá-los. Pode-se observar que o pico do Si foi o maior. É interessante ressaltar que o pico do Fe também está acentuado, porém sua concentração é bem inferior à do Si, de acordo com a tabela 1. Isso deve-se ao fato das diferentes faixas de energias utilizadas para identificar os elementos, sendo que o Fe necessita de uma energia muito menor para atingir a camada K do que o Si.



**Figura 3:** Fluorescência de Raios X (FRX) do resíduo.

## 5. CONCLUSÕES

Cabe ressaltar que este estudo foi uma fase preliminar com o intuito de caracterizar o resíduo que será ensaiado, a fim de conhecer suas características e poder definir a melhor maneira de prosseguir os ensaios, restando ainda outras análises, como por exemplo, a picnometria, para determinar a densidade, e a análise granulométrica.

Por fim estes estudos podem fornecer importantes informações acerca do resíduo como as variedades mineralógicas, a quantificação dos mesmos e as suas características físicas. Isto permite definir quais os melhores métodos para realizar a concentração dos diamantes presentes no resíduo. Desta forma, os próximos passos da presente pesquisa será realização dos ensaios laboratoriais pelo método de deslamagem por hidrociclone classificador e concentração por espiral de Humphreys, bem como a comparação dos resultados desta campanha experimental com os trabalhos já realizados com outras técnicas de beneficiamento de minério que foram utilizadas na recuperação do diamante sintético presente nos resíduos de serragem de rocha ornamental com teares multifio.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq pela bolsa concedida (Processo: 137942/2019-2), e meu orientador Dr. Francisco Hollanda e a todos os colaboradores do CETEM/NRES.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIROCHAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. **Balço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2019**. Belo Horizonte, MG, informe 01/2019. 34p. 2020.

ABIROCHAS – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS. **O setor brasileiro de rochas ornamentais**. Brasília, DF, 07/2018. 34p. 2018.

ALMEIDA, P.F; VIDAL, F.W.H. **Avaliação da recuperação de diamantes do resíduo de serragem em teares multifio**. In: VIII Jornadas do Programa de Capacitação Institucional, CETEM-MCTI, Rio de Janeiro, Brasil, 7p., 2019

EGRAMPHONTE, G.; VIDAL, F.W.H.; SILVEIRA, L.L.L; **Análise qualitativa dos diamantes oriundos dos resíduos de teares multifios para fins de reaproveitamento**. In: XXVII Jornada de Iniciação Científica e III Jornada de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, CETEM-MCTI, Rio de Janeiro, Brasil, 5p., 2019.

PORPHÍRIO, N.H.; BARBOSA, M.I.M.; BERTOLINO, L.C. **Caracterização Mineralógica de Minérios** parte I. in: **Tratamento de Minérios**. 5ª edição/Ed. Luz, A.D.; Sampaio, J.A. e França, S.C.A. CETEM/MCT – Rio de Janeiro, p. 57-84.

SILVEIRA, L. L. L.; VIDAL, F. W. H.; SOUZA, J. C. **Beneficiamento de rochas ornamentais**. 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. 329-398.

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, Brasil, 4p., 2013.