

# GERENCIAMENTO DE REVESTIMENTOS GASTOS DE CUBA NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ALUMÍNIO PRIMÁRIO<sup>1</sup>

André Bastos Cardoso<sup>2</sup>  
Jose Giovanni Concha Lazarinos<sup>3</sup>  
Francisco José Moura<sup>4</sup>  
Haroldo Kiefer<sup>5</sup>

## Resumo

Os Revestimentos Gastos de Cuba (RGC) são formados por duas frações: carbonácea e refratária. Foi realizado um estudo de caracterização, conforme as leis ambientais, das partes do RGC visando avaliar novas aplicações. A parte carbonácea foi avaliada e tem alto poder calorífico (16 MJ/kg) e com potencial para ser usada como combustível substituto em processos de combustão. Os materiais refratários que formam o revestimento podem ser reciclados internamente, ou ser direcionado para co-processamento na indústria cimenteira ou para fabricação de refratário. Os tijolos de SiC podem retornar para montagem de outra cuba ou são vendidos; e os tijolos refratários são vendidos para a indústria de refratários. A alumina e banho eletrolítico (alto teor de flúor) estão sendo britados e retornam como matéria-prima no processo de redução. Com esta segregação o RGC remanescente, o qual possui teores menores de flúor, pode ser consumido com maior taxa na indústria de cimento. Foi também desenvolvida uma melhoria no sistema de segregação, recuperando-se em maior proporção os resíduos de sucata ferrosa, alumínio e banho eletrolítico.

**Palavras-chave:** RGC; Classificação; Segregação; Reciclagem.

## SPENT POTLINER MANAGEMENT IN PRIMARY ALUMINIUM PRODUCTION

### Abstract

Spent potliner (SPL) is an aluminium industry hazardous waste. SPL is formed by two fractions: Carbon and refractory materials. The main objective of this work is to develop new methods to improve spent potliner management associated with physical chemical characterizations which can lead to new applications. Nowadays these fractions have been segregating. The carbon fraction was evaluated as being a material with high calorific value (16 MJ/kg), this will be used as substitute combustible in combustion process. Refractory fraction is composed by alumina (with high fluoride value), SiC bricks (these are recycled to build a new electrolytic cell or are sold) and refractory bricks (which are sold to ceramic industry). Alumina and electrolytic bath are crushed and recycled as a raw material to reduction process. Spent potliner remaining contains less fluorides compounds, and it can be co-processed in a high rate in the cement industries. By this method, it was also improved the recycling of iron scrap, metallic aluminum and electrolytic bath.

**Key words:** Spent potliner; Listing; Segregation; Recycling.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 62º Congresso Anual da ABM – Internacional, 23 a 27 de julho de 2007, Vitória – ES, Brasil.*

<sup>2</sup> *Engenheiro Químico, M. Sc. Valesul Alumínio S.A.*

<sup>3</sup> *Engenheiro Químico, Aluno de mestrado do DCMM - PUC - Rio.*

<sup>4</sup> *Engenheiro Metalúrgico, M. Sc. Ph.D., Professor Assistente do DCMM – PUC - Rio.*

<sup>5</sup> *Técnico em Mecânica, Supervisor de Resíduos, Valesul Alumínio S.A.*

## 1 INTRODUÇÃO

O alumínio é produzido industrialmente pela redução eletrolítica (processo Hall-Heroult) da alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) dissolvida em um banho de fluoretos fundidos. O processo Hall-Heroult se desenvolve em fornos especiais, revestidos de carbono, também chamados de cubas eletrolíticas, este processo opera aproximadamente a  $960^\circ\text{C}$ . O forno possui dois componentes principais: os anodos, dispostos na parte superior, e o catodo, ou cuba propriamente dita, onde se produz a eletrólise. Os principais materiais constituintes do cátodo são: material refratário, pasta catódica e blocos catódicos. Na vida útil do cátodo (5 – 8 anos), durante o processo eletrolítico, os blocos e o material refratário absorvem parte dos componentes do banho, como a criolita ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ), fluoreto de alumínio ( $\text{AlF}_3$ ), fluoreto de cálcio ( $\text{CaF}_2$ ), sódio (Na) e alumínio metálico. A absorção, principalmente da criolita, em alguns casos duplica o peso inicial dos revestimentos prejudicando a integridade dos materiais do cátodo, inclusive até causando fratura. Uma cuba pode ter sua produção paralisada por dois motivos: baixa eficiência de produção ou falha prematura do revestimento.

