

IMPACTOS DAS TECNOLOGIAS NA ENGENHARIA DE MATERIAIS E METALÚRGICA

**Henrique Ajuz Holzmann
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia
(Organizadores)**

Atena
Editora
Ano 2019

Henrique Ajuz Holzmann
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia
(Organizadores)

Impactos das Tecnologias na Engenharia de Materiais e Metalúrgica

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Lorena Prestes e Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

- Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Profª Drª Juliane Sant’Ana Bento – Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

I34 Impactos das tecnologias na engenharia de materiais e metalúrgica
[recurso eletrônico] / Organizadores Henrique Ajuz Holzmann,
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia. – Ponta Grossa (PR): Atena
Editora, 2019.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-7247-235-7

DOI 10.22533/at.ed.234190204

1. Engenharia – Tecnologia. 2. Metalurgia. I. Holzmann, Ajuz. II.
Biscaia, Ricardo Vinicius Bubna.

CDD 620.002854

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de
responsabilidade exclusiva dos autores.

2019

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos
autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A engenharia de materiais e metalúrgica, vem cada vez mais ganhando espaço nos estudos das grandes empresas e de pesquisadores. Esse aumento no interesse se dá principalmente pela escassez de matérias primas, a necessidade de novos materiais que possuam melhores características físicas e químicas e a necessidade de reaproveitamento dos resíduos em geral.

Neste livro são apresentados trabalho teóricos e práticos, relacionados a área de materiais e metalurgia, dando um panorama dos assuntos em pesquisa atualmente.

A caracterização dos materiais é de extrema importância, visto que afeta diretamente aos projetos e sua execução dentro de premissas de desempenho técnico e econômico. Ainda são base da formação do engenheiro projetista cujo ofício se fundamenta na correta escolha de materiais e no processo de obtenção do mesmo, estando diretamente relacionados a área de metalurgia.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais.

Aos autores, agradecemos pela confiança e espírito de parceria.

Boa leitura

Henrique Ajuz Holzmann
Ricardo Vinicius Bubna Biscaia

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ENGENHARIA METALÚRGICA NA UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MINAS GERAIS: ANÁLISE DA EVOLUÇÃO DO CURSO	
<i>Kelly Cristina Ferreira</i>	
<i>Júnia Soares Alexandrino</i>	
<i>Telma Ellen Drumond Ferreira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2341902041	
CAPÍTULO 2	8
EVOLUÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA DE MINAS NA UEMG/JOÃO MONLEVADE EM SEUS 10 ANOS DE EXISTÊNCIA	
<i>Kelly Cristina Ferreira</i>	
<i>Júnia Soares Alexandrino</i>	
<i>Telma Ellen Drumond Ferreira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2341902042	
CAPÍTULO 3	15
ACUMULADORES PB-ÁCIDO: CONCEITOS, HISTÓRICO E APLICAÇÃO	
<i>Abdias Gomes dos Santos</i>	
<i>Flávio José da Silva</i>	
<i>Magda Rosângela Santos Vieira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2341902043	
CAPÍTULO 4	21
ANÁLISE PRELIMINAR DA APLICABILIDADE DA SEPARAÇÃO BASEADA EM SENSORES EM MINA DE CALCÁRIO DE CAÇAPAVA DO SUL (RS)	
<i>Evandro Gomes dos Santos</i>	
<i>Régis Sebben Paranhos</i>	
<i>Carlos Otávio Petter</i>	
<i>Aaron Samuel Young</i>	
<i>Moacir Medeiros Veras</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2341902044	
CAPÍTULO 5	30
DESEMPENHO DE REAGENTES NA FLOTAÇÃO COLETIVA DE SULFETOS DE UM REJEITO AURÍFERO PARAIBANO	
<i>Marcelo Rodrigues do Nascimento</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2341902045	
CAPÍTULO 6	40
UTILIZAÇÃO DE SULFONATO DE ALQUILBENZENO LINEAR (LAS) E POLICARBOXILATO ÉTER (PCE) COMO REAGENTES PARA FLOTAÇÃO DE MINÉRIO DE FERRO	
<i>José Maria Franco de Carvalho</i>	
<i>Mariane Batista de Oliveira Vasconcelos</i>	
<i>Luanne Phâmella da Silva Henriques e Moreira</i>	
<i>Julia Castro Mendes</i>	
<i>Carlos Alberto Pereira</i>	
<i>Ricardo André Fiorotti Peixoto</i>	
DOI 10.22533/at.ed.2341902046	

