



República Federativa do Brasil  
Ministério da Indústria, Comércio Exterior  
e Serviços  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102014031395-8 A2

(22) Data do Depósito: 15/12/2014

(43) Data da Publicação: 21/06/2016



\* B R 1 0 2 0 1 4 0 3 1 3 9 5 A

(54) **Título:** PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE LIGA FERROCROMO DE BAIXO TEOR DE CARBONO A PARTIR DE RESÍDUOS CONTENDO CROMO

(51) **Int. Cl.:** C22B 34/00; C22C 35/00

(52) **CPC:** C22B 34/00; C22C 35/00

(73) **Titular(es):** UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

(72) **Inventor(es):** BRUNO MÜNCHEN WENZEL, NILSON ROMEU MARCILIO, MARCELO GODINHO

(57) **Resumo:** Resumo PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE LIGA FERROCROMO DE BAIXO TEOR DE CARBONO A PARTIR DE RESÍDUOS CONTENDO CROMO A presente invenção descreve um método para a produção de liga metálica ferrocromo de baixo teor de carbono (Fe-Cr-BC) tendo como matéria prima as cinzas geradas no processo de tratamento térmico de resíduos de couro wet blue (curtidos com sais de cromo), proveniente da indústria coureiro- calçadista, bem como outros resíduos contendo cromo, como o lodo gerado nas estações de tratamento de efluentes em curtumes (que utilizam sais de cromo como curtente) e no setor de galvanoplastia (eletrodeposição de cromo). As ligas ferrocromo são amplamente utilizadas pela indústria siderúrgica como forma de inserção do cromo em seus produtos. O processo aqui relatado envolve uma etapa de preparação/purificação das cinzas, seguida pela redução do óxido de cromo presente nas cinzas com o emprego de alumínio metálico. Quando da utilização de lodo contendo cromo, o processo deve ser precedido por uma etapa de calcinação do material.(...)

PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE LIGA FERROCROMO DE BAIXO TEOR DE CARBONO A  
PARTIR DE RESÍDUOS CONTENDO CROMO

**Campo da Invenção**

[001] A presente invenção descreve um método para a produção de liga metálica ferrocromo de baixo teor de carbono (Fe-Cr-BC) tendo como matéria prima as cinzas geradas no processo de tratamento térmico (incineração) de resíduos de couro *wet blue* (curtidos com sais de cromo), proveniente da indústria coureiro-calçadista, bem como outros resíduos contendo cromo, como o lodo gerado nas estações de tratamento de efluentes em curtumes (que utilizam sais de cromo como curtente) e no setor de galvanoplastia (eletrodeposição de cromo). As ligas ferrocromo são amplamente utilizadas pela indústria siderúrgica como forma de inserção do cromo em seus produtos. O processo aqui relatado envolve uma etapa de preparação/purificação das cinzas, seguida pela redução do óxido de cromo presente nas cinzas com o emprego de alumínio metálico. Quando da utilização de lodo contendo cromo, o processo deve ser precedido por uma etapa de calcinação do material.

**Antecedentes da Invenção**

[002] Uma adequada gestão dos resíduos sólidos, tanto industriais quanto urbanos, tem sido preocupação constante em nossa sociedade. A busca de uma gestão mais sustentável têm se focado em técnicas capazes de recuperar algum valor dos resíduos. Alguns países adotaram estratégias de gestão de resíduos sólidos que segue a seguinte ordem de prioridade: 1) redução na origem; 2) reciclagem; 3) incineração com recuperação de energia; 4) disposição em aterros.

[003] Uma das atividades industriais com maior potencial de geração de resíduos sólidos é o setor do couro – indústria de curtumes e calçadista. Oficialmente, no Brasil, apesar da sua última publicação ser datada de 2003 (dados referentes a 2002), o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais (FEPAM, 2002) e o Relatório sobre a Geração de Resíduos Perigosos Industriais no RS (FEPAM, 2003) dão uma ideia acerca da geração

de resíduos por setores industriais no estado do Rio Grande do Sul. O setor do couro destaca-se por ser o maior gerador de resíduos sólidos industriais perigosos (Classe I, de acordo com NBR 10.004, 2004) em 2002, 62% do total de resíduos, ou seja, cerca de 118 mil toneladas. Observa-se no relatório da FEPAM (2003) que apenas 3,40% destes resíduos são reaproveitados e/ou reciclados. Ainda, como segundo maior gerador, destaca-se o setor metalúrgico (11%), o qual inclui os resíduos contendo cromo provenientes dos processos de galvanoplastia.

**[004]** Na indústria coureira os resíduos gerados a partir da inserção do cromo (sais de cromo trivalente, utilizados como curtente) no processo produtivo são classificados como Classe I e devem ser destinados a Aterros de Resíduos Industriais Perigosos (ARIP's). Entre estes resíduos inclui-se as aparas, serragem do processo de rebaixamento, bem como o lodo do processo de tratamento dos efluentes contendo cromo. Os altos custos e a necessidade de manutenção e monitoramento contínua dos ARIP's têm fomentado a busca por tecnologias viáveis para o seu tratamento. Uma delas é o tratamento térmico (incineração) dos resíduos carbonosos com recuperação de energia (reciclagem energética) (que segue a ordem de prioridade adotada em vários países). O Laboratório de Processamento de Resíduos (LPR) tem sido pioneiro no estudo deste processo no Brasil, utilizando a gaseificação e posterior combustão e recuperação de energia dos gases (GODINHO, 2006, GODINHO et al., 2007; 2009, 2010). As pesquisas culminaram com a instalação, no ano de 2003, de uma planta piloto em parceria com órgãos de fomento (FAPERGS, FINEP, CNPq) e empresas privadas (Preservar Tratamento e Reciclagem de Resíduos Ltda e LUFTECH Soluções Ambientais Ltda.) que vem sendo estudada e melhorada através de pesquisas e operações da planta. As empresas do setor do couro vêm manifestando um grande interesse no processo, o que pode viabilizar sua aplicação em maior escala.