Os materiais da cuba demolida (bloco catódico, fluoretos, óxidos inorgânicos e materiais refratários) são conhecidos como Revestimentos Gastos de Cuba (RGC), mais comumente conhecido pelas suas siglas em inglês como SPL (*Spent Potliner*). O RGC pode ser dividido em duas frações designadas como: RGC de primeiro e RGC de segundo corte. O *RGC de primeiro corte*, conforma aproximadamente 55% dos materiais do cátodo, formado principalmente por blocos de carvão (54-66%), esta parte do RGC pode possuir conteúdos caloríficos na faixa de 14–19 MJ/Kg. O *RGC de segundo corte*, representa aproximadamente 45% dos materiais do cátodo, formado principalmente por materiais refratários, também inclui a barra coletora e possível alumínio fundido.<sup>[1-4]</sup>

Os revestimentos Gastos de Cuba são um dos maiores problemas ambientais ligados à indústria de alumínio. Assim, o RGC de primeiro corte foi classificado pela *United State Environmental Protection Agency* (US-EPA) como resíduo perigoso (K088), em 1988. O RGC foi classificado como resíduo perigoso por conter elevadas quantidades de cianeto. O RGC de primeiro corte também possui outros elementos tóxicos como, hidrocarbonetos poliaromáticos, arsênio e fluoretos. Além disto, a EPA em 1998 promulgou uma proibição (61 FR 15566) indicando que os revestimentos gastos de cuba não podem ser dispostos em aterros sem antes ter tido um tratamento padrão que faça a destruição ou imobilização dos compostos perigosos.<sup>[5]</sup> No entanto o *RGC de segundo corte* não foi classificado como resíduo perigoso, indicando-se que pode ser segregado ou co-disposto.<sup>[1,2,6]</sup>

No Brasil, os Revestimentos Gastos de Cuba também são classificados como resíduos perigosos, Resíduo Sólido Classe I (Norma Técnica Brasileira NBR 10004), principalmente por conter quantidades tóxicas de cianetos (complexos) - K088 (catodos exauridos da redução de alumínio primário).<sup>[7]</sup>

Atualmente a quantidade de RGC gerada por tonelada de alumínio produzida é menor que anos atrás. Segundo Miksa e Samec<sup>[4]</sup> a produção de RGC em 1988 era de aproximadamente 30–45 kg RGC/ton de alumínio primário produzido. Atualmente a produção de RGC está na faixa de 25–35 kg de RGC/ton alumínio primário produzido.<sup>[8]</sup> Segundo Courbariaux, Chaouki e Guy<sup>[5]</sup> se estima que a nível mundial são produzidas cerca de 800000 – 1000000 de toneladas de RGC por ano. Segundo a Associação Brasileira do Alumínio (ABAL) a produção de alumínio primário no Brasil em 2006 aumentou em 7,1% em relação ao mesmo período de 2005.<sup>[9]</sup> Com o aumento da produção de alumínio primário, aumenta,

aproximadamente na mesma proporção, a geração de Revestimentos Gastos de Cuba. Atualmente, no Brasil a destinação do RGC mais utilizada é o co-processamento na indústria cimenteira, porém para muitas indústrias esta solução não se aplica, devido às grandes distâncias entre as cimenteiras e as fábricas de alumínio.