CAPÍTULO 7 50

COMPORTAMENTO EM TRAÇÃO DE COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIÉSTER E FIBRAS DE CURAUÁ E BANANEIRA CONTÍNUAS E ALINHADAS

Michel José Caldas Carvalho

Douglas Santos Silva

Roberto Tetsuo Fujiyama

DOI 10.22533/at.ed.2341902047

CAPÍTULO 8 64

EFEITO DE UM ADITIVO ENZIMÁTICO COMERCIAL NA DEGRADAÇÃO DE PEBD EM MEIO SALINO

Jéssica Pereira Pires

Gabriela Messias Miranda

Gabriela Lagranha de Souza

Flávia Stürmer de Fraga

Alessandro da Silva Ramos

Rosane Angélica Ligabue

Jeane Estela Ayres de Lima

Rogério Vescia Lourega

DOI 10.22533/at.ed.2341902048

CAPÍTULO 9 81

PREPARAÇÃO DE MICROESFERAS DE QUITOSANA/ARGILA PARA USO COMO SISTEMA CARREADOR DO IBUPROFENO

Matheus Aleixo Maciel

Bárbara Fernanda Figueiredo dos Santos

Hanniman Denizard Cosme Barbosa

Albaniza Alves Tavares

Pedro Henrique Correia de Lima

Suédina Maria de Lima Silva

DOI 10.22533/at.ed.2341902049

CAPÍTULO 10 97

CONSOLIDAÇÃO POR SINTERIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO MICROESTRUTURAL DE ALUMÍNIO RECICLADO A PARTIR DE LATAS DE BEBIDA VIA METALURGIA DO PÓ

José Raelson Pereira de Souza

Regina Bertília Dantas de Medeiros

Mauricio Mhirdau Peres

DOI 10.22533/at.ed.23419020410

CAPÍTULO 11 113

ELETRODEPOSIÇÃO DE FILMES DE POLIPIRROL EM SUPERFÍCIES DE ALUMÍNIO 2024: INFLUÊNCIA DO ELETRÓLITO

Andrea Santos Liu

Alex Fernandes de Souza

Liu Yao Cho

DOI 10.22533/at.ed.23419020411

CAPÍTULO 12	128
UMA REVISÃO SOBRE A TECNOLOGIA DE PROCESSAMENTO DE LIGAS METÁLICAS NO ESTADO SEMISSÓLIDO	
<i>Luis Vanderlei Torres</i>	
DOI 10.22533/at.ed.23419020412	
CAPÍTULO 13	141
INFLUÊNCIA DA TAXA DE RESFRIAMENTO SOBRE MACROESTRUTURA DA LIGA DE ALUMÍNIO SAE 323 SOLIDIFICADO EM MOLDE DE AREIA	
<i>Rafael Brasil da Costa</i>	
<i>Rodrigo da Silva Miranda</i>	
<i>Adilto Pereira Andrade Cunha</i>	
DOI 10.22533/at.ed.23419020413	
CAPÍTULO 14	149
INFLUÊNCIA DE PARÂMETROS OPERACIONAIS DA MESA CONCENTRADORA WILFLEY NA CONCENTRAÇÃO DE ESCÓRIA METALÚRGICA DA LIGA FESIMN	
<i>Raulim de Oliveira Galvão,</i>	
<i>Filipe Brito Marinho de Barros</i>	
<i>José Carlos da Silva Oliveira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.23419020414	
CAPÍTULO 15	161
INFLUÊNCIA DO ENSAIO METALÚRGICO DE TEMPERA NA MICROESTRUTURA E PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS AÇOS	
<i>Rodrigo da Silva Miranda</i>	
<i>Adilto Pereira Andrade Cunha</i>	
DOI 10.22533/at.ed.23419020415	
CAPÍTULO 16	171
ESTUDO DA INFLUÊNCIA DA DISTÂNCIA ENTRE CAMADAS NA TÉCNICA DE RECONSTRUÇÃO 3D POR SEÇÃO SERIAL	
<i>Wesley Luiz da Silva Assis</i>	
<i>Talita Fonseca dos Prazeres</i>	
<i>Ana Beatriz Rodrigues de Andrade</i>	
<i>Douglas de Oliveira</i>	
DOI 10.22533/at.ed.23419020416	
SOBRE OS ORGANIZADORES	179

