

# AValiação DO USO DE FINOS DE CARVÃO (CO-PRODUTO) DA REFINARIA DE ALUMINA PARA REDUÇÃO DO MINÉRIO DE FERRO NO SETOR SIDERÚRGICO<sup>1</sup>

Wener Mirada Teixeira dos Santos<sup>2</sup>

Gustavo Gomes Cursino<sup>3</sup>

.Gilmar Trindade de Araújo<sup>4</sup>

## Resumo

Este trabalho tem como objetivo avaliar a aplicação dos finos de carvão, gerados pelas caldeiras da Refinaria da ALUMAR, para o setor siderúrgico. Os finos de carvão, originados do carvão mineral, foram submetidos as análises físico-químicos, visando atender a potencialidade do setor siderúrgico nos Estados do Maranhão e Pará, em substituição total ou parcial do carvão vegetal, cuja produção, crescendo de forma desordenada, vem agravando o meio-ambiente devido às muitas carvoarias obterem a madeira de forma predatória, tratando-se de uma situação ilegal, insustentável em termos ambientais, e danosa economicamente, a curto e médio prazo.

**Palavras-chave:** Carvão vegetal; Siderúrgicas; Finos de carvão; Meio-ambiente.

## USING AND EVALUATION OF COAL'S FINES (CO-PRODUCT) OF REFINERY ALUMINA FOR IRON ORE REDUCTION IN THE SIDERURGICAL SECTOR

### Abstract

This work has as objective to evaluate the application of the fine ones of coal, originated for the boilers of the Refinery of the ALUMAR, for the siderurgical sector. The fine ones of coal, originated of the mineral coal, had been submitted analyze physicist-chemistries, aiming at to take care of the potentiality to them of the siderurgical sector in the States of the Maranhão and Pará, in total or partial substitution of the vegetal coal, whose production growing of disordered form, comes aggravating the half-environment due the many coal bunkers to get the wood of predatory form, being about an illegal, unsustainable in ambient terms and harmful situation economically the short and average stated period.

**Key words:** Vegetal coal; Siderurgical; Fine of coal; Environment.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

<sup>2</sup> *Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB.*

<sup>3</sup> *Prof. Dr. Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande – PB.*

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de tecnologia de reutilização de resíduos industriais vem atender a necessidade de reduzir a agressão do homem ao meio-ambiente. O Alumínio é o metal mais importante dessa classe, cujo desenvolvimento de produtos, com custo competitivo, e grande variedade de utilização, resulta no êxito da aplicação de suas principais propriedades: o baixo peso específico, a boa resistência à corrosão e a alta condutibilidade térmica e elétrica.

Na obtenção da Alumina para transformar em Alumínio, resíduos são gerados na Refinaria do Consórcio de Alumínio do Maranhão, Alumar, onde utiliza-se carvão mineral como fonte de combustível para gerar o vapor em suas caldeiras.

Neste processo, o vapor produzido nas caldeiras da Alumar, que possui no total cinco caldeiras, onde três, usam como combustível o carvão mineral e possuem uma capacidade de geração de vapor de 70 t/h por caldeira, e duas à óleo BPF, que juntas possuem a capacidade de produzirem 70t/h de vapor. O uso do carvão mineral gera os finos de carvão, que terão como destino o aterro, em sua grande proporção, e as lagoas de estabilização, que além de poluírem o meio ambiente, necessitam de manejos para futuras recuperações e minimizações de possíveis impactos ambientais que poderão vir ser causados. O carvão mineral utilizado no processo da Refinaria é oriundo da Austrália e da Colômbia.

O objetivo desse estudo é avaliar o uso dos finos de carvão (co-produto) com suas blendagens, como elemento redutor e combustível em processos siderúrgicos na produção de ferro-gusa, em substituição total ou parcial ao carvão vegetal.<sup>(1)</sup> Foram feitas blendagem de três composições, utilizando o carvão vegetal, utilizado pelas siderúrgicas da região,<sup>(2)</sup> finos de carvão do ciclone e finos de carvão do silo 14.<sup>(3)</sup> As amostras passaram por análises de classificação do resíduo,<sup>(4)</sup> caracterização química e quantificação dos teores de carbono,<sup>(5)</sup> enxofre e poder calorífico.