A produção Brasileira de alumínio primário em 2006 atingiu 1,603 milhões de toneladas,<sup>[9]</sup> fazendo cálculos aproximados da geração de RGC, levando em conta os dados da *International Aluminium Institute*,<sup>[8]</sup> no Brasil, em 2006 se teria produzido aproximadamente entre 40000 – 56000 toneladas de RGC.

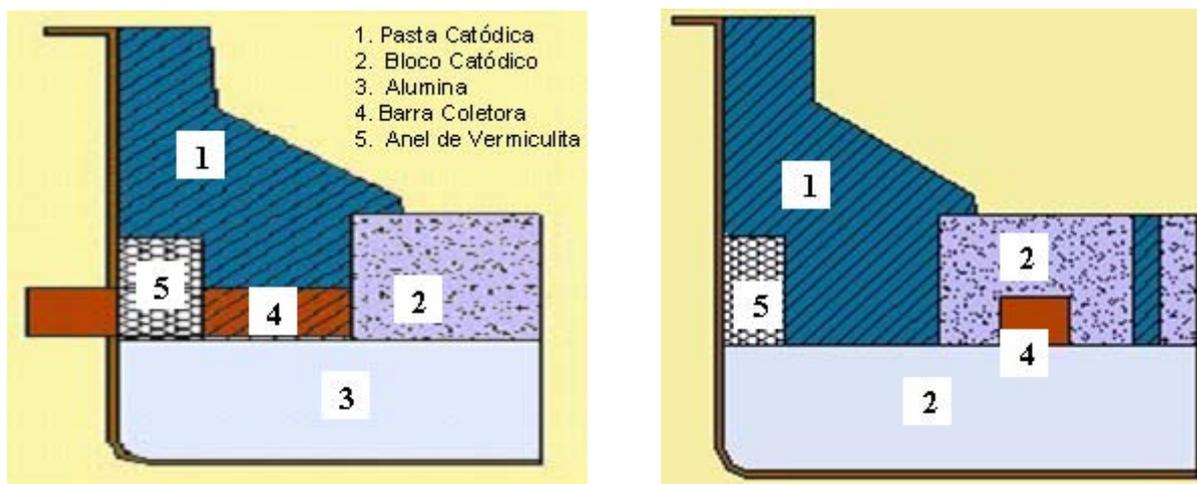
A Valesul Alumínio S.A., empresa do grupo Companhia Vale do Rio Doce, localizada na região sudeste do Brasil, em Santa Cruz, na cidade do Rio de Janeiro, iniciou suas operações em maio de 1982. A fábrica possui uma linha com 216 cubas com anodos pré-cozidos distribuídas em duas salas operando, atualmente, com uma corrente média de 167 kA. O RGC da Valesul pode ser gerado da recuperação do catodo, gerando cerca de 7 ton de RGC ou da demolição total do catodo, gerando 70 ton de RGC. A geração de RGC é de 300 ton/mês ou 40 kg de RGC/ton de Al primário.

No passado a Valesul, buscando alternativas ambientalmente corretas, estocou o RGC com todas as suas partes juntas. Os materiais de revestimento de cuba são classificados como perigoso, pois contêm sais de cianeto, oriundos de uma reação do carbono e nitrogênio do ar. Foi feito um estudo de caracterização físico-química de cada parte dos materiais que compõe o RGC, visando desenvolver novas formas econômica e ambientalmente corretas de reusar, reciclar e reutilizá-lo. Atualmente, o RGC é destinado para ser co-processado em fornos de clínquer, constituinte ativo do cimento, e tem uma taxa de alimentação de 0,25–0,75% de RGC no combustível dos fornos, dependendo do teor de flúor.