**[005]** Neste tipo de processo são geradas cinzas, que no caso do processamento de couro *wet blue* (curtido com sais de cromo), possuem altos

teores de óxido de cromo, entre 55 e 62 % em peso de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (Wenzel et al., 2013; Padilha et al., 2012). Caso estas cinzas sejam encaradas como um resíduo, devem ser dispostas em ARIP's, pois são resíduos Classe I. Entretanto, quanto ao teor de cromo, a cinza obtida do tratamento térmico de resíduos de couro é comparável à cromita e apresenta-se como uma matéria-prima alternativa à utilização deste minério.

**[006]** Considerando o tratamento térmico da totalidade dos resíduos sólidos gerados pelo setor do couro no estado do RS (tendo como base as 118 mil toneladas relatadas em 2002), e considerando também que 50% destes resíduos são efetivamente de couro *wet blue* (PRESERVAR, 2000 apud VIEIRA, 2004) e que estes possuem 4% em massa (base seca) de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  (HOINACKI, 1994), poder-se-ia obter cerca de 2,365 mil toneladas de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  por ano, que corresponde à, aproximadamente, 1% do total de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  beneficiado no país em 2005 (229,5 mil toneladas, segundo DNPM (2006)). Desta forma a substituição parcial do minério de cromo pelas cinzas de resíduos de couro torna-se interessante do ponto de vista da sustentabilidade do processo produtivo e, possivelmente, econômico, já que a disposição destes resíduos tem um elevado custo.

**[007]** O lodo proveniente de estações de tratamento de efluentes de curtumes (curtimento de peles com sais de cromo) e de processos de eletrodeposição de cromo (galvanoplastia) também possuem elevados teores de cromo. Após a calcinação do lodo, pode-se obter um material com até 85% em peso de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , tornando-se interessante seu aproveitamento. Caso estes materiais sejam encarados como resíduos, devem ser dispostos em ARIP's.

**[008]** Nesse sentido, a presente invenção propõe a produção de liga metálica ferrocromo de baixo teor de carbono, utilizando as cinzas geradas no processo de tratamento térmico de resíduos de couro proveniente da indústria coureiro-calçadista. Ainda, expandiu-se a invenção de forma que o processo seja aplicado também para outros resíduos contendo cromo, como o lodo

proveniente das estações de tratamento de efluentes dos processos de curtimento de peles com sais de cromo e do setor de galvanoplastia.

**[009]** A busca na literatura patentária apontou alguns documentos relevantes para a presente invenção, os quais são descritos a seguir.

**[010]** Pedido PI8204221-7 B1, 20/07/1982, “Processo para a produção de ferrocromo e forno rotativo usado para o mesmo”.

**[011] Comentários:** A invenção trata de um método para produção de ferrocromo sem emprego de energia de fonte externa (energia elétrica) em um forno rotativo. Trata-se de um processo de redução carbotérmica (carbono como redutor). A invenção relatada no presente documento também é um processo autotérmico, mas utiliza alumínio como redutor (redução aluminotérmica).

**[012]** Pedido PI8805091 A, 01/02/1988, “Processo para produção de ferrocromo de baixo teor de carbono”.

**[013] Comentários:** A invenção trata de processo para produção de liga ferrocromo de baixo teor de carbono, tendo como foco a obtenção de teores de nitrogênio extremamente baixos, obtendo rendimentos de cromo elevados. A redução neste processo se dá pela adição de SiCr, tendo como redutor o silício (redução silicotérmica). É descrito um procedimento aprimorado em relação ao processo de Perrin – onde, após a fusão da carga, há a transferência de escória em fusão de uma caçamba para outra, várias vezes, sendo que há uma inerente absorção de nitrogênio. A invenção apresenta como diferencial a adição de gases (oxidantes ou inertes) durante o processo, objetivando a não absorção de nitrogênio. Tendo em vista a descrição, observa-se que as diferenças em relação à invenção requerida neste documento dizem respeito ao método de redução, matéria prima utilizada, bem como o processo em si.

**[014]** Pedido PI8900022 A, 04/01/1989, “Processo para dessulfurização de ferrocromo”.

**[015] Comentários:** Diz respeito a um processo que, através do controle das condições de redução no forno de fusão, é capaz de controlar o teor de fósforo na produção de liga ferrocromo. Enquanto que na invenção descrita o controle de fósforo se dá através do controle das condições operacionais do forno, no invento requerido no presente documento, este controle se dá através de um pré-tratamento (lixiviação ácida).

**[016] Pedido PI0304638-9 A, 22/10/2003, “Processo de redução aluminotérmica de concentrados e óxidos de metais refratários com uma liga à base e ferro-alumínio líquida para produção de ferro-ligas de metais refratários”.**

**[017] Comentários:** A invenção trata de um processo para redução de concentrados e óxidos de metais refratários com o uso de uma liga Fe-Al em estado líquido, que possibilita um aumento na segurança do processo de produção de ferro-ligas de metais refratários, além da diminuição dos custos de produção em relação ao processo empregado tradicionalmente (uso de alumínio e ferro em pó). Enquanto isto, a invenção requerida no presente documento utiliza o método tradicional de redução aluminotérmica (alumínio e ferro em pó), mas propõe um processo de purificação para possibilitar o uso de uma nova matéria-prima (cinzas do tratamento térmico de resíduos de couro curtidos com sais de cromo).