## 2 PARTE EXPERIMENTAL

Foram preparadas três composições, com proporções que variam de 0% a 100%, em massa da relação percentual de finos de carvão substituindo o carvão vegetal, sendo avaliados os teores de carbono, enxofre, poder calorífico de cada uma das amostras.

A *composição 1* foi formada pelo carvão vegetal e fino de carvão do ciclone, variando o percentual em cada amostra, conforme descrito na Tabela 1.

**Tabela 1.** Composição 1(carvão vegetal e finos de carvão do ciclone).

Amostra	Carvão vegetal (%)	Finos de carvão (%) <b>CICLONE</b>
<b>A-01</b>	100	0
<b>A-02</b>	75	25
<b>A-03</b>	50	50
<b>A-04</b>	25	75
<b>A-05</b>	0	100

A *composição 2* contém carvão vegetal e finos de carvão do silo 14, variando o percentual em cada amostra, conforme descrito na Tabela 2.

**Tabela 2.** Composição 2 (carvão vegetal e finos de carvão do silo14)

Amostra	Carvão vegetal (%)	Finos de carvão (%) SILO 14
<b>B-01</b>	100	0
<b>B-02</b>	75	25
<b>B-03</b>	50	50
<b>B-04</b>	25	75
<b>B-05</b>	0	100

A *composição 3* contém carvão vegetal, finos de carvão do ciclone e finos de carvão do silo 14, variando o percentual em cada amostra, conforme descrito na Tabela 3.

**Tabela 3.** Composição 3 (carvão vegetal e finos de carvão do ciclone e silo14)

Amostra	Carvão vegetal (%)	Finos de carvão (%)	
		CICLONE	SILO 14
<b>C-01</b>	100	0	0
<b>C-02</b>	75	12,5	12,5
<b>C-03</b>	50	25	25
<b>C-04</b>	25	37,5	37,5
<b>C-05</b>	0	50	50

A metodologia usada na preparação das amostras seguiu a Norma e Procedimentos da empresa ALUMAR, tendo como fonte ASTM Standart Method of Preparing Coal Samples For Analysis (ASTM D 2013 – 72).<sup>(3)</sup>

A análise de classificação do resíduo teve como base a metodologia da Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT, as Normas NBR 10004/04, resíduos sólidos, NBR 10005/04, lixiviação de resíduos, NBR 10006/04, solubilização de resíduos.

A análise de caracterização dos finos de carvão do silo 14 e ciclone, foi de acordo com a metodologia da Associação Brasileira de Normas Técnicas, ABNT.

### 3 RESULTADOS E DISCURSSÃO

Com base nos resultados pela empresa Cetrel,<sup>(4)</sup> os finos de carvão do ciclone, não são corrosivos, tendo os parâmetros de selênio, alumínio e índice de fenóis no material solubilizado acima do valor legislado, conforme Tabela 4, o que enquadraria este co-produto como resíduo classe II A – resíduo não inerte.

**Tabela 4.** Análise de classificação de resíduo dos finos de carvão do ciclone <sup>(2)</sup>.

Parâmetro analisado	Solubilizado (mg/L)	
	AMOSTRA	NBR 10004
Selênio	0,017	0,01
Alumínio	8,2	0,2
Índice de Fenóis	0,017	0,01

Os finos de carvão do silo 14, também não são corrosivos, tendo os parâmetros de arsênio, fluoreto, selênio, alumínio e sulfato no material solubilizado acima do valor legislado, conforme Tabela 5, o que enquadraria este co-produto como resíduo classe II A – resíduo não inerte.