O presente trabalho tem como objetivo principal desenvolver métodos para melhorar o gerenciamento dos revestimentos gastos de cuba, fundamentalmente se busca fazer uma caracterização físico-química de acordo com as leis Brasileiras, dos principais materiais constituintes do RGC, com a finalidade de classificar o RGC em duas frações, uma fração perigosa (parte carbonácea) e uma fração não perigosa (parte refratária). Através desta classificação se poderá segregar estas duas frações do RGC, permitindo dar-lhes destinos mais adequados, segundo o ponto de vista ambiental e econômico.

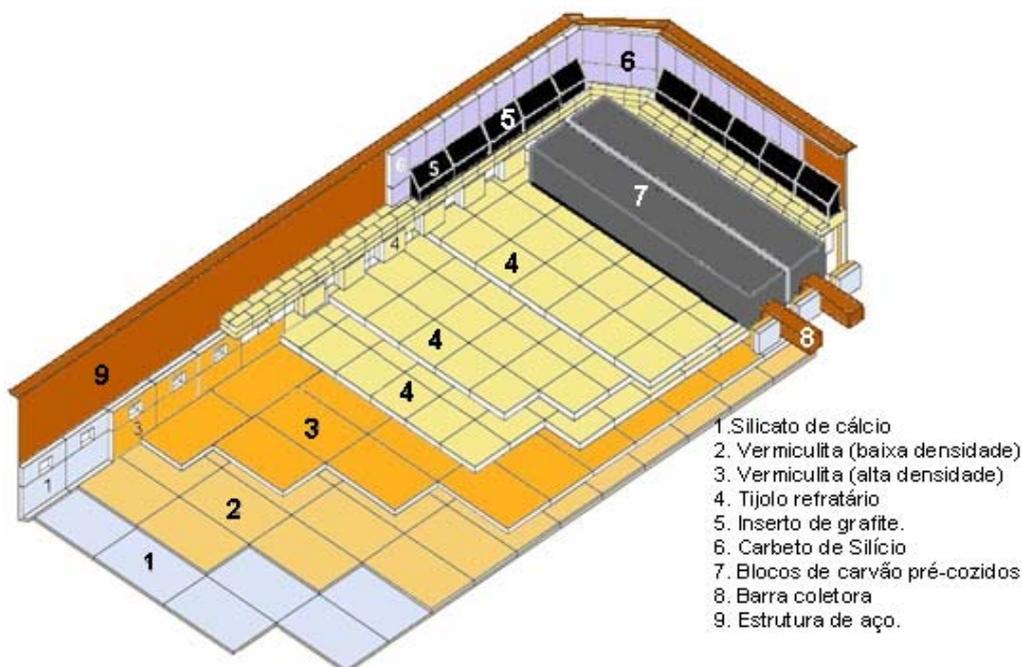
## 2 METODOLOGIA

O projeto das cubas da Valesul, inicialmente feito pela Reynolds, era composto apenas de bloco catódico, pasta catódica e alumina. Este projeto é conhecido como cuba P19. A Figura 1 mostra o perfil do revestimento de uma cuba P19.



**Figura 1.** Perfil do Revestimento de uma Cuba Reynolds P-19 (lateral e transversal).

Em 2001 a Valesul iniciou um novo projeto de revestimento de cuba, denominada J20, utilizando tijolos refratários no fundo em substituição da alumina e carbetto de silício nas laterais diminuindo a pasta catódica. Estas mudanças foram realizadas visando uma melhor troca térmica e voltagem de operação da cuba, que reflete num menor consumo específico de energia. A Figura 2 mostra o perfil de uma cuba J20.



**Figura 2.** Perfil de Revestimento de uma cuba J-20.

A substituição destes materiais alterou o peso e conseqüentemente o tipo de RGC gerado. A Tabela 1 apresenta os materiais constituintes e o peso unitário de cada material das cubas J-20 e P-19.