ANÁLISE PRELIMINAR DA APLICABILIDADE DA SEPARAÇÃO BASEADA EM SENSORES EM MINA DE CALCÁRIO DE CAÇAPAVA DO SUL (RS)

Evandro Gomes dos Santos

Universidade Federal do Pampa, Laboratório de Tratamento de Minérios (LATRAM)
Caçapava do Sul – RS

Régis Sebben Paranhos

Universidade Federal do Pampa, Laboratório de Tratamento de Minérios (LATRAM)
Caçapava do Sul – RS

Carlos Otávio Petter

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Laboratório de Processamento Mineral (LAPROM)
Porto Alegre – RS

Aaron Samuel Young

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Laboratório de Processamento Mineral (LAPROM)
Porto Alegre – RS

Moacir Medeiros Veras

Instituto Federal do Amapá; Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Laboratório de Processamento Mineral (LAPROM)
Macapá – AP; Porto Alegre – RS

RESUMO: O presente trabalho visa avaliar o efeito da seleção de minério de calcário através da utilização de sensores de raios-X e câmera CCD. A coleta de amostras foi realizada na saída do britador primário, a uma granulometria entre 3 e 6” (76-152mm). Foram colhidas 17 amostras, buscando abranger todas as variantes de minério e estéril atualmente em extração.

Visando uma primeira caracterização, as amostras foram lavadas e submetidas à análise em espectrômetro de fluorescência de raios-X. Os testes de separação foram realizados em *sorter* instalado na UFRGS, fabricado pela empresa Comex. O mesmo é composto de uma esteira transportadora, um grupo de sensores, um sistema de processamento de dados e um sistema pneumático responsável pela separação. Para este artigo, foram utilizados apenas as técnicas de raios-X e câmera CCD. Como resultados, quando utilizado o sensor de raios-X, de um total de 12,2 kg de amostra, 10,5 kg foram separados e enviados ao produto final, e 1,7 kg foram enviados ao rejeito. Porém, na fração descartada como rejeito teve-se 35,3% produto, enquanto no produto quase 7% era estéril. Quando utilizada a câmera CCD, obteve-se 100% de aproveitamento da fração minério e 100% de descarte da fração estéril. Importante destacar que se trata apenas de um estudo preliminar de análise da viabilidade de implantação de sistema de *sorting* automático. Entretanto, estes resultados preliminares obtidos com a utilização de ambos os sensores foram considerados satisfatórios.

PALAVRAS-CHAVE: calcário, separação baseada em sensores, classificação.