**Tabela 5.** Análise de classificação do resíduo dos finos do silo 14.<sup>(2)</sup>

Parâmetro analisado	Solubilizado (mg/L)	
	AMOSTRA	NBR 10004
Arsênio	0,022	0,01
Fluoreto	8,2	0,2
Selênio	0,15	0,01
Alumínio	0,25	0,2
Sulfato	973	250

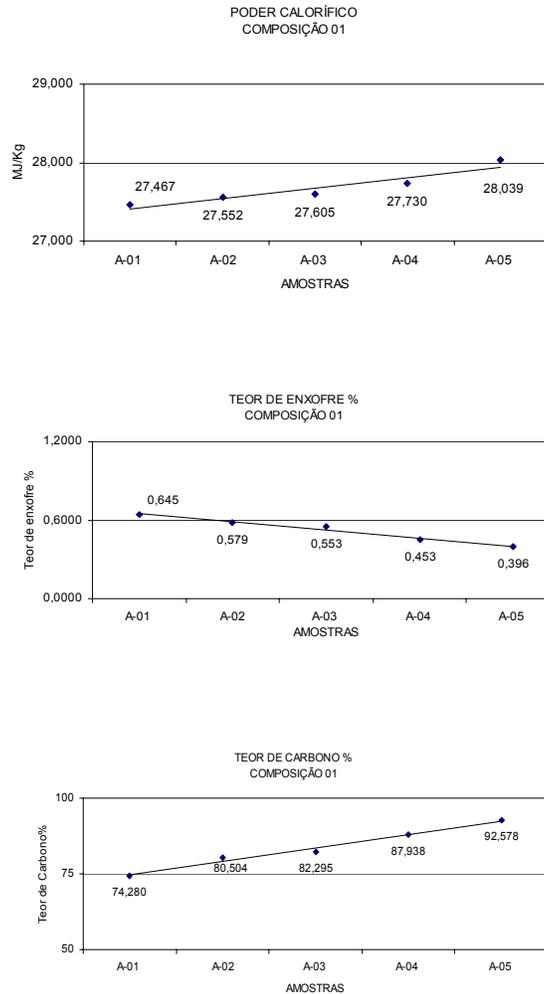
Os finos de carvão obtidos no ciclone e silo14 foram analisados, obtendo os seguintes resultados, conforme Tabela 6.

**Tabela 6.** Composição elementar do Ciclone e Silo 14.<sup>(1,8,9)</sup>

Elementos	Identificação das Amostras			
	Cinzas 01 (ciclone)	Cinzas 02 (ciclone)	Cinzas 03 (silo14)	Cinzas 04 (silo14)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ( % )	10,57	10,14	11,11	11,61
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ( % )	5,23	5,81	3,65	3,72
CaO ( % )	2,74	2,94	1,93	1,98
MgO ( % )	1,26	1,15	0,92	0,95
Na <sub>2</sub> O ( % )	0,43	0,38	0,52	0,53
K <sub>2</sub> O ( % )	0,20	0,19	0,32	0,32
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ( % )	0,20	0,21	0,29	0,30
SiO <sub>2</sub> ( % )	11,91	11,57	11,60	12,25
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ( % )	0,04	0,04	0,04	0,04
Carbono ( % )	51,85	48,95	51,10	52,16
Enxofre ( % )	0,36	0,40	0,55	0,55
P. Calorífico (MJ/KG)	16,08	16,06	16,28	17,16