**Tabela 1.** Peso unitário de cada material por cuba.

	<b>J-20</b>	<b>P-19</b>
<b>MATERIAL</b>	kg	kg
Silicato de cálcio	501	0
Vermiculita de baixa densidade	674	600
Vermiculita de alta densidade	3635	0
Tijolo refratário SF	19410	0
Refratário de alta densidade	380	0
Tijolos de carbetto de silício	3000	0
Insertos de carbono	1175	0
Argamassa refrataria - SiC	300	0
Concreto de vedação - SiC	175	175
Alumina	371	16000
Pasta de socagem	5000	13000
Bloco catódico amorfo	11500	11500
Barra coletora	11800	11800
Ferro fundido	3800	3800
Chapa de aço de 6 mm	0	600

Para realizar os estudos de caracterização e classificação, o resíduo foi coletado, mediante uma amostragem aleatória simples, durante a desmontagem de uma cuba danificada. Foram retiradas amostras da fração carbonácea e da fração refratária, em separado. Foi feita uma caracterização química principalmente para determinar cianetos, fluoretos, compostos inorgânicos, fração carbonácea e poder calorífico da fração carbonácea.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

#### **3.1 Processo de Demolição do Catodo**

Durante o processo de demolição, que é realizado com rompedor hidráulico de alta potência, é difícil a separação física dos diversos componentes do catodo. Com o objetivo de avaliar as fases do resíduo durante a demolição, este foi dividido em dois cortes: o primeiro corte refere-se à parte carbonácea do catodo, o qual representa 40% na cuba J-20 e 60% na Cuba P-19. O segundo corte refere-se à parte refratária, e que representa o 60 % na cuba J-20 e 40% na Cuba P-19.

A Tabela 2 mostra as características físico-químicas dos dois cortes. Observar-se que a fração carbonácea do catodo (primeiro corte) tem alto poder calorífero 16 MJ/kg e, portanto pode ser utilizado como combustível substituto em processos de combustão. Além disso, o cianeto é facilmente oxidado em temperaturas maiores que 650°C. Porém, os altos teores de fluoreto precisaram do tratamento dos gases se o RGC for utilizado em processos de combustão em temperaturas elevadas. Em temperaturas menores que 850°C, limita-se substancialmente a volatilização/decomposição de compostos de fluoretos, e em temperaturas maiores que 900°C a volatilização destes compostos (fluoretos) é potencializada. Assim para processos de combustão que utilizem o RGC em altas taxas de alimentação e trabalhem em temperaturas superiores que 900°C, será necessário que os gases de saída sejam tratados para recuperar os fluoretos volatilizados. O método mais amplamente usado em escala industrial é a recuperação de fluoretos mediante reação com alumina. Na Tabela 2 aprecia-se

também que o primeiro corte é onde se encontra o cianeto em elevadas concentrações, enquanto, na fração refratária esta quantidade está abaixo do limite máximo para que um resíduo sólido seja classificado, segundo as leis Brasileiras, como perigoso. Os cianetos encontrados no segundo corte se devem principalmente à pequena fração de material carbonáceo aderido no material refratário, material que não se conseguiu separar durante a segregação do primeiro e segundo corte. Como se observa na Tabela 2, o segundo corte tem 4,97 % de carbono, e como anteriormente dito, os cianetos se formam pela reação entre o nitrogênio (ar), o carbono (bloco) e o sódio (banho), explicando assim a presença de cianetos na fração refratária.

**Tabela 2.** Composição química dos cortes do RGC.

<b>Composição Química</b>	<b>Unidade</b>	<b>Segundo Corte (Material refratário)</b>	<b>Primeiro Corte (Material carbonáceo)</b>
S	%	0,02	0,26
C	%	4,97	58,66
H	%	0,08	0,08
N	%	0,17	0,75
Na <sub>2</sub> O	%	23,25	16
K <sub>2</sub> O	%	0,2	0,1
Cl	%	0,03	0,29
F	%	21,8	11,64
CN	ppm	185,09	1088,2
PCS	MJ/Kg	0,21	16

Com base nas análises de composição química dos materiais do primeiro e segundo corte foi realizada a classificação conforme a NBR 10004. A classificação foi feita, separadamente, para cada parte do RGC e os resultados da classificação deste resíduo são mostrados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Classificação conforme a NBR 10004.