ABSTRACT: This work seeks to evaluate the effect of the sorting of limestone ores through

the use of X-ray and CCD camera sensors. Collection of the 17 samples used for this study was performed after primary crushing at a size range between 76 and 152 mm (3 to 6"). Sampling was intended to represent all of the possible variations of the ore and waste currently being extracted. For initial characterization, samples were washed and subjected to analysis by a handheld X-ray fluorescence spectrometer. Sensor based sorting tests were performed at the Federal University of Rio Grande do Sul (UFRGS) using a COMEX lab sorter. The lab sorter is comprised of a conveyor belt, mounted sensors, a data processing system, and a pneumatic flap system for the physical separation of the samples. Results of the X-ray separation showed that of the 12.2 kg of samples, 10.5 kg were sorted into product and only 1.7 kg were separated as waste. However, in the fraction discarded as waste, it was 35.3% product, while in the product almost 7% was waste. When using the CCD camera, 100% of the ore fraction and 100% of the waste fractions were considered to be sorted correctly. While it is important to note that this is only a preliminary study analyzing the viability of implementation of the automatic sorting system, these preliminary results obtained with the use of both sensors were considered satisfactory.

KEYWORDS: limestone, sensor-based separation, sorting.

1 | INTRODUÇÃO

A mineração de calcário no município de Caçapava do Sul (RS/Brasil), teve seu início em meados do século XX e hoje representa uma das mais importantes atividades industriais da região. Conforme citado por SAMPAIO & ALMEIDA (2005), a extração e comercialização de calcário está presente em todo o mundo, sendo este mineral responsável por uma parcela que vai de 1% a 3% da crosta terrestre, com uma grande gama de aplicações.

A utilização do minério extraído em Caçapava do Sul restringia-se, inicialmente, à fabricação de cal para construção civil, tendo um processo de lavra inteiramente manual. A partir da década de 1950, o advento do emprego de calcário moído como corretivo de acidez do solo e o aumento da demanda por matéria prima à realização de grandes obras civis fez com que os processos de extração e beneficiamento do minério se modernizassem. Embora a indústria estudada responda por 70% da produção de calcário corretivo de solo e 25% do mercado estadual da cal (SILVA, 2009), a catação manual ainda integra sua rota de processo do beneficiamento.

A tecnologia automatizada de seleção de materiais tem suas primeiras pesquisas registradas em meados do século XX, no entanto, somente a partir da década de 1980, com o desenvolvimento de processadores de maior monta, é que se tornou possível sua utilização na prática (PRETZ, 2012). Hoje, métodos de medição através de sensores são utilizados para classificar diversos tipos de materiais, utilizando sistemas de medição que reconhecem contraste entre cor, forma, densidade etc. Segundo SALTER & WYATT (1991), a utilização da separação baseada em sensores

(SBS) pode resultar em diversos benefícios como a redução de custos de capital operacional e de transporte e o aumento da recuperação no beneficiamento. Neste sentido, o presente trabalho visa avaliar o efeito da seleção de minério de calcário através dos sensores por transmitância de raios-X e câmera CCD.

2 | MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Amostras

A coleta de amostras de calcário foi realizada no minério ROM saído do britador primário. A granulometria do material vai de cerca de 3” a 6” (76 a 152 mm). As características de formação das ocorrências de calcário na região de Caçapava do Sul são bastante particulares, devido à grande gama de processos geológicos a que foram submetidas. Este fator torna a amostragem uma tarefa complexa, tendo em vista a série de litotipos encontrados intercalados ao corpo de minério (pelitos, granitos, intrusões máficas). A coloração do minério também é variável, contemplando tonalidades de branco, cinza e rosa.

Ao todo, foram colhidas 17 amostras, buscando abranger, da forma mais coerente possível, todas as variantes de minério e estéril existentes. As amostras foram lavadas e submetidas à análise em espectrômetro de fluorescência de raios-X portátil, donde foi gerada tabela contendo os percentuais de diversos elementos químicos. O equipamento utilizado é fabricado pela Bruker Corporation, modelo S1 TURBOSD.