**[018] Pedido PI 0510484-0 A, 23/04/2005, “Liga de Ferrocromo Alumínio”.**

**[019] Comentários:** Refere-se a uma liga metálica, designada como “ferrocromo alumínio”, que possui uma longa vida útil. A composição do referido material é especificada. A invenção solicitada no presente documento diz respeito a um processo para recuperação de cromo, que produz uma liga ferrocromo de baixo teor de carbono classificada como “Grade A”, de acordo com a especificação padrão ASTM A101-04.

**[020] Pedido KR20100098953 A, 10/09/2010, “Low carbon-ferrochromium manufacturing method by using continuous thermit reaction”.**

**[021] Comentários:** Refere-se a um método para fabricar liga ferrocromo de baixo teor de carbono mediante uma operação contínua, utilizando um resíduos de alumínio como redutor. Este invento difere-se do apresentado neste documento em função da forma de operação (contínua vs. descontínua), bem como a matéria-prima utilizada.

**[022] Pedido WO2011/045755 A1, 13/10/2010, “Ferrochrome alloy production”.**

**[023] Comentários:** Esta invenção relata um processo para recuperação de liga ferrocromo e cromo de escórias contendo liga ferrocromo e óxido de cromo III. Comparando com a proteção intelectual requerida no presente invento, pode-se citar como principal diferencial a matéria-prima utilizada: enquanto o pedido WO 2011/045755 utiliza escória da produção de liga ferrocromo, objetivando o aumento do rendimento do processo, a invenção requerida utiliza cinzas provenientes do processo de tratamento térmico (incineração) de resíduos de couro curtidos com sais de cromo.

**[024]** Do que se depreende da literatura pesquisada, não foram encontrados documentos antecipando ou sugerindo os ensinamentos da presente invenção, de forma que a solução aqui proposta possui novidade e atividade inventiva frente ao estado da técnica.

#### **Sumário da Invenção**

**[025]** Em um aspecto, a presente invenção descreve o processo para produção de ligas ferrocromo de baixo teor de carbono, através da redução aluminotérmica.

**[026]** Em uma realização preferencial, o processo ocorre em duas etapas:

- 1) purificação/preparação das cinzas;
- 2) redução aluminotérmica do  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  contido nas cinzas.

**[027]** Em uma realização preferencial, a matéria prima utilizada são as cinzas geradas no processo de tratamento térmico de resíduos de couro proveniente da indústria coureiro-calçadista.

[028] Em uma realização preferencial, também pode-se utilizar como matéria prima o lodo de estações de tratamento de efluentes contendo cromo, como dos processos de galvanoplastia e de curtimento de peles com sais de cromo.

[029] Em uma realização preferencial, no caso de utilização de lodo contendo cromo, é realizada a calcinação do lodo.

[030] Em uma realização preferencial, é realizada a fragmentação das cinzas ou lodo, seguido por um processo de lixiviação ácida para a remoção seletiva de fósforo.

[031] Em uma realização preferencial, é feita a ustulação das cinzas ou lodo para remoção do enxofre.

[032] Estes e outros objetos da invenção serão imediatamente valorizados pelos versados na arte e pelas empresas com interesses no segmento, e serão descritos em detalhes suficientes para sua reprodução na descrição a seguir, de forma não limitante.

#### **Descrição Detalhada das Figuras**

Figura 1a – apresenta de forma gráfica, em curva de nível, a remoção percentual de fósforo (P) na etapa de desfosforação das cinzas em função do diâmetro médio das partículas de cinza (G) e da razão sólido-líquido (R), com concentração mássica de ácido sulfúrico (C) de 13,9wt% e temperatura (T) de 60° C.

Figura 1b - apresenta de forma gráfica, em curva de nível, a remoção percentual de P na etapa de desfosforação das cinzas em função de C e T, com  $G = 0,037 \pm 0,037$  mm e  $R = 4,8$  ml/g.

Figura 1c - apresenta de forma gráfica, em curva de nível, a remoção percentual de P na etapa de desfosforação das cinzas em função de R e C, com  $G = 0,037 \pm 0,037$  mm e  $T = 60^\circ$  C.

Figura 1d - apresenta de forma gráfica, em curva de nível, a remoção percentual de P na etapa de desfosforação das cinzas em função de G e T, com  $R = 4,8$  ml/g e  $C = 13,9$  wt%.

Figura 2a – apresenta de forma gráfica, em curva de nível, a conversão percentual de cromo na etapa de redução aluminotérmica em função da adição



de ácido crômico,  $\text{CrO}_3$  (X4) e da fonte de ferro utilizada (ferro metálico e/ou óxido de ferro III) (X3), com utilização de 30% de excesso de alumínio (em relação à quantidade estequiométrica) (X1) e máxima utilização de ferro (50% de cromo em uma liga hipotética) (X2).