<b>Material</b>	<b>Classificação NBR 10004</b>
Alumina P19	I
Bloco Catódico	I
Borra de Alumínio	IIA
Tijolo Refratário	IIA
Carbeto de Silício	IIA

Como mostrado na Tabela 3, apenas o primeiro corte do RGC e a alumina (cuba P-19) são caracterizado como Resíduos Classe I. O processo de separação física das frações de carbono e refratária não é simples, envolve pessoas e máquinas e, portanto um alto custo e exposição de risco à saúde. Por este motivo é comum fazer a mistura dos dois tipos de resíduos – perigosos com não perigosos e, portanto é assumido, após a mistura, que todo o resíduo é classe I. O custo de separação deve ser comparado com o custo de não separar e enviar para co-processamento em fornos de cimento.

Com base nos altos potenciais de reciclagem e reutilização dos materiais das cubas eletrolíticas, foi definida a área de resíduos como uma área de produção, aumentando o número de pessoas trabalhando para fazer a segregação dos materiais. Também foi feito um acompanhamento mensal dos resultados.

### 3.2 Alumina

A alumina do revestimento da P19 após a demolição fica em forma de pedras relativamente macias e de fácil visualização, conforme indicado na Figura 3.



**Figura 3.** Alumina do revestimento de uma cuba P-19.

A análise físico-química da alumina da cuba P-19 foi realizada e está mostrada na Tabela 4.

**Tabela 4.** Análise físico-química da Alumina do RGC da P-19.

Elemento	Unidade	Valor Médio
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> livre	%	39,6
C	%	2,04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	0,01
Umidade	%	0,14
Na <sub>2</sub> O	%	21,2
Fluoreto	%	38,0
Alumina alfa	%	21,5

Com base nas características físico-químicas é percebido que a recuperação da alumina do revestimento pode ser efetuada, trazendo ganho no consumo de alumina, fluoreto de alumínio (AlF<sub>3</sub>) e beneficiando a formação do banho. O teor de alumina alfa é relativamente alto, comparado com o existente na alumina pura (5%). Porém o impacto é relativamente baixo, pois a utilização desta alumina recuperada está sendo da ordem de 6 ton/mês, isto representa 0,05%, do consumo total de alumina.

De uma alumina se requer sob o ponto de vista metalúrgico:

- Boa solubilidade no banho eletrolítico,
- Capacidade de formar uma crosta (alumina + banho) adequada,
- Ser bom isolante térmico,
- Barreira contra a oxidação anódica,
- Possibilidade de fixar o flúor dos gases da cuba e
- Constância em seus parâmetros definidos.

Um alto teor de alumina alfa agrava o problema das impurezas e forma placa ou crostas no catodo. A densidade real da alumina e da crosta que se forma aumenta com o aumento do teor da fase alfa.<sup>[10]</sup>

### **3.3 Barras Coletoras**

A Valesul tem fornos de indução nos quais são preparados o ferro fundido para fazer a ancoragem da haste do anodo e fazer o chumbamento do catodo. A Valesul compra ferro gusa para preparar o ferro fundido. As barras coletoras após a demolição do catodo eram vendidas em sua totalidade como sucata ferrosa. Foi observada uma compatibilidade entre as ligas e atualmente está sendo recuperada internamente no forno de indução. Com esta ação, o consumo mensal de ferro fundido na Valesul foi reduzido de 13,6 ton em 2005 para 7 ton em 2006.