Figura 1: amostra de calcário sendo analisada em espectrômetro de fluorescência de raios-X

Para cálculo dos valores de PN (poder de neutralização), que indica a capacidade potencial do corretivo de neutralizar a acidez do solo, foi utilizada a seguinte equação (PRIMAVESI & PRIMAVESI, 2004): $\%ECaCO_3 = (\%CaO \times 1,79) + (\%MgO \times 2,48)$. Onde: $\%ECaCO_3$ é o PN e 1,79 e 2,48 são os índices de capacidade de neutralização relativa ao $CaCO_3$ desses óxidos. Vale ressaltar que este método de cálculo do PN tende a superestimar os valores calculados, porém, como este se trata de um estudo preliminar, este possível incremento nos valores foi considerado aceitável.

2.2 Equipamento de classificação (sorter)

O *sorter* utilizado é fabricado pela empresa Comex, sendo composto de uma esteira transportadora, um grupo de sensores, um sistema de processamento de dados e um sistema pneumático responsável pela separação (Figura 2). O equipamento dispõe de três tipos de sensores: laser, câmera CCD (charge-coupled device) e por transmitância de raios-X (DE-XRT). Considerando que o objetivo do presente trabalho era realizar uma separação baseada em características químicas e não de forma, adotaram-se somente os sensores CCD e de raios-X.

Na utilização de qualquer um destes sensores, as amostras são colocadas na esteira que alimenta o equipamento, pela qual são conduzidas até a zona de detecção. Normalmente, a proporção da diferença entre a partícula maior e a menor deve ser de, no máximo, 3:1 (ERGÜN et al., 2012). Chegando a este ponto, através de um software próprio, os dados obtidos na leitura das amostras com o sensor escolhido são processados e então é feita a calibração do equipamento. Nesta calibração ficam definidos os parâmetros que caracterizarão produto e rejeito, ou seja, a fração de material que terá passagem livre ao chegar às válvulas pneumáticas e a que será separada.

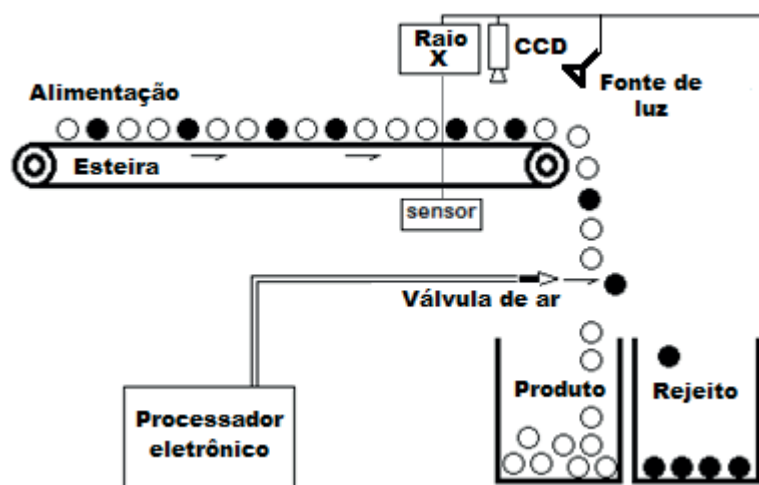


Figura 2: esquema simplificado de funcionamento do *sorter*.

A identificação das amostras através do sensor por transmitância de raios-X se dá pelo reconhecimento da densidade atômica das partículas. Parte-se do princípio que diferentes densidades representam diferentes classes de materiais a serem separados (JONG & DALMIJN, 2003). O software implantado no equipamento cria falsas-cores baseadas na interação entre os raios-X e o material em identificação, a partir das quais são geradas imagens utilizadas na calibração.

O sensor ótico trabalha dentro da faixa do visível (comprimentos de onda entre 390 e 780 nm). Este sensor converte as intensidades de luz captadas em sinais mensuráveis eletronicamente (HOLST & LOMHEIM, 2011). Nesta imagem, através dos parâmetros RGB (*red, green and blue*), é possível se detectar os contrastes entre diferentes materiais e realizar-se a calibração do equipamento.