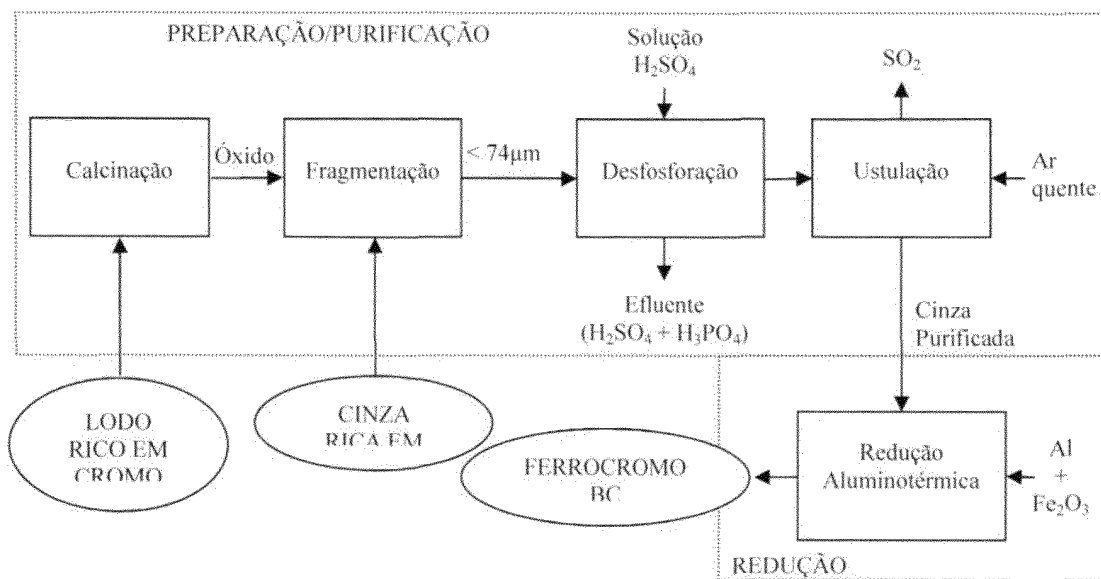
Figura 2b – apresenta de forma gráfica, em curva de nível, a conversão percentual de cromo na etapa de redução aluminotérmica em função de X1 e X2, com X3 = 0 g de  $\text{Fe}^0$ /g Fe total (utilização de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  como fonte de ferro) e X4 = 0 wt% (sem adição de  $\text{CrO}_3$ ).

### **Descrição Detalhada da Invenção**

**[033]** A presente invenção descreve um método para a produção de liga metálica ferrocromo de baixo teor de carbono (Fe-Cr-BC) tendo como matéria prima as cinzas geradas no processo de tratamento térmico de resíduos de couro *wet blue* (curtidos com sais de cromo), proveniente da indústria coureiro-calçadista ou então lodo proveniente de estações de tratamento de efluentes contendo elevadas quantidades de cromo. O processo consiste em duas etapas gerais: 1) purificação/preparação das cinzas; 2) redução aluminotérmica do  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  contido nas cinzas/lodo. O processo inicia-se com a fragmentação das cinzas e/ou lodo, seguido por um processo de lixiviação ácida para a remoção seletiva de fósforo. Caso a matéria prima utilizada seja o lodo contendo cromo, o mesmo deve-se iniciar com a calcinação do material. A etapa seguinte é a ustulação do material para remoção do enxofre. Após a purificação, a cinza é submetida ao processo de redução com alumínio.

**[034]** A liga Fe-Cr-BC produzida no processo descrito possui as características químicas adequadas para sua classificação como “lowcarbonferrochromium, grade A”, conforme especificação padrão ASTM A101-04.

**[035]** Um fluxograma simplificado do processo é apresentado abaixo:



### Fluxograma 1

**[036]** Na primeira etapa, o processo inicia-se com a fragmentação da cinza. Recomenda-se a utilização de partículas com tamanhos de  $0,0370 \pm 0,0370$  mm. Este tamanho de partículas, tendo em vista a matéria prima bruta, pode ser conseguido diretamente com a utilização de um moinho de bolas adequadamente dimensionado, ou outro tipo de operação unitária equivalente.

**[037]** No caso de utilização de lodo contendo elevadas quantidades de cromo, como os de estações de tratamento de efluentes de curtumes ou de processos de eletrodeposição de cromo, o material deverá ser submetido a um processo de calcinação em temperatura de  $600^{\circ}\text{C}$  por 3 h. Após esta etapa o material obtido contém até 85 wt% de cromo, expresso como  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .

**[038]** As cinzas contêm aproximadamente 3,26 wt% (porcentagem mássica) de fósforo, expresso como  $\text{P}_2\text{O}_5$ , enquanto que o lodo proveniente de processos de eletrodeposição, após calcinado, possui cerca de 2,2 wt% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Assim, tendo em vista que: (i) o fósforo é um elemento deletério para a qualidade dos produtos siderúrgicos; (ii) a liga ferro-cromo a ser produzida deve conter, no máximo, 0,030 wt% de P (fósforo); (iii) os óxidos de fósforo são facilmente reduzidos à sua forma metálica durante os processos pirometalúrgicos; (iv) existem limitações nos processos siderúrgicos para

controlar este elemento; deve-se promover a remoção do fósforo presente nas cinzas e/ou lodo antes do processo de redução para produção da liga ferrocromo. Remoções de fósforo adequadas são conseguidas com o uso de lixiviação ácida em batelada de 1h com agitação de 250 rpm. A suspensão, após o processo de lixiviação, deve ser filtrada o material resultante lavado com água a uma razão de 10 ml/g de cinza/lodo. A perda de cromo máxima (nas condições mais severas) é de 1,1 wt%. As condições de processo ótimas, onde se obtêm remoções de fósforo de  $99,2 \pm 2,5\%$ , são as seguintes: temperatura,  $T = 60^\circ \text{C}$ ; concentração de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  na solução de lixiviação,  $C = 13,9 \text{ wt}\%$ , razão sólido-líquido,  $R = 4,80$  (ml de solução ácida)/(g de cinza), utilização de partículas com tamanhos menores que 0,074 mm (diâmetro médio,  $G = 0,0370 \pm 0,0370 \text{ mm}$ ). Remoções de fósforo acima de 98,6% já são suficientes para produção de ligas ferrocromo com menos de 0,030 wt% de P. Assim, outras combinações das variáveis de processo resultam em condições adequadas. As Figuras 1a, 1b, 1c e 1d apresentam alguns gráficos de curva de nível para a remoção percentual de P.