### **3.4 Tijolos de Carbetto de Silício**

Em uma cuba J20 são utilizados cerca de 3 ton. de tijolos de SiC. Este material dificilmente entra em contato com metal ou banho e, portanto a probabilidade de formar um resíduo perigoso é muito baixa, sendo Classificado como Resíduo Sólido Classe II A, conforme a Tabela 2. Se houver a mistura após a demolição do RGC com o tijolo em grande escala irá contaminar o tijolo de SiC com RGC. Estes tijolos após a demolição saem, em alguns casos com a sua integridade física inalterada. Assim podem ser separados manualmente e direcionados para serem utilizados em um novo revestimento ou em uma recuperação de catodo danificado. Os tijolos que estiverem quebrados podem ser vendidos, com alto valor agregado, para empresas que fazem peças específicas deste material.

### **3.5 Banho Eletrolítico**

As funções principais do eletrólito são permitir uma boa dissolução da alumina e uma boa separação física das fases produzidas durante a eletrólise (eletrólito – alumínio). Embora a composição do eletrólito varie em cada empresa produtora de alumínio primário, na literatura se encontra uma composição típica usada: Criolita (80-85%),  $\text{CaF}_2$  (5-7%),  $\text{AlF}_3$  (5-7%),  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (2-8%).<sup>[1]</sup>

O banho eletrolítico em uma cuba danificada fica impregnado nas laterais e na demolição da cuba é de fácil identificação visual. Utilizando o processo de catação este material está sendo reciclado para o processo de redução com uma taxa de 8 ton/mês.

### **3.6 Tijolos Refratários**

O material cerâmico empregado na montagem da cuba eletrolítica tem como objetivo principal prover isolamento na cuba. Estes materiais, da mesma que forma que os tijolos de SiC, tem baixa probabilidade de formar resíduo perigoso, conforme Tabela 2. este tijolos podem ser separados manualmente e vendido para empresas que trabalhem com reciclagem de refratários para fazer massa de concreto refratário ou fazer diretamente outros tipos de fornos. Sendo o limitante para comercialização o teor de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  no tijolo.

### **3.7 Borra de Alumínio**

Quando ocorre uma falha prematura do revestimento, há o contato do alumínio líquido (850°C) com a barra coletora de corrente elétrica, feita de aço 1020. Pelo contato entre o alumínio e o ferro se forma uma sucata metálica de alumínio + ferro.

Em cada cuba em operação há 9 ton de alumínio líquido e 11 ton de barras coletoras. Portanto, ocorre a geração de sucata de alumínio com alto teor de ferro, que é incompatível com as ligas de alumínio da Valesul. Este material está sendo misturado e vendido como sucata ferrosa. A geração deste tipo de material é da ordem de 25-50 ton/mês. Este material pode ser vendido como sucata de alumínio, porém devem ser observados os teores: 60% Al, 35% Fe, 5% de sais de fluoreto.

### 3.8 Sucatas Metálicas

As sucatas metálicas de alumínio e ferro podem ser identificadas e separadas. As sucatas de alumínio retornam para o processo e as sucatas de ferro são vendidas.

### 3.9 Resultados Econômicos

Durante o ano 2006 foi feito um acompanhamento de produção na área de resíduos.

**Tabela 5.** Acompanhamento de Produção da Área de Resíduos – 2006.

<b>Controle de Produção Área de Resíduos</b>										
	mar/06	abr/06	mai/06	jun/06	jul/06	ago/06	set/06	out/06	nov/06	dez/06
Alumina Sinterizada (ton)				8	0	30	2	4	4	8
Burn Off recuperado (ton)						5	10	13	17	2
SPL em Pó (caçambas)	68	31	206	0	0	0	0	0	0	0
Banho do SPL (ton)	1,6	2,4	10,8	8,1	11,5	8,1	12,15	16,2	12,15	8,1
Banho do Papa Lama (caçambas)	76	149	171	148	162	210	194	239	173	160
Alumínio (ton)	1,8	7,7	5,3	6,0	20,1	7,6	12,2	8,58	15,8	3
Carbeto de Silício (pçs)	29	321	470	100	86	220	145	210	98	0
Carbeto de Silício Defeito (ton)				3,8	1,9	3,9	3,9	1,95	1,95	0
Tijolos Refratários (caçambas)				6	1	13	7	4	3	0
SPL da A29 (Caminhões)				65	42	28	43	43	59	21
Pó de Carbono (ton)			15,6	7,2	8,4	18	9,6	16,8	18	0
Sucata Ferrosa do SPL (ton)					8,8	2,9	4,1	2,03	3,9	2,78