Após cada teste realizado, as amostras foram retiradas do equipamento, já separadas em frações, e pesadas, de modo a que se gerassem tabelas com o balanço de massas obtido. O processamento destes dados se deu em planilha eletrônica Excel.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como primeiro resultado obtido com as amostras, tem-se a Tabela 1. Nesta tabela apresentam-se dados das amostras obtidos a partir de análise com espectrometria de raios-X. Optou-se por apresentar somente os valores que vogam no cotidiano das operações de lavra (amarelo), destes, ainda, o parâmetro obtido mais utilizado é o PN (verde), que rege o destino a ser dado a cada material na durante a seleção na lavra. Para fins deste estudo, foram considerados com rejeito amostras com PN inferior a 69 %ECaCO₃.

ID	Classe	Descrição	Kg	SiO ₂	MgO	CaO	PN
1	Produto	Calcário rosa	0,617	7,54	20,40	40,20	122,55
2	Produto	Calcário misto	0,616	9,67	22,45	36,90	121,73
3	Rejeito	Metabasito	0,478	84,50	1,79	2,92	9,67
4	Produto	Calcário branco	0,699	0,83	21,90	40,10	126,09
5	Produto	Calcário rosa	0,684	0,00	12,00	44,60	109,59
6	Produto	Calcário misto	0,801	0,00	24,40	45,40	141,78
7	Produto	Calcário branco	0,624	2,52	25,70	43,50	141,60
8	Produto	Calcário rosa	0,669	0,00	12,50	21,60	69,66
9	Produto	Calcário cinza	0,884	0,00	7,01	52,70	111,72
10	Rejeito	Granito	0,610	65,50	4,78	2,80	16,87
11	Produto	Calcário branco	0,485	3,32	28,80	43,60	149,47
12	Produto	Calcário misto	0,587	28,00	18,40	33,90	106,31
13	Produto	Calcário misto	0,682	13,70	25,00	35,70	125,90
14	Produto	Calcário misto	1,416	1,90	14,90	38,80	106,40
15	Produto	Calcário rosa	0,625	5,99	22,50	68,00	177,52

16	Rejeito	Diabásio	0,661	42,10	19,20	0,83	49,10
17	Produto	Calcário cinza	1,012	3,59	24,20	58,20	164,19

Tabela 1: resultado de análise das amostras de calcário e estéril obtidas com espectrofotômetro de raios-X manual.

Para calibração do equipamento de separação, portanto, adotou-se o critério supracitado, buscando-se separar as amostras de números 3, 10 e 16 das restantes (Figura 3). Estas amostras, além de apresentarem PN inferior aos valores mínimos definidos para minério, ainda apresentam elevados valores de SiO_2 e baixos índices de CaO e MgO, o que as desqualifica à fabricação dos produtos finais.



Figura 3: amostras posicionadas no interior do *sorter*, na zona de detecção, durante calibração.

Conforme citado anteriormente, este processo foi testado em dois tipos de sensores: ótico e de raios-X. A Tabela 2 abaixo mostra os resultados obtidos com o sensor de raios-X.

	Calcário		Estéril		Total
	Kg	%	Kg	%	Kg
Alimentação	10,4	85,6%	1,8	14,4%	12,2
Produto	9,8	93,3%	0,7	6,7%	10,5
Rejeito	0,6	35,3%	1,1	64,7%	1,7

Tabela 2: resultados obtidos na separação a partir da utilização do sensor de raios-X.

Como se pode visualizar, o *sorter* foi alimentado com um grupo de amostras de peso total igual a 12,2 kg. Após a triagem do material, 10,5 kg foram separados como sendo produto e 1,7 kg como rejeito. No entanto, considerando a massa de cada parcela, na fração descartada como rejeito (1,7 kg) 35,3% é produto, enquanto no produto (10,5 kg) quase 7% é estéril. Este resultado mostra uma separação razoavelmente eficaz na porção produto, mas uma triagem ineficiente do rejeito, que poderia gerar um desperdício vultuoso considerando valores reais de produção na

indústria (Figura 4).