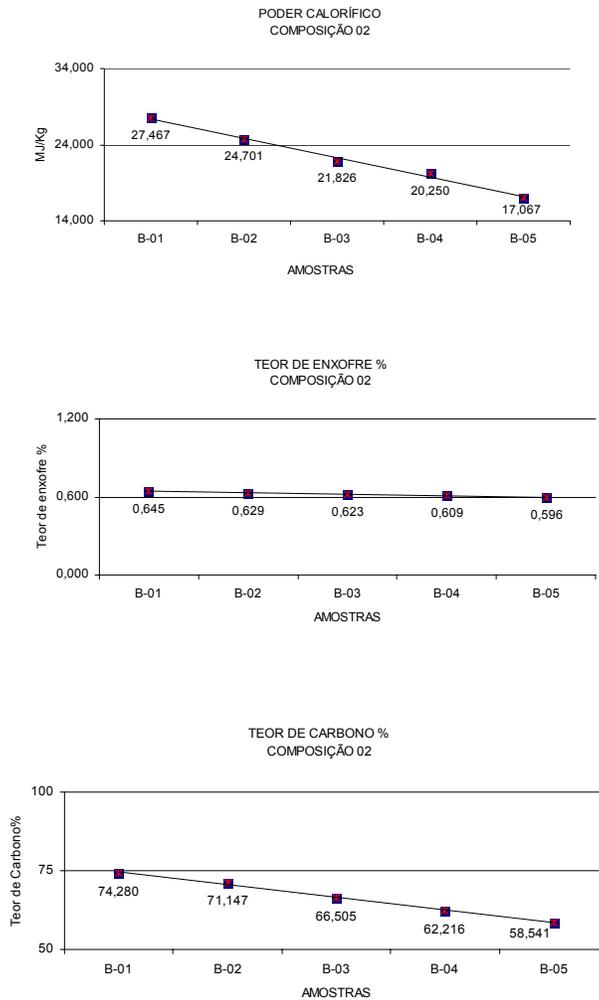
Pode-se observar que a média do teor de carbono dos finos de carvão do ciclone e silo 14 é de 51%.

Na composição 1, o poder calorífico apresentou um pequeno aumento de 2,08% em relação ao carvão vegetal. Com relação ao teor de enxofre, ocorreu uma redução de 38,60% em relação ao teor do carvão vegetal, sendo muito favorável este resultado para o produto. No teor de carbono, houve um aumento de 24,63% em relação ao teor do carvão vegetal, deixando o produto com característica importante para o setor siderúrgico.



**Figura 1.** a) Poder calorífico; b) Teor de Enxofre; c) Teor de carbono (carvão vegetal x finos de carvão do ciclone)

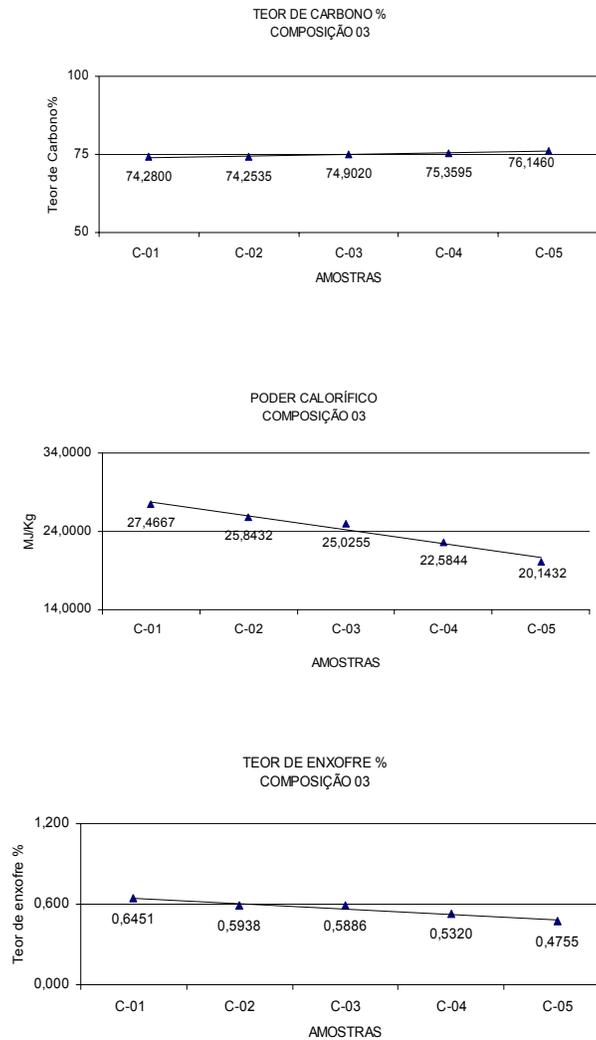
Na composição 2, que temos o carvão vegetal e os finos de carvão do silo 14, o poder calorífico reduziu em 37,86% em relação ao carvão vegetal, comprometendo muito a qualidade final do produto. O teor de enxofre reduziu 7,59%, em relação ao teor do carvão vegetal. Com esta redução é possível manter a qualidade do material para atender o setor siderúrgico, pois há interesse em teores baixos de enxofre no seu processo produtivo. O teor de carbono reduziu em 21,19% em relação teor do carvão vegetal, comprometendo a qualidade do produto final.