Pode ser observado na Tabela 5 que houve grande recuperação e reutilização dos resíduos do RGC, com ganhos econômicos estimados da ordem de R\$ 600000/ano. A redução da geração de RGC foi da ordem de 4%.

## 4 CONCLUSÕES

A separação das frações de carbono e refratária do RGC é uma alternativa técnica em comparação ao co-processamento em fornos de cimento. Porém, devem ser observados os custos operacionais de separação e o aumento do tempo de

exposição das pessoas ao risco de máquinas, como pá mecânica, esforço físico da segregação manual e exposição aos agentes nocivos.

A reciclagem interna de alumina e banho do RGC mostrou-se operacionalmente efetiva e reduz a utilização destas matérias-primas. Outro ponto positivo é que, como há um alto teor de fluoreto nestas fases, ocorrerá menos fluoreto no RGC total, e conseqüentemente aumentará o potencial de co-processamento do RGC na fabricação do clínquer.

A reciclagem de partes do RGC impacta diretamente na redução da geração de resíduos perigosos.

A segregação dos materiais existentes no RGC, após a demolição do catodo, evidenciou que a correta separação de resíduos, além de ambientalmente correto, traz resultados econômicos, mostrando a importância de ter uma área de resíduos como uma unidade de produção.

## REFERÊNCIAS

- 1 CHANANIA, F.; EBY, E. Best Demonstrated Available Technology (BDAT) Background Document For Spent Aluminum Potliners – K088. **U.S. Environmental Protection Agency**, Office of Solid Waste, 2000.
- 2 CONSTANS, D. L. Primary Aluminum Production Wastes Spent Aluminum Potliner, K088. **Gossman Consulting Inc. Publication**, Volume 4, Number 09, 1998.
- 3 MASSACCI, P.; DE NARDIS, M. Remediation of Spent Pot Linings. New Remediation Technology in the Changing Environmental Arena. Scheiner et al. (Editors), Society for Mining, **Metallurgy and Exploration (SME)**, Littleton, CO, pp. 191-197, 1995.
- 4 MIKSA, M. H.; SAMEC, N. Spent potlining utilization possibilities. **Waste management and research**, 21, 467 – 473, 2003.
- 5 COURBARIAUX, Y.; CHAOUKI, J.; GUY, C. Update on Spent Potliners Treatments: Kinetics of Cyanides Destruction at High Temperature. **Ind. Eng. Chem. Res.**, 43, 5828-5837, 2004.
- 6 BANKER, D. B. *et al.* Detoxification of aluminum spent potliner by thermal treatment, lime slurry quench and post-kiln treatment. **U.S. Patent N° 5164174**, Reynolds Metals Company Richmond, VA, 1992.
- 7 Associação Brasileira de Normas Técnicas, **NBR 10004** – Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 1987.
- 8 International Aluminium Institute, **Sustainability Update 2005**, Aluminium for Future Generations; Disponível em: <[http://www.world-aluminium.org/iai/publications/documents/update\\_2005.pdf](http://www.world-aluminium.org/iai/publications/documents/update_2005.pdf)> Acesso em: 10/02/2007.
- 9 Associação Brasileira do Alumínio – ABAL, **Noticias**. <<http://www.abal.org.br/>> Acesso em 10/02/2007.
- 10 SANCHO, J. P.; DEL CAMPO, J. J.; GRJOTHEIM, K. G. **La metalurgia del aluminio**. Aluminium-Verlag, Dusseldorf, 1994.