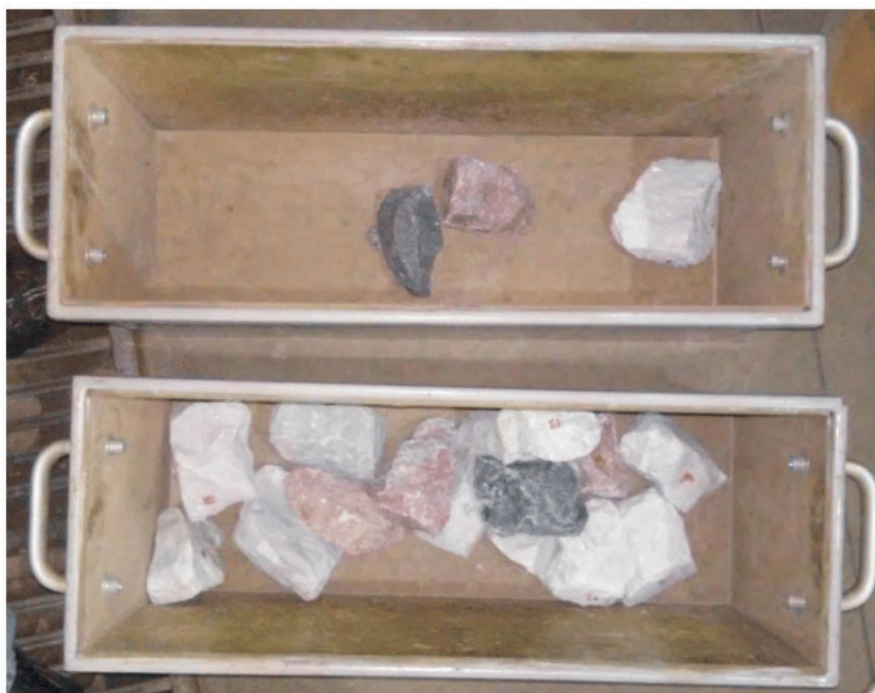


Figura 4: amostras retiradas do sorter após processo de triagem através de raios-X.

Note-se a presença de calcário branco junto ao rejeito (bandeja superior) e diabásio de coloração negra junto ao produto (bandeja inferior).

Uma das possibilidades levantada para explicar tal baixo desempenho, obtido inicialmente, é o fato de as amostras terem um formato heterogêneo (embora dentro da variação limite de 3:1). Este formato cria, em determinados pontos, uma falsa impressão de alta densidade devido à espessura da amostra, assim, pode ocorrer de amostras espessas, de baixa densidade, tornarem-se iguais a amostras finas de densidade alta. Esta hipótese fica visível, também na Figura 4, onde se pode observar na bandeja superior o tamanho da amostra de calcário (cor branca) em relação às amostras de estéril (cores rosa e preta).

Passando-se ao segundo teste, o mesmo grupo de amostras foi submetido a análise através de sensor ótico (câmera CCD). Os resultados obtidos são apresentados a seguir (Tabela 3):

	Calcário		Estéril		Total Kg
	Kg	%	Kg	%	
Alimentação	10,4	85,6%	1,8	14,4%	12,2
Produto	10,4	100,0%	0,0	0,0%	10,4
Rejeito	0,0	0,0%	1,8	100,0%	1,8

Tabela 3: resultados obtidos na separação a partir da utilização do sensor ótico (câmera CCD)

É notável, analisando os dados, a alta eficiência alcançada com a utilização da câmera CCD, obtendo-se 100% de aproveitamento da fração minério e 100% de

descarte da fração estéril (Figura 5). Na mesma imagem, é observável a similitude existente entre a amostra de granito rosado (bandeja superior) e amostras de calcário rosa (bandeja inferior). Este resultado, de certa forma, trouxe surpresa, pois se imaginava que a existência de cores tão semelhantes pudesse trazer dificuldades à classificação através de sensor de ótica.