**Figura 2.** a) Poder calorífico; b) Teor de Enxofre; c) Teor de carbono (carvão vegetal x finos de carvão do silo 14).

A composição 3 foi formulada, com objetivo de se obter um produto final utilizando as três misturas, o carvão vegetal, finos de carvão do ciclone e do silo 14.

O poder calorífico apresentou uma redução de 26,66%, o teor de enxofre reduziu 26,30% e carbono houve um pequeno aumento na variação, de 2,51%, todos em relação ao carvão vegetal. A amostra C-03 apresentou características onde a blendagem pode atender o setor siderúrgico e ao plano estratégico da empresa, onde houve uma redução 8,88% no poder calorífico, redução de 8,73% no teor de enxofre e um, pequeno aumento de 2,51%, no teor de carbono em relação ao carvão vegetal, sendo uma relação que continua favorecendo produto final.



**Figura 3:** a) Poder calorífico; b) Teor de Enxofre; c) Teor de carbono (carvão vegetal x finos de carvão do Ciclone x finos de carvão do Silo 14)

## 4 CONCLUSÃO

O resultado geral deste estudo nos mostra que é viável a utilização parcial dos finos de carvão gerados pela empresa Alumar para o setor siderúrgico, mesmo tendo os finos de carvão do silo 14, características que implicam sua reutilização devido às perdas em suas propriedades.

A amostra C-03, da composição 3, atende a necessidade de utilização geral dos finos de carvão, mesmo tendo resultados favoráveis apenas para os finos de carvão do ciclone. A blendagem da amostra C-03, visa os objetivos estratégicos da empresa, portanto a reutilização apenas dos finos de carvão do ciclone não seria viável, economicamente. O resultado obtido dessa amostra teve uma variação média de aproximadamente 7%, no poder calorífico, teor de enxofre e carbono.

As dificuldades encontradas para utilização dos finos de carvão seriam a granulometria, muito fina, sugadas pelos exaustores dos alto-fornos <sup>(6)</sup> e adequação para atender as Normas ambientais brasileiras. Há estudos e aplicações direcionadas na injeção de finos de carvão vegetal pulverizado em algumas siderúrgicas, contribuindo para utilização no processo produtivo e algumas siderúrgicas começaram a desenvolver política ambiental.

Assim, a comercialização dos finos de carvão traz grandes benefícios econômicos e ambientais, atendendo à Política ambiental da Alumar e seus requisitos de sustentabilidade, eliminando material estocado, os custos operacionais de manutenção da área, a construção de novos pátios de estocagem (desmatamentos e alteração da fauna e flora local), e possíveis emissões fugitivas.

## REFERÊNCIAS

- 1 CHIAVERINI, Vicente. Tecnologia mecânica, São Paulo:McGraw-Hill, 986,v 2.
- 2 ASSOCIAÇÃO DAS SIDERÚRGICAS DE CARAJÁS - ASICA, 2004.  
<http://www.asica.com.br>
- 3 ASTM STANDARD, Standart Method of Preparing Coal Samples For Analysis - ASTM – D2013-72.
- 4 Empresa de proteção ambiental - CETREL, 2006. ALUMAR - Relatório técnico da Refinaria da ALUMAR, 2003.
- 5 ARAÚJO, L.A. de. Siderurgia. São Paulo: F.T.D., 1967.
- 6 MONTEIRO, M. A. Siderurgia e carvoejamento na Amazônia. Drenagem energético material e pauperização regional. Belém: NAEA/UFPA,1998,vol 3.