**[039]** A operação seguinte é a remoção de enxofre das cinzas e/ou lodo, a qual pode ser realizada através da ustulação em forno de leito fixo ou móvel em temperatura de  $800^\circ \text{C}$  por 2 horas com baixa vazão de ar (HABASHI, 1997).

**[040]** Após a etapa de purificação e preparação, a cinza é submetida ao processo de redução com alumínio em um forno, sem a necessidade de adição de calor externo. A cinza possui de 55 à 62 wt% de cromo, expresso como  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , enquanto que o lodo, após calcinado, pode apresentar até 85 wt% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , dependendo do processo produtivo. Após testes com a adição de diferentes quantidades de alumínio e de ferro, o uso de ferro na forma metálica e como óxido de ferro III e com adição de ácido crômico à reação, foram determinadas as condições ótimas do processo, onde se obtêm reação auto-sustentável e que possibilita separações metal-escória adequadas. As condições ótimas do processo, em termos de conversão de cromo quando da utilização das cinzas como matéria prima (considerando 62 wt% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  em

sua composição) são as seguintes: utilização de 0,621 kg Al/kg de cinza (30% de excesso em relação à quantidade estequiométrica); utilização de óxido de ferro III como fonte de ferro em quantidade de 0,446 kg  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ /kg de cinza; sem utilização de ácido crômico. Nestas condições obtém-se conversão de  $76,9 \pm 12,3\%$  do cromo à fase metálica e produz-se cerca de 0,654 kg Fe-Cr-BC/kg cinza. Nas Figuras 2a e 2b são apresentadas algumas curvas de nível para a conversão de cromo em função de algumas variáveis estudadas.

**[041]** Quando da utilização de lodo como matéria prima (considerando, após a calcinação do material, 85wt% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  em sua composição), recomenda-se o uso de: 0,789 kg Al/kg de lodo calcinado (30% de excesso em relação à quantidade estequiométrica); utilização de óxido de ferro III como fonte de ferro em quantidade de 0,804 kg  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ /kg de lodo calcinado.

**[042]** Destacamos como vantagens do presente invento, a utilização de processo autotérmico usando o alumínio para a redução do óxido de cromo contido nas cinzas em relação aos processos convencionais mais complexos e dispendiosos, a utilização de cinzas de resíduos do setor coureiro-calçadista, além de lodo contendo cromo das estações de tratamento de efluentes do setor de galvanoplastia (eletrodeposição de cromo) e de curtumes (curtimento de peles com sais de cromo). O processo descrito na presente invenção poder ser implantado em baixa e média escala.

**[043]** A etapa de purificação/preparação das cinzas também pode ser utilizada no caso de obtenção de ferrocromo de alto teor de carbono a partir das cinzas e/ou lodo que utiliza o processo de redução carbotérmica ao invés da redução aluminotérmica.

### Reivindicações

1. PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE LIGA FERROCROMO DE BAIXO TEOR DE CARBONO A PARTIR DE RESÍDUOS CONTENDO CROMO **caracterizado por** uma etapa de preparação e purificação das cinzas, seguida pela redução do óxido de cromo com o emprego de alumínio metálico
2. PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE LIGA FERROCROMO DE BAIXO TEOR DE CARBONO A PARTIR DE RESÍDUOS CONTENDO CROMO de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** aproveitar as cinzas provenientes do tratamento térmico (incineração) de resíduos da indústria coureiro-calçadista e ainda lodos provenientes de estações de tratamento de efluentes de curtumes e da galvanoplastia, com elevados teores de cromo.
3. PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE LIGA FERROCROMO DE BAIXO TEOR DE CARBONO A PARTIR DE RESÍDUOS CONTENDO CROMO de acordo com as reivindicações 1 e 2, **caracterizado pela** preparação do lodo rico em cromo ser através da calcinação do material, para conversão dos hidróxidos em óxidos dos metais, especialmente o cromo.
4. PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE LIGA FERROCROMO DE BAIXO TEOR DE CARBONO A PARTIR DE RESÍDUOS CONTENDO CROMO de acordo com as reivindicações de 1 a 3, **caracterizado pela** preparação e purificação das cinzas e/ou lodo calcinado incluir a fragmentação/moagem do material até, preferencialmente, tamanhos das partículas menores que 74 µm e incluir a remoção seletiva de fósforo por lixiviação ácida (desfosforação) e remoção de enxofre através da ustulação do material
5. PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE LIGA FERROCROMO DE BAIXO TEOR DE CARBONO A PARTIR DE RESÍDUOS CONTENDO CROMO de acordo com as reivindicações de 1 a 4, **caracterizado pela** remoção de fósforo das cinzas e/ou lodo calcinado empregar um processo de lixiviação com solução de ácido sulfúrico em batelada de 1h com agitação de 250 rpm, sendo seguido em sequência pela filtração da suspensão e lavagem do material com água à uma razão de 10 ml/g de material

6. PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE LIGA FERROCROMO DE BAIXO TEOR DE CARBONO A PARTIR DE RESÍDUOS CONTENDO CROMO de acordo com as reivindicações de 1 a 4, **caracterizado pela** remoção de enxofre das cinzas/ou lodo calcinado ser realizada através da ustulação em forno de leito fixo ou móvel em temperatura de 800°C por 2 horas com baixa vazão de ar

7. PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE LIGA FERROCROMO DE BAIXO TEOR DE CARBONO A PARTIR DE RESÍDUOS CONTENDO CROMO de acordo com as reivindicações de 1 a 4, **caracterizado pela** redução de óxido de cromo das cinzas e/ou lodo ocorrer num processo em batelada, onde são inseridos o redutor (alumínio em pó), um material como fonte de ferro (ferro metálico e/ou óxido de ferro III) e opcionalmente ácido crômico ( $\text{CrO}_3$ )

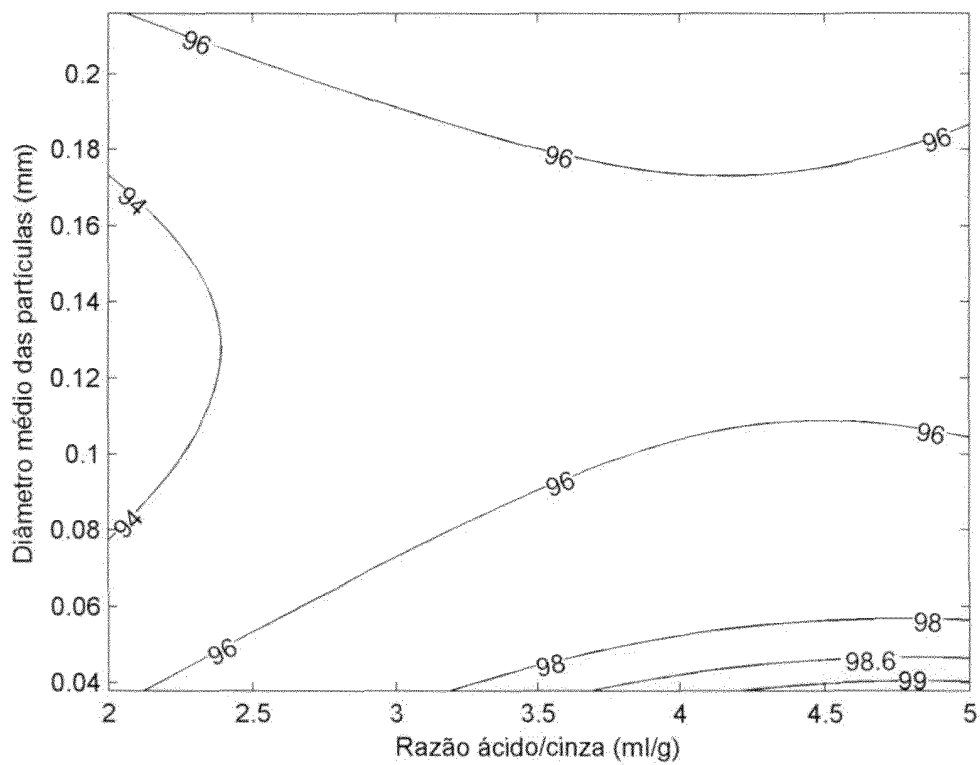
**Figuras**

Figura 1a

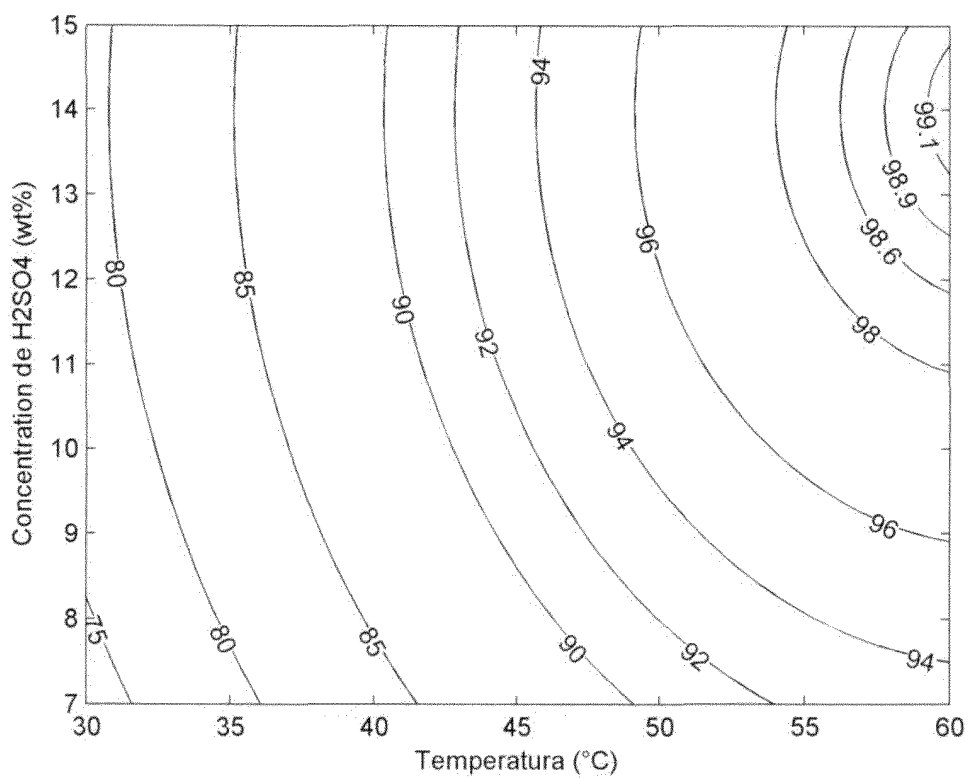


Figura 1b

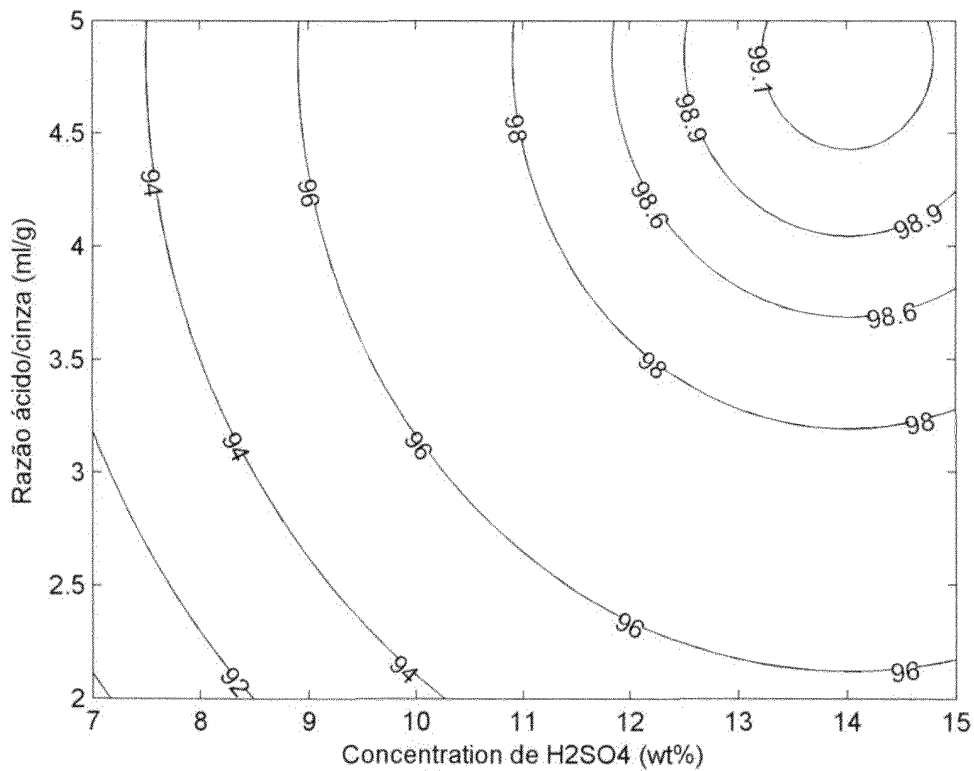