Figura 5: amostras retiradas do sorter após processo de triagem através sensor ótico (câmera CCD). Nota-se a presença de unicamente rejeito na bandeja superior e unicamente produto na bandeja inferior.

4 | CONCLUSÕES

Levando-se em conta que se trata de um estudo preliminar (pode ser considerado como etapa de calibração) de análise da viabilidade de implantação do sistema de separação automática, os resultados obtidos nos testes com a utilização de ambos os métodos se mostraram satisfatórios. Merece destaque o método ótico, que apresentou 100% de eficiência.

A questão da utilização do sensor de raios-X, como já foi discutida, merecerá atenção na sequência dos estudos, pois se pôde perceber que a granulometria e forma das amostras influem de forma expressiva nos resultados da triagem.

Para continuidade do trabalho, incrementando a confiabilidade do mesmo, um maior número de amostras deverá ser analisado, buscando garantir que a maior parte possível das combinações litológicas seja estudada. Também, devem ser realizados testes com material de granulometria menor, na tentativa de sanar o problema levantado em relação às falsas densidades encontradas com o raio-X, podendo, assim, elevar a eficiência do método.

5 | AGRADECIMENTOS

Às Universidades Federal do Pampa (Unipampa) e Federal do Rio Grande do Sul

(UFRGS), que, junto ao projeto Re-Maud, tornaram possível a realização do presente estudo.

À empresa Dagoberto Barcellos S/A, pela cedência de sua área industrial para realização do presente trabalho e o fornecimento de todos os subsídios necessários.

REFERÊNCIAS

ERGÜN, L., Ş., GÜLSOY, Ö., Y., GÜLCAN, E. **Optical Sorting of Iron and Chromite Ores**. In: Sensor-Based Sorting, International Conference and Exhibition, 2012. Alemanha, RWTH Aachen University. CD Sensor-Based Sorting, 2012.

HOLST, G. C., LOMHEIM, T., S. **CMOS/CCD Sensors and camera systems**. JCD publishing, Winter Park, 2º ed., 2011.

JONG, T., DALMIJN, W. **Dual energy X-ray transmission imaging: applications in metal processing**. In: EPD Congress, M. E. Schlesinger, 2003.

SILVA, J. O. **Perfil do calcário**. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral - SGM - Ministério de Minas e Energia – MME. Brasília, 56 pp., 2009.

PRETZ, T., **Preface**. In: Sensor-Based Sorting, International Conference and Exhibition, 2012. Alemanha, RWTH Aachen University. CD Sensor-Based Sorting, 2012.

PRIMAVESI, A. C., PRIMAVESI, O. **Características de corretivos agrícolas**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. 28p. Embrapa Pecuária Sudeste. Documentos, vol. 37.

SALTER, J. D., WYATT, N.P.G. **Sorting in the minerals industry: past, present and future**. Minerals engineering, vol. 4, pp. 779-796, 1991.

SAMPAIO, J. A., ALMEIDA, S. L. M., 2005. **Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações**. CETEM, Rio de Janeiro, 350 pp.

SOBRE OS ORGANIZADORES

Henrique Ajuz Holzmann - Professor assistente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia e Ciência dos Materiais pela Universidade Estadual de Ponta Grossa. Trabalha com os temas: Revestimentos resistentes a corrosão, Soldagem e Caracterização de revestimentos soldados.

Ricardo Vinicius Bubna Biscaia - Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Mestre em Engenharia Mecânica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Doutorando em Engenharia de Produção pela UTFPR. Trabalha com os temas: análise microestrutural e de microdureza de ferramentas de usinagem, modelo de referência e processo de desenvolvimento de produto e gestão da manutenção.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-235-7



9 788572 472357