Figura 1c



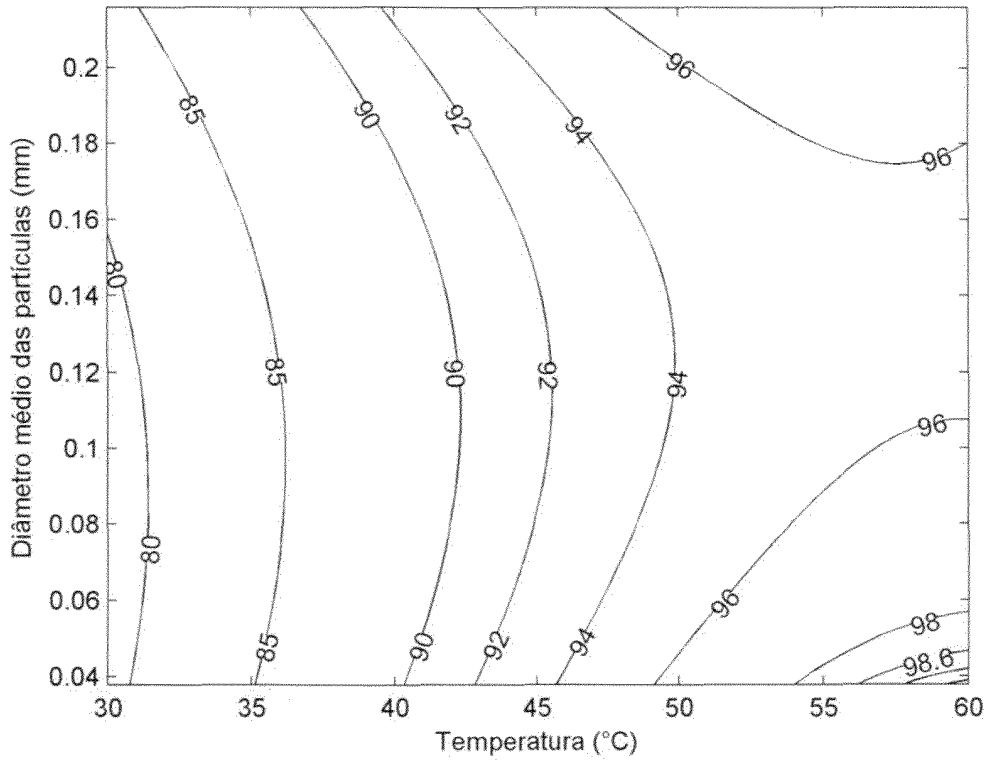


Figura 1d

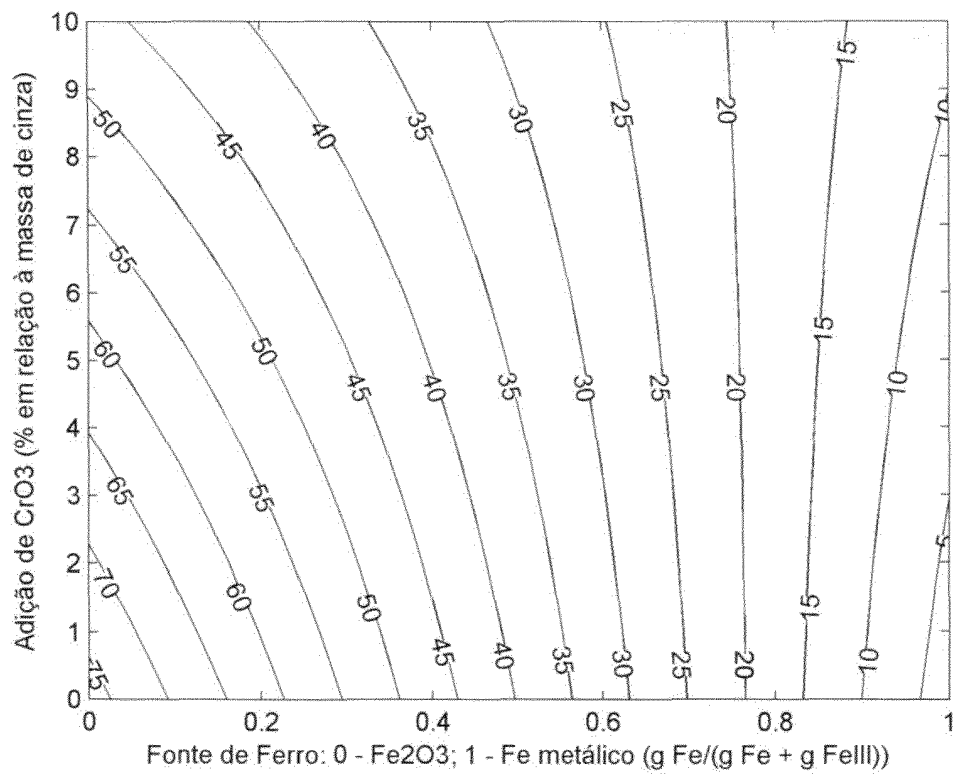


Figura 2a

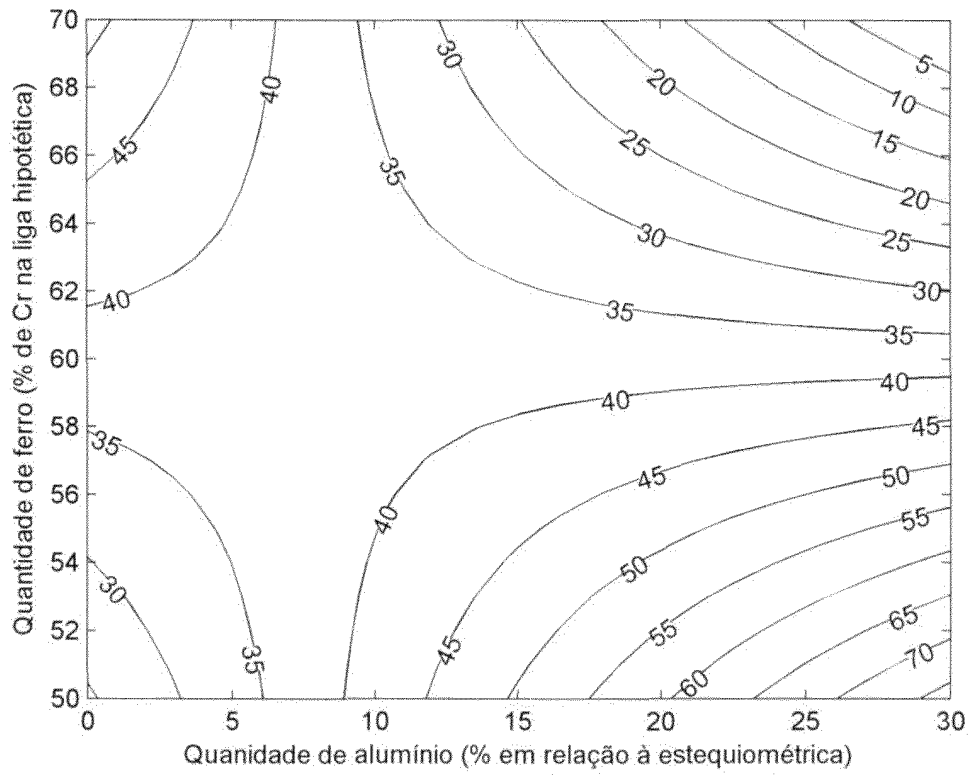


Figura 2b

### **Resumo**

#### PROCESSO PARA PRODUÇÃO DE LIGA FERROCROMO DE BAIXO TEOR DE CARBONO A PARTIR DE RESÍDUOS CONTENDO CROMO

A presente invenção descreve um método para a produção de liga metálica ferrocromo de baixo teor de carbono (Fe-Cr-BC) tendo como matéria prima as cinzas geradas no processo de tratamento térmico de resíduos de couro *wet blue* (curtidos com sais de cromo), proveniente da indústria coureiro-calçadista, bem como outros resíduos contendo cromo, como o lodo gerado nas estações de tratamento de efluentes em curtumes (que utilizam sais de cromo como curtente) e no setor de galvanoplastia (eletrodeposição de cromo). As ligas ferrocromo são amplamente utilizadas pela indústria siderúrgica como forma de inserção do cromo em seus produtos. O processo aqui relatado envolve uma etapa de preparação/purificação das cinzas, seguida pela redução do óxido de cromo presente nas cinzas com o emprego de alumínio metálico. Quando da utilização de lodo contendo cromo, o processo deve ser precedido por uma etapa de calcinação